

Die Ernährung der Organismen besonders des Menschen und der Thiere im hungernden Zustande / untersucht von Carl Enzmann.

Contributors

Enzmann, Carl.
Royal College of Surgeons of England

Publication/Creation

Dresden : Druck und Verlag der K. Hofbuchdruckerei von C.C. Meinhold & Söhne, 1856.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/ua843rb8>

Provider

Royal College of Surgeons

License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by The Royal College of Surgeons of England. The original may be consulted at The Royal College of Surgeons of England. where the originals may be consulted. This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>

Die
ernährung der Organismen

besonders
des Menschen und der Thiere

im
hungernden Zustande.

Untersucht

von

Dr. Carl Enzmann,
pr. Arzt in Dresden.

Dresden, 1856.

Verlag und Druck der K. Hofbuchdruckerei von C. C. Meinhold & Söhne.

Ernährung der Organismen

des Menschen und der Thiere

hungernden Zustände.

Dr. Carl Erdmann.

Breslau 1875.

Den Herren Professoren:

Hofrath

Dr. C. G. L e h m a n n

in Jena,

und

Dr. H. E. R i c h t e r

in Dresden

hochachtungsvoll gewidmet

vom

Verfasser.

Den Herren Professoren:

Hochachtung

Dr. C. G. Lehmann

in Bonn

und

Dr. H. E. Richter

in Gießen

hochachtungsvoll gewidmet

Dem ausübenden Arzte, der es sich zur Pflicht macht, von seinem Handeln sich Rechenschaft abzulegen, muss sich vorzüglich eine Einsicht in den innern Zusammenhang der Ernährungserscheinungen als höchstes Bedürfniss überall aufdringen. Keine der bisherigen Theorien der Ernährung vermag dem denkenden rationalen Arzte dieses Bedürfniss zu befriedigen. Bei allen fällt der Mangel an innerem und wesentlichem Zusammenhange der speciellen und der allgemeinen Erscheinungen auf. Alle sind zu speciell und doch selbst für den Arzt unbrauchbar, der nur das Symptom in's Auge fasst; sie gewähren kein leicht übersichtliches Bild und lassen nicht die Fäden deutlich erkennen, durch welche die Erscheinungen am Einzelorganismus mit denen bei den übrigen Organismen und Nichtorganismen in nothwendiger Verbindung stehen. Alle sind auf den Grundlagen zu specieller und dabei unzusammenhängender Thatsachen entstanden; daher die geringe Uebereinstimmung mit den allgemeinen Thatsachen, die doch immer an Werth jene vielfach aufwiegen. Darüber sind jetzt alle Naturforscher mit Recht einverstanden, dass jede naturwissenschaftliche Theorie aus Thatsachen her-

vorgegangen oder wenigstens so beschaffen sein muss, dass die wichtigsten Thatsachen durch sie auf eine natürliche Weise verbunden und von einander abhängig erscheinen. Bei der Wahl der Thatsachen zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Theorien überhaupt und der Theorien der Ernährung besonders, hat sich aber zum Nachtheil ihres Werthes die Mode geltend gemacht. Man baut gegenwärtig nur auf sehr specielle Thatsachen die mit der Waage, dem Reagens, dem Messer, dem Mikroskop, der Electricität, dem Magnetismus, dem Polarisationsapparat etc. in Verbindung stehen. Allgemeine Thatsachen werden meist vernachlässigt, ja so arg verkannt, dass man sie oft als identisch mit allgemeinen Redensarten bezeichnet. Die folgende Theorie nimmt sich die analytische Mathematik zum Vorbild und geht wie diese von allgemeinen Thatsachen aus, analysirt dieselben nach allgemeinen Principien und sucht auf diese Weise die Verbindungsfäden zwischen den allgemeinen und speciellen Thatsachen und stützt sich zum Theil selbst auf die Mathematik. Die so gewonnene Theorie bedarf der Rectification und der Verification durch die specielle Erfahrung und das specielle Experiment. Die betreffenden Experimente werden ebensowohl einer verständigen Physiologie, wie der Chemie Rechnung zu tragen haben. Sie sind sämmtlich von den genialsten Köpfen erst zu erfinden und in dieser Hinsicht sei sie vorzüglich den physiologischen Chemikern und Experimentatoren empfohlen. Dieser Weg ist der entgegengesetzte

von dem, wie ihn die Mode vorherrschend geht, die von dem speciellen Experiment und der speciellen Erfahrung zur Theorie und zum allgemeinen Wissen emporzusteigen versucht. Ueber die Berechtigung, diesen oder jenen Weg zu gehen und über die Wahrscheinlichkeit des Erfolges des einen oder des andern giebt gleichfalls die Geschichte der Mathematik ein gehaltvolles Beispiel. Die Mathematik ist der von den ältesten Zeiten her am besten gepflegte Zweig der Naturwissenschaft. Wer sie von den Naturwissenschaften ausgeschlossen wissen will, beurkundet seine völlige Unbekanntschaft mit dem Wesen derselben. Den Impuls zu mathematischen Forschungen haben zu allen Zeiten sinnliche Wahrnehmungen gegeben. Ohne Gebrauch der Sinne oder bei gänzlichem Mangel derselben würde kein Mensch mathematische Ideen haben können. Sobald aber dies zugegeben wird, muss nothwendig zugegeben werden, dass die Mathematik ein besonderer Zweig der Naturwissenschaft ist. Als solcher hat sie seit den ältesten Zeiten experimentirt, wie es z. B. heute die Physik, Chemie, Physiologie u. s. w. thun. Sie treibt ihre Experimente unter dem Namen „Geometrie.“ Jede geometrische Zeichnung ist ein sinnliches, also ein naturwissenschaftliches specielles Objekt, an welchem von sinnlichen Wahrnehmungen abstrahirte allgemeinere Erkenntnisse auf ihre Richtigkeit speciel geprüft werden. Die Mathematik hat Jahrtausende hindurch den Weg des Experimentirens vorherrschend eingeschlagen, der

jetzt bei den übrigen Zweigen der Naturwissenschaft befolgt wird — nämlich von der speciellen Kenntniss beim Experiment zu allgemeinem Wissen zu gelangen. Sie ist damit bekanntlich nicht weit gekommen. Nur erst, seit sie allgemeine Thatsachen unter der Form der Function zu analysiren versteht, hat sie viele und grosse Erfolge errungen. Das Errungene zeigt seine Haltbarkeit selbst beim speciellen geometrischen Experiment. Auch die vorzugsweise sogenannten Naturwissenschaften haben, wie seiner Zeit die Mathematik, mit der Experimentirmethode noch keine grossen Erfolge errungen; deshalb empfiehlt sich ihnen wohl die andere Methode der Mathematik. Die organische Chemie hat diesen Weg in ganz gleicher Weise wie ich bei meiner Theorie der Ernährung bereits betreten und die Radical- und Kerntheorie, die sich auf dieses Verfahren gründen, sind gewiss keine schlechten Ergebnisse. Es ist überhaupt eigenthümlich, die Mathematik so arg verkannt sehen zu müssen, dass man sie mit Rechnerei für identisch hält, während sich doch diese zu jener etwa verhält, wie die Hobel- und Zimmerspähne, die bei einem Bauwerke abfallen, sich zum Bauwerke verhalten. Einige competente Männer, denen ich meine Theorie vorgelegt habe, haben mir ihre, wie sie gesagt haben „unmasgeblichen“ Urtheile darüber mitgetheilt. Diese würden mich schüchtern machen müssen, meine Arbeit zu veröffentlichen, wenn ich nicht sehr oft die Erfahrung gemacht hätte, dass das Neue und Ungewohnte im ersten Augen-

blick meist oder doch sehr oft unrichtig beurtheilt und bald über-, bald unterschätzt wird, man braucht sich hierbei z. B. nur an die erste Entstehung der Radical- und Kerntheorien der organischen Chemie zu erinnern. Der Eine hat sein Wohlgefallen an mancher wesentlichen Seite meiner Arbeit zu erkennen gegeben. Er findet sie geeignet, in Zukunft schärfere Fragen an die Chemiker zu veranlassen, als dies bisher geschehen sei. Am Ende aber macht er mir doch den Vorwurf, dass ich vorzüglich mit den „gefährlichen Werkzeugen der Induction und der Analogie“ arbeite. — Ist denn nicht aber das Charakteristische an der gesamten heutigen Naturforschung das inductive Verfahren derselben und ist überhaupt irgend eine wichtige Wahrheit, selbst auf dem Gebiete der Mathematik, zunächst anders als durch Induction gefunden worden? — Ein Anderer, dessen Arbeiten auf dem Felde meiner Theorie maassgebend sind und die sich die Hochachtung der ganzen wissenschaftlichen Welt erworben haben, hat seinen Beifall an allen wesentlichen Seiten meiner Untersuchungen auf eine unzweifelhafte Weise bemerkbar gemacht. Er sagt unter Anderm, dass ihn manche, mit meinem Verfahren gewonnene Resultate geradezu frappirt hätten und dass sie für die Chemiker viele neue Gesichtspunkte eröffneten. Doch stellt er in Aussicht (wie ich das selbst nicht anders erwarten kann) dass meine Theorie viele Einwände erfahren würde. Auch erwähnt er, dass ich manchen kühnen Griff gethan habe.

Dieser Vorwurf ist mir nicht ganz klar geworden, da keiner dieser Griffe speciell genannt worden ist. Ein noch Anderer bedauert, dass meine Arbeitskräfte und meine Kenntnisse nicht einer nüchternen Experimental- forschung (also der inductiven Methode) zugewendet wären und spricht meiner Arbeit selbst den geringsten Werth ab. Er glaubt auf jeder Seite unwiderleglich nachweisen zu können, dass mich meine Methode zu Unwahrheiten geführt und dass ich überall gegen die ersten Regeln des Naturforschers gesündigt habe. Er meint, ich unterschätzte das Experiment viel zu sehr (und hat doch sehen müssen, dass ich mich stets nur auf feste Ergebnisse des Experimentes stütze) und doch könne mich ein einziges (unwillkührlich humoristisches) von der Werth- und Haltlosigkeit meiner Theorie überzeugen, ich dürfe ja nur ein Thier mit Harnsäure und Fett füttern oder diese Stoffe auf irgend einem Wege in das Blut bringen, um meine Irrungen sogleich bemerken zu können (wo aber bleibt hier der verständige Physiolog, wo die verstehende Kenntniss der organischen Chemie und wo das Verständniss meiner Arbeit?) — Er macht meiner Arbeit den allerdings gegründeten Vorwurf, dass man ihr anmerke, ich habe manches nicht gelesen. Diese Seite meiner Arbeiten berührt gewiss Niemanden unangenehmer als mich selbst. Sie ist aber in meinen Verhältnissen begründet und unvermeidlich; ich muss desshalb Nachsicht in Anspruch nehmen. Ich bin unbemittelter practischer Arzt mit einer beschwerlichen

und weniglohnenden Praxis, deren Ertrag die Bedürfnisse meiner Familie befriedigen muss. Es bleibt zum Ankauf aller literarischen Neuigkeiten nicht viel übrig, auf anderen Wegen sind sie mir schwer oder unzugänglich und selbst wenn sie mir alle zu Gebote ständen, würde ich sie doch nicht alle lesen können. Um möglichst zu verstehen und den Schriftstellern gerecht zu werden, lese ich langsam und brauche also dazu viel Zeit und habe doch nur sehr wenige. Ich kann fast nur einen Theil der Nächte zu meinen wissenschaftlichen Arbeiten verwenden. Wer die Verhältnisse eines ausübenden Arztes kennt, wird ihm eine geringe Gelehrsamkeit nicht allzu hoch anrechnen und dies gewiss um so weniger, wenn derselbe ehrlich nach Wissenschaftlichkeit strebt, die allein ihm unentbehrlich ist und die mit der Gelehrsamkeit in keinem wesentlichen Zusammenhange steht. Die Thür zum Laboratorium ist mir unter solchen Verhältnissen noch fester verschlossen, als die zur Bibliothek. In dieser Beziehung zehre ich fast nur noch von den Früchten meines akademischen Lebens und der ersten Zeit meiner ärztlichen Praxis. Die treffliche Arbeit Bischoffs, von der man unter anderen glaubt, dass ich sie nicht kenne, ist nicht geeignet, meine Resultate zu widerlegen; im Gegentheil verbindet sie schon der Titel sehr eng mit der meinigen, in welcher ja überall der „Harnstoff als Maas des Stoffwechsels“ auftritt. Die Experimentirkunst hat sich aber in der Bischoff'schen Arbeit so viele unverantwortliche

Freiheiten erlaubt, als ich dies bei meiner Arbeit kaum gethan haben dürfte.

Es ist mir ferner zum Vorwurf gemacht worden, dass ich mit chemischen Formeln, z. B. des „unseligen Proteines,“ deren Richtigkeit doch mehr als zweifelhaft wäre, als mit ausgemachten Sachen rechne. Ich dünkte aber doch, dass mich gegen diesen Vorwurf die Art und Weise, wie ich mit den chemischen Formeln umgehe, hätte schützen müssen. Ich theile keine einzige von den fixen Ideen, die man vor noch nicht langer Zeit über das Protein hegte, sondern bin im Gegentheil der Ansicht, der heutigen organischen Chemie, die z. B. Fibrin, Albumin, Casein etc. wieder für absolut verschiedene Körper hält. Für mich sind die betreffenden Formeln blos Ausdrücke, welche die Elementarzusammensetzung von massenhaft und allgemein verbreiteten Stoffen annähernd ausdrücken und eine für das praktische Leben bestimmte Ansicht begründen helfen sollen, wie dies in anderen Fällen geschieht, wo man statt der Ludolph'schen Zahl 3,1415 . . . die Zahl 3 annimmt. Ich habe deswegen Casein, Fibrin, Albumin etc. ebenso auf einen Haufen geworfen und denselben Protein genannt, wie ich Zucker, Gummi, Stärke, Pflanzenfaserstoff etc. auf einen Haufen geworfen und ihn Cellulosen genannt habe. So sehr ich die heutigen rationellen Ausdrücke der organischen Chemie, die das Verhältniss gewisser Radicale und Kerne zu ganzen Reihen von Stoffen so schön darlegen, als eine grosse und

werthvolle Erwerbung der Chemie ansehe, so habe ich doch auch das Bewusstsein, dass sie niemals eine Anwendung auf die im Laboratorium für höhere Lebenszwecke gebildeten Stoffe, weil diese keinen bestimmten chemischen Charakter zeigen, erlangen werden. Alle Stoffe, auf welche diese Theorien Anwendung finden, haben entweder noch keine Aufnahme in diesem Laboratorium gefunden, oder es sind für dieses unbrauchbare Auswürflinge. Es wäre eine kindische Hoffnung, wenn man von der experimentirenden Physiologie Aufschlüsse über das Geheimniss dieses Laboratorium's erwarten wollte, wenn die experimentirende Chemie solche Hoffnungen aufgeben muss. Wohl aber können beide in Verbindung mit der Mathematik immer noch verständige Erwartungen hegen, nur verwechsle man dabei nicht, wie dies oft genug geschieht, die Rechnerei mit der Mathematik. Uebrigens erwartete dieser Beurtheiler, dass auch der vorhergehende seine Ansichten über meine Arbeit theilen würde.

Die übrigen Leser meiner Arbeit haben mir dieselbe mit höflichen Bemerkungen zurückgestellt. Ich danke allen diesen hochachtbaren Männern für die Aufmerksamkeit, die sie derselben geschenkt haben und befolge den Rath des zweiten Lesers, sie zu veröffentlichen und ruhig abzuwarten, was die competenten Männer dazu sagen würden.

Vor dem Lesen der Schrift empfehle ich das am Ende gegebene Resumé der Beachtung.

Einleitung.

Erscheinungen die in so nahen Beziehungen zur Kultur des Menschen und der Völker stehen wie die Ernährungserscheinungen, mussten von jeher die Aufmerksamkeit der Forscher in Anspruch nehmen. Bis zu unserer Zeit hat man ihren Zusammenhang mehr zu errathen, als zu ergründen gesucht. Wir können Versuche jener Art hier unberührt lassen. Bessere sie zu ergründen haben noch nicht das volle Alter von zwei Decennien. Es war dies erst auf den Grundlagen der heutigen Chemie möglich.

Nachdem Männer wie *Berzelius*, *Prout*, *Brande*, *Chevreuil*, *Saussure*, *Marcet*, *Macaire*, *Lassaigne*, *Tiedemann*, *Gmelin*, *Mulder*, u. a. tüchtige Vorarbeiten geleistet hatten, ist von *Liebig* und *Dumas* der erste rationelle Versuch gemacht worden, diese Erscheinung zu erklären. Den nächsten Anstoss zu dieser Theorie gaben wohl die Arbeiten *Mulders*, welcher gefunden zu haben glaubte, dass das Eiweis, das Fibrin und Casein der Pflanzen bloß insofern verschiedene Körper seien, als sie besondere Antheile an Schwefel und Phosphor hätten; *Liebig* fand später, dass jene gleichnamigen Stoffe der

Pflanzen mit denen der Thiere identisch wären. Er leitet aber ihre äusseren Verschiedenheiten von besonderen Antheilen an alkalischen Stoffen her. Nach diesen Erkenntnissen konnte man leicht auf die Idee gerathen, dass die Ernährungserscheinungen in viel einfachern Beziehungen zu einander ständen, als man bisher geglaubt hatte. Hiernach schien es unzweifelhaft, dass der Stoff der Thiere in der Pflanzenwelt vorgebildet enthalten sei und dass die Thiere diesen Stoff einfach von dorthier bezögen und zum Aufbau ihrer Organe verwendeten. Der Sauerstoff und die Bewegung waren die Zerstörer der Organe. Das Zerstörte konnte mit dem Baumaterial aus dem Pflanzenreich leicht wieder ergänzt werden. Der Harn enthielt in dem Harnstoff, der Harn- und Hippursäure die Trümmer der Zerstörung. — Das Fett des thierischen Körpers konnte leicht wegen seines bedeutenden Kohlenstoffgehaltes eine Quelle der ausgeathmeten Kohlensäure sein. Man erkannte, dass die stickstofflosen Körper der Vegetabilien, besonders des Amylon sich in Fett verwandeln können. Die Ansicht lag sehr nahe, dass die stickstofffreien Körper des Pflanzen- und Thierreichs vorzüglich den Respirationsprocess unterhalten und durch ihre Verbrennung in dem eingeathmeten Sauerstoff zu Quellen der thierischen Wärme würden.

Einer solchen Annahme standen zwar die Erfahrungen *Lavoisiers* entgegen, dass die auf solche Weise erzeugte Wärme hinter derjenigen zurückbliebe, welche

die Thiere in der That besitzen; aber man kam auch über diese Schwierigkeit hinweg. Ohne die zuletzt von *Dulong* und *Despretz* ausgeführten Untersuchungen wiederholt zu haben, fand man durch die Annahme eines neuen Wärme-Koefficienten und durch eine gewisse Form der Demonstration, dass bei dieser Verbrennung sogar mehr Wärme erzeugt werde, als an den Thieren in der That vorhanden ist. —

Die glänzende Aufnahme, welche diese Theorie gefunden hat, zeigt, was der Physiologie zunächst mangelt. —

Auch ich habe vom ärztlichen Standpunkt diesem Gegenstand seit 25 Jahren unausgesetzt meine freie Zeit gewidmet. Es hat sich mir immer die Ueberzeugung aufgedrungen, dass eine wahrhaft wissenschaftliche Medicin ohne eine solche Physiologie unmöglich ist und dass die wichtigste Grundlage zu einer solchen, nur der hinreichend genau erforschte Ernährungsprocess ist. Erst mit einer genauen Ergründung der Vorgänge desselben wird eine genauere Einsicht in das Empfindungsleben möglich sein, als dies bisher der Fall gewesen ist. Immer hat mich die Ueberzeugung verfolgt, dass das auffallende Zurückbleiben der gesamten medicinischen Wissenschaften hinter einigen andern Zweigen der Naturwissenschaften, insbesondere hinter der Physik und Mechanik, seinen Grund nur in dem einseitigen Bestreben hat, die Lebenserscheinungen nur an der Oberfläche des Belebten erkennen, Alles nur durch Experimente und sinnliche Wahrnehmungen erweisen

und sich möglichst vollständig von der Mathematik freimachen zu wollen; obgleich in Bezug auf letztere bekannt genug ist, dass von der Beobachtung einer schwingenden Ampel im Dom zu Pisa bis zur Ergründung der Gravitationsgesetze auch die Mathematik eine Führerin der Forscher gewesen ist; obgleich bekannt genug ist, dass sich auf diese Gravitationsgesetze die wichtigsten Zweige der Mechanik stützen, und dass das herrliche Gebäude der Astronomie fast nur auf ihnen ruht. Die Ueberzeugung, dass auch die medicinischen Wissenschaften zu einer mathematischen Behandlung geeignet sind, hat mich in meinem ganzen praktisch-ärztlichen Leben begleitet und meine schwachen Kräfte angespornt, zur Verwirklichung dieser Idee wirksam zu werden, eine Idee, die sich endlich verwirklichen muss, wenn die medicinischen Wissenschaften aus dem blauen Dunst, in welchen sie sich fortwährend hüllen, heraustreten, wenn sie sich von ihrer endlosen Wandelhaftigkeit freimachen und in würdiger Weise neben denjenigen Zweigen der Naturwissenschaften bemerkbar machen wollen, in deren Laboratorien jetzt fast allein die Weltgeschichte gemacht wird; wenn ferner die Möglichkeit von Scandalen hinwegfallen soll, die oft schon auf dem Gebiet der Medicin stattgefunden haben, wie etwa ein solcher nun seit beinahe einem halben Jahrhundert durch die sogenannte Allöopathie und Homöopathie herauf beschworen und unterhalten worden ist.

Seit 25 Jahren bin ich bemüht gewesen diese Idee

zunächst an psychischen Vorgängen und am Ernährungsprocess zu verwirklichen und ich habe bereits 1834 in einer Gelegenheitsschrift sehr unvollkommene Proben meiner derartigen Bestrebungen gegeben.

Immer war es der Gährungsprocess, der mit seiner eminenten Aehnlichkeit mit dem Ernährungsprocess säugender Thiere mich geleitet hat; eine Aehnlichkeit, die ich auch in jener Schrift bereits besprochen habe. Die eben besprochene Theorie des Ernährungsprocesses von *Liebig* und *Dumas* hat mich mit ihrer grossen Einfachheit auf mehrere Jahre bei meinen Bestrebungen gelähmt und muthlos gemacht. Nachdem ich aber endlich bei genauerer Einsicht in dieselbe erkannt hatte, dass auch sie sich nur an der Oberfläche der Lebenserscheinungen fortgreift, dass in ihr kein Centrum zu finden ist, in welchem die Fäden der Einzelercheinungen zusammenlaufen; nachdem ich erkannt hatte, dass diese Theorie in ihren wichtigsten Parthien mit sich selbst in Widerspruch ist, wenn sie z. B. annimmt, die Organe (stickstoffhaltige Materien) würden durch Bewegung und den Sauerstoff zerstört, und doch gänzlich übersieht, dass die von aussen eingeführten Proteinformen schon bei der Verdauung einem Zerstörungsprocess unterworfen sind und dass sie auf ihrem Wege in's Blutsystem der zerstörenden Einwirkung des Sauerstoffes sich nicht entziehen können, ehe sie noch ihren Weg durch die Athmungsorgane nehmen, ging ich wieder mit Muth an meine alten Bestrebungen. Es ist ja wohl ausge-

macht genug, dass das Blut in den Lungen Sauerstoff aufnimmt, und theils selbst verbraucht, theils bei seinem Umlauf an alle Theile des Körpers, und so auch an diese eingeführten Proteinformen abgiebt. Der erste Ort, den diese im Blutsystem einnehmen, ist das Venensystem; sie müssen also hier auf's neue einer stärkern Einwirkung des Sauerstoffes bei ihrem Durchgange durch die Athmungsorgane sich unterwerfen und was nach diesem Einfluss nicht völlig zerstört ist, kann nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit einer aus dem Pflanzenreiche oder sonst einer eingeführten Proteinform mehr haben.

Doch hierüber und über andere Seiten dieser Theorie hat, wie über die meinige, eine unpartheiische Kritik zu entscheiden.

Ueber die zweckmässigste Art einer mathematischen Behandlung des Ernährungsprocesses bin ich lange im Unklaren gewesen, so nahe auch das im Folgenden eingeschlagene Verfahren lag. Ich hoffte, dass ein aufmerksames Studium der mathematisch-analytischen Arbeiten der bedeutendsten Mathematiker dieses und des vorigen Jahrhunderts auf die bessern Wege führen würde. Hierbei fand sich zufällig eine äussere Veranlassung, die Gährungserscheinungen auf einen mathematischen Ausdruck und darin die elementaranalytisch-chemischen Eigenschaften der dabei betheiligten Stoffe zur Anschauung zu bringen. Es wurde mir deutlich, dass dieses Verfahren auch beim Ernährungsprocess eine Anwendung finden könne. Die weiter unten fol-

genden Untersuchungen nun beruhen auf solchen Principien.

Alles was im Thier enthalten ist, ist von aussen her. Wie es aber in ihm enthalten ist, das ist es nur durch seinen Einfluss geworden. Dies gilt von seinem körperlichen wie von seinem psychischen Theil. Hier beschäftigt uns nur der Körper und zwar nur gewisse Theile desselben; nämlich nur gewisse Substanzen.

Was nun die Substanz der Thiere überhaupt betrifft, so ist dieselbe continuirlichen Veränderungen unterworfen. Diese Veränderungen sind, so lange sie einen bestimmten Charakter an sich tragen, ein Zeichen des „Lebens.“ Verlieren sie diesen Charakter, so ist jeder andere ein Merkmal der „Krankheit“ oder des „Todes.“

Diese Veränderungen im Leben machen sich im Allgemeinen und für die Sinne dadurch bemerkbar, dass zu bestimmten Zeiten bestimmte Mengen bestimmter Stoffe von aussen aufgenommen und ebenso andere dahin abgegeben werden. Der Form nach sind die aufgenommenen und nach aussen abgegebenen Stoffe verschieden. Denkt man sie aber in ihre chemischen Elementarstoffe zerlegt, so können die nach aussen abgegebenen ebenso gut die veränderten aufgenommenen sein; wie sie veränderte Theile des lebenden Körpers sein können. Sie können aber auch als aus einer Mischung von Substanzen des Körpers und der aufgenommenen Materien hervorgegangen gedacht werden. Das eine

oder das andere zu bestimmen, ist eine der wichtigsten Aufgaben der Physiologie. In ihr ist der Schlüssel zu den Ernährungserscheinungen enthalten.

Um den Versuch machen zu können, die eben berührte Frage zu beantworten, muss man nothwendig mit den wichtigsten chemischen Eigenschaften der Substanzen des Thierkörpers, wie der Nahrungs- und Excretionsstoffe bekannt sein. Ohne diese Bedingung können die Ernährungserscheinungen niemals in ihren Zusammenhang erkannt werden. Jeder Versuch, diesen Zusammenhang aufzufinden, musste missglücken, so lange nicht wenigstens eine organische Chemie von der Qualität der heutigen ihren Beistand zusagte. Mit dieser allein aber ist ebenfalls nicht an's Ziel zu kommen.

Im Allgemeinen sind die vier chemischen Elementarstoffe Kohlenstoff ($C = 6$), Wasserstoff ($H = 1$), Stickstoff ($N = 14$) und Sauerstoff ($O = 8$) Bestandtheile der Thierkörper, wie der Pflanzenkörper. Beide bestehen aus stickstoffhaltigen und stickstofffreien Verbindungen dieser Elementarstoffe. Beim Thier aber sind die stickstoffhaltigen, bei der Pflanze die stickstofffreien vorherrschend. Bei den Pflanzen wie bei den Thieren erkennt man die Lebenserscheinungen vorzüglich an den Veränderungen dieser Stoffe. Es geht sehr wohl an, für unsern Zweck alle übrigen nicht organischen Stoffe zu vernachlässigen, umsomehr, als über ihren Einfluss bei den Ernährungserscheinungen fast gar nichts bekannt ist.

Indem die Methode der Mathematiker bei ihrem Annäherungscalcul nachgeahmt wird, ist es auch überflüssig, alle stickstoffhaltigen und stickstofffreien Materien der Thiere und der Pflanzen zu berücksichtigen. Es genügt jedenfalls, in jeder Hauptgruppe nur die am massenhaftesten auftretenden in's Auge zu fassen, weil diese vorzugsweise die sinnlich wahrnehmbaren Ernährungserscheinungen bedingen. Bei den Bestimmungen der Cometenbahnen z. B. werden oft unendliche Reihen von Grössen vernachlässigt, ohne dass dadurch den Sinnen bemerkbare Fehler zum Vorschein kommen.

Die vorherrschenden Stoffe sind nun im entwickelten Thier die Proteinkörper und die Fette. Von den Excretionen sind Harnstoff und Kohlensäure die massenhaftesten. Sehr veränderlich in ihrem Erscheinen sind die Harnsäure und die Hippursäure im Harn.

In den Nahrungsstoffen ist entweder Protein und Fett die herrschende Masse, oder es sind vorherrschend Amylon, junge und alte Holzzellen, Zucker, Gummi, Protein und Pflanzenfette.

Von den stickstofflosen Körpern in den Nahrungsmitteln aus dem Pflanzenreiche haben Cellulose, Amylon, Inulin, Lichenin, Dextrin und Arabin eine empirisch-chemisch gleiche Zusammensetzung. Sehr nahe damit verwandt sind die Zuckerarten. Man kann daher nach dem Princip des mathematischen Annäherungscalculs bei allen diesen Stoffen eine chemisch gleiche

Zusammensetzung annehmen. Wir fassen diese ganze Gruppe in Zukunft unter dem Namen Cellulosen zusammen und bezeichnen sie einfacher mit $\mathfrak{C}$. Dasselbe beobachten wir bei Fibrin, Albumin, Casein und den verwandten Stoffen, die wir unter dem Sammelnamen Protein vereinigen und mit $\mathfrak{P}$. bezeichnen.

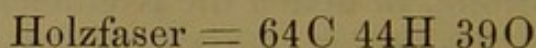
Die Fettarten bilden im Besonderen allerdings eine Gruppe sehr abweichender Körper. Im Allgemeinen aber sind sie Stoffe, in denen die Koefficienten des Kohlen- und Wasserstoffes gegen den des Sauerstoffes beträchtlich gross erscheinen. Wir haben als Repräsentanten aller das Menschenfett, von *Chevreuil* analysirt, angenommen.

Die bestimmte und unwandelbare Zusammensetzung aller dieser Stoffe, wie überhaupt aller Verbindungen der chemischen Elementarstoffe der organischen und unorganischen Körper giebt zu erkennen, dass die Beziehungen einzelner derselben zu einander chemisch-mathematischer Natur sind. In der organischen Welt, bei den Thieren sowohl als bei den Pflanzen, sind diese Beziehungen keine künstlichen oder zufälligen, wie sie etwa in unsern Laboratorien bewirkt werden, sondern sie werden offenbar mit einer bestimmten Absicht eingeleitet und unterhalten. Um jene mathematisch-chemischen Beziehungen der im Ernährungsprocess auftretenden Stoffe durchschauen zu können, muss man wenigstens ganz im Allgemeinen die Absicht erkannt

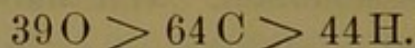
haben, in welcher diese Beziehungen eingeleitet sind und unterhalten werden.

Hält man nur die im Pflanzen- und Thierreich massenhaft vorkommenden Stoffe im Auge, so könnte man sagen, im Allgemeinen gehe die Absicht darauf hinaus, im Pflanzenkörper besonders Sauerstoff, im Thierkörper dagegen Kohlenstoff aufzuhäufen. Bei jenem ist z. B. im Stamm die Holzfaser vorherrschend.

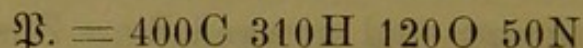
Es ist aber:



und hier



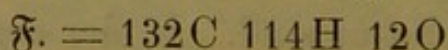
Bei den Thieren und beim Menschen aber sind die Proteinkörper die massenhaftesten. Nun ist



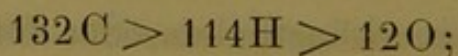
und hier hat man:



Ein zweiter massenhafter Bestandtheil der Thiere ist das Fett. Wir haben dafür angenommen



und auch hier ist



sowie bei allen Fettarten der Kohlenstoff vorherrscht.

Es ist also bei den Thieren und beim Menschen entschieden der Kohlenstoff vorherrschend. Bei den Pflanzen im Allgemeinen der Sauerstoff.

In den jüngsten Theilen der Pflanzen, besonders in ihren grünen, gestalten sich die Stoffverhältnisse anders

wie in älteren Theilen und im Stamm und nähern sich mehr der thierischen Zusammensetzung.

In 10^5 Bohnen sind z. B. circa 2469 C. und 45 P.

Dies giebt in 10^5

Bohnen = 47528 C 38640 H 30090 O 2250 N.

Hier ist aber:

$$47528 \text{ C} > 38640 \text{ H} > 30090 \text{ O} > 2250 \text{ N}.$$

Aber immer noch ist die Bohnensubstanz eine von der Fleischsubstanz des Thieres sehr verschiedene, denn bei 10^3 Bohnen hat man

Bohnen circa = 476 C 386 H 301 O 22,5 N

während

P. = 400 C 310 H 120 O 50 N

ist.

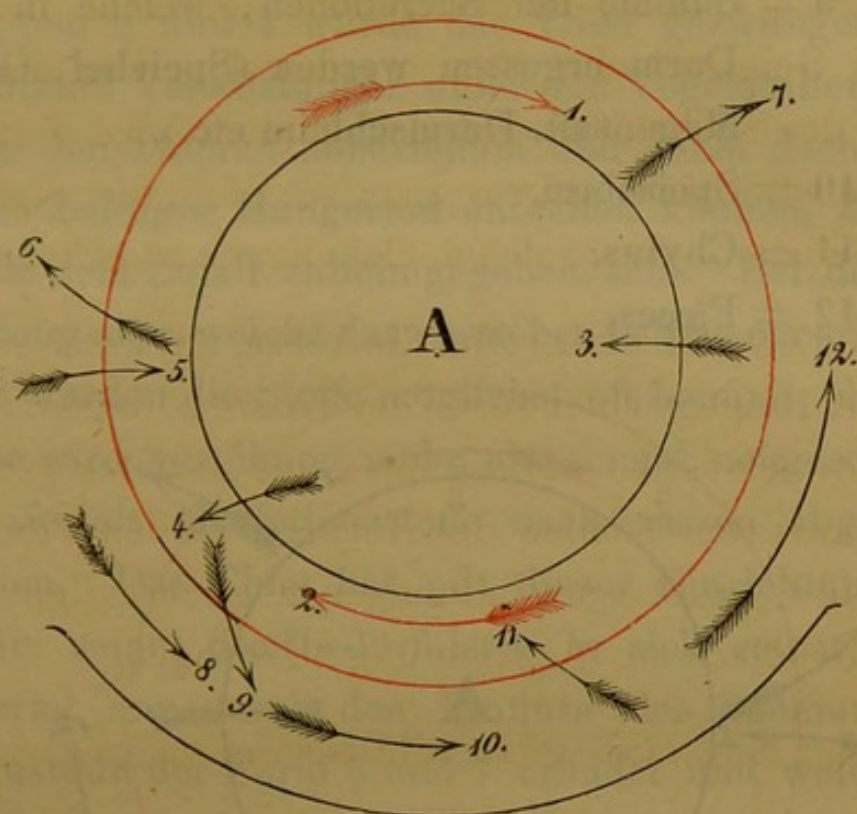
Aus allen diesen Beziehungen geht aber unzweifelhaft hervor, dass der Kohlenstoff in der Pflanzenkost der Thiere ein sehr werthvoller Gegenstand für diese ist. In noch weit höherem Grade gilt dies vom Stickstoff, der in ihrer Substanz einen wesentlichen Bestandtheil ausmacht und der bei den Pflanzen nur in den jüngern Theilen und Früchten sich reichlicher vorfindet. Aus diesen Umständen aber folgt, dass die Thiere an diesen Stoffen im Pflanzenreich nicht allzu grosse Verwüstungen anrichten dürfen, wenn nicht ihre eigne Existenz dadurch in Gefahr gerathen soll.

In der That finden wir aber auch bei den Thieren, welche direct (Pflanzenfresser) oder indirect (Fleischfresser) grössere Massen dieser Stoffe nöthig haben, Ein-

richtungen getroffen, die entschieden auf einen ökonomischen Gebrauch der Nahrungsmittel und in diesen auf den des Stickstoffes und des Kohlenstoffes hinweisen. Es wird nicht schwer sein, im Blute die vermittelnde Substanz einer solchen Oekonomie zu erkennen.

Ohne Zweifel ist das Blut die Achse, um welche sich alle Ernährungserscheinungen der Thiere bewegen. Für unsern Zweck ist es wichtig uns seine Beziehungen zu den organisirten Theilen des Körpers, zu den Verdauungs- und Excretionserscheinungen möglichst allgemein und schematisch zur Anschauung zu bringen.

Denkt man sich daher alle secernirenden Organe (Leber-, Speichel-, Darmdrüsen etc.) in ein einziges vereinigt; ebenso alle excernirenden Organe (Lungen, Nieren, Geschlechtsorgane etc.); denken wir uns weiter das Arterien- und Venensystem als einen in zwei Theile getheilten, in sich selbst sich öffnenden hohlen Cylinder, den Darm als einen Cylinder, der zweimal nach aussen offen ist; ferner die gesammten zu ernährenden Theile als eine einzige Masse, so erscheint der gesammte Ernährungsapparat und seine Theile in ihren wechselseitigen Beziehungen wie im folgenden Schema:



Hier ist

A = gesammte zu ernährende Masse (Protein),

1 = Arterienblut
2 = Venenblut } (Protein und Fett),

3 = Stoffe die zur Ernährung von A. verwendet werden (Plasma),

4 = Masse der zerstörten organisirten Theile (Lymphe),

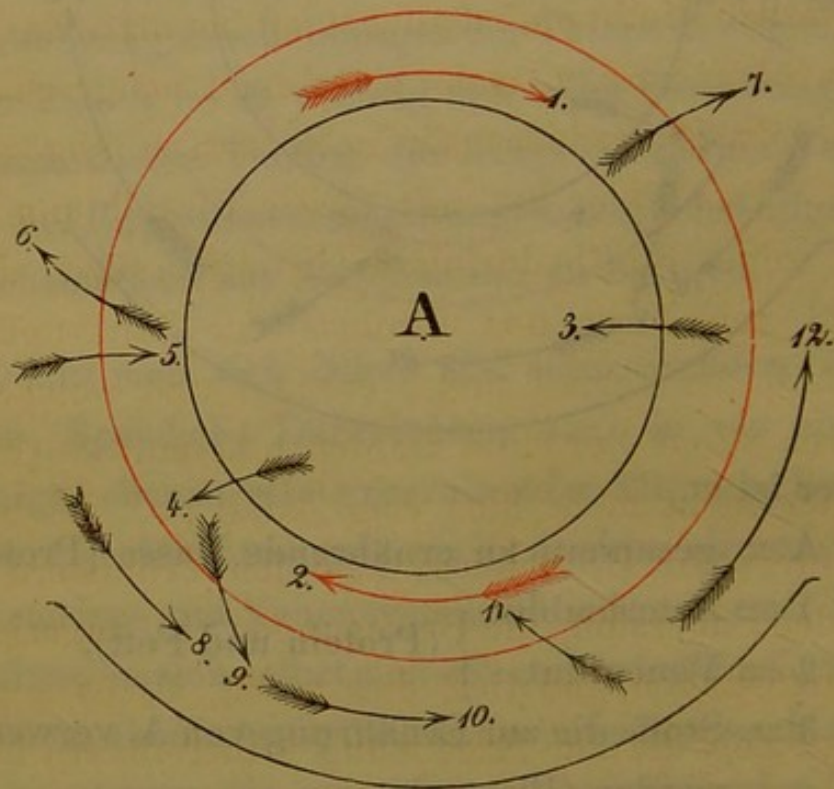
5 = Sauerstoff,

6 = Kohlensäure,

7 = Summe der Excretionen (Harn, Fett, Protein, mehr oder weniger entwickelte Eier, Epidermis, Haare, Nägel, Federn etc.),

8 = Nahrungsstoffe (Protein, Fett, Cellulosen),

- 9 = Summe der Secretionen, welche in den
Darm ergossen werden (Speichel, Galle,
Magensaft, Darmschleim etc.),
10 = Speisebrei,
11 = Chylus,
12 = Fæces.



In dieser einfachern Form des Ernährungsapparates ist das bei den Ernährungsvorgängen angewendete Oekonomieprincip nicht zu verkennen. Es beabsichtigt die Benutzung der Gruppe 4 vorzüglich Oekonomie im Verbrauch des Stickstoffes in den Proteinsubstanzen, während in Gruppe 9 Kohlenstoff in den Gallenfetten, Gallenharzen und nebenbei Stickstoff in den Proteinformen erspart werden soll. Ohne diese Benutzung der

Gruppen 9 und 4 würde das Thier gezwungen sein, furchtbare Verwüstungen unter den Vegetabilien, oder unter den Thieren anzurichten und dabei doch kaum einem baldigen Hungertod entgehen können, denn es würde dem Zufall anheimgegeben sein. Bei der Einrichtung aber, welche das vorstehende Schema erkennen lässt, werden die Stoffe möglichst oft benutzt; das Zerstörte wird aus ihnen mehr als einmal neugeschaffen, ehe sie als Excretionsstoffe nach aussen abgegeben werden. Das Thier hat mit dieser Einrichtung eine Quelle seines Stoffbedürfnisses in sich selbst, deren Material nur durch den Einfluss des Sauerstoffes 5 Verluste in der Form 6 und 7 erleidet und welche daher durch 8 und 9 ergänzt werden müssen. So hängt das Thier nicht mehr blos vom Zufall ab. Es bildet Stoffe für seine Bedürfnisse aus den Trümmern der durch den Sauerstoff, die Bewegungen etc. angerichteten Zerstörungen und thut dies so oft, als es angeht. So hat es Zeit die zur Ergänzung seiner innern Nahrungsquellen nöthigen Ersatzmittel in der Aussenwelt aufzusuchen und zu erlangen, wobei es oft seine Bemühungen vergeblich aufwendet und gewiss nicht selten in grosse Gefahr gerathen würde, wenn es jene innern Ersatzmittel nicht besässe.

Im Allgemeinen ist also die Hauptabsicht bei den Beziehungen, in welche die bei der Ernährung betheiligten Stoffe zu einander gebracht sind: möglichste Ersparniss des Stick- und Kohlenstoffes.

Zur Erreichung dieser Absicht giebt es drei verschiedene Wege: die zerstörende Wirkung des Sauerstoffes soviel als möglich zu schwächen, möglichst geringe Ausscheidung von Kohlensäure, möglichste Beschränkung des Harnstoffes. Ob der eine oder andere dieser Wege vorzugsweise, oder alle gegangen werden, ist durch die experimentirende Erfahrung nicht zu ermitteln, wahrscheinlich wird jeder dieser Wege eingeschlagen, wo sich Gelegenheit dazu darbietet.

Wir wollen uns jetzt nach den Mitteln umsehen, durch welche die oben besprochene ökonomische Absicht zu erreichen ist und welche Quellen der Neubildung zerstörter Stoffe den Thieren und dem Menschen offen stehen. Es wird sich dies leicht aus den folgenden mathematischen Voruntersuchungen ergeben.

Chemisch-mathematische Voruntersuchungen.

Die organischen Stoffe, welche bei der Ernährung am allgemeinsten und massenhaftesten betheiligt und deshalb bei den Ernährungserscheinungen allein als maasgebend anzusehen sind, sind:

1. Sauerstoff $= O = 8,$
2. Kohlensäure $= \ddot{C} = 6 + 2.8 = 22,$
3. Wasser $= H = 1 + 8 = 9,$
4. Ammoniak $= NH_3 = 14 + 1.3 = 17,$
5. Cellulosen $= C. = 12C\ 10H\ 10O = 162,$

6. Fettkörper = $\mathfrak{F}$. = 132C 114H 12O = 1002,
 7. Proteinkörper = $\mathfrak{P}$. = 400C 310H 120O 50N =
 4370,
 8. Harnstoff = $\mathfrak{H}\mathfrak{f}$. = 2C 4H 2O 2N = 60,
 9. Harnsäure = $\mathfrak{H}\mathfrak{s}$. = 10C 4H 6O 4N = 168,
 10. Hippursäure = $\mathfrak{H}\mathfrak{p}$. = 18C 8H 5O N = 170.

(In Bezug auf Kohlensäure und Wasser folge ich in vorstehenden Ausdrücken, wie später, einer veralteten Bezeichnung, nach welcher $\ddot{\text{C}} = \text{CO}_2$ und $\dot{\text{H}} = \text{HO}$ ist.)

Die vorläufige Vernachlässigung aller andern Stoffe, die bei der Ernährung auftreten, wird bei der Bestimmung der allgemeinen Gesetze der Ernährungserscheinungen höchstens eine ähnliche Wirkung haben, wie die Vernachlässigung der unendlichen Reihe decadischer Zahlen-Stellen, wenn von der Ludolph'schen Zahl nur

$$\pi = 3,14159 \dots$$

als practisch wichtig angenommen wird. Es wird zunächst von Vorthail sein, die gegenseitigen Beziehungen der eben genannten Stoffe in's Auge zu fassen. Vorzüglich aber wollen wir den Beziehungen derselben zum Oxydationsprocess unsere Aufmerksamkeit zuwenden. Um diesen Untersuchungen einen möglichst allgemeinen Charakter ertheilen zu können, sollen jene Stoffe in eine Summe solcher zerlegt werden, die als Excretionsstoffe mehr oder weniger allgemein auftreten, nämlich in Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, Harnstoff etc. etc. So hat man z. B. nach dem Princip der Gleichung

$$a = a + b - b$$

$$\mathfrak{C}. = 12\text{C } 10\text{H } 10\text{O} = 12\ddot{\text{C}} + 10\dot{\text{H}} - 24\text{O} - 10\text{O} + 10\text{O}$$

also:

$$11) \mathfrak{C}. + 24\text{O} = 12\ddot{\text{C}} + 10\dot{\text{H}}.$$

Zerlegt man nach demselben Princip Fett, so ist

$$12) \mathfrak{F}. + 366\text{O} = 132\ddot{\text{C}} + 114\dot{\text{H}}.$$

Nach diesen beiden Gleichungen hat man:

$$c\mathfrak{C}. + 24c\text{O} = 12c\ddot{\text{C}} + 10c\dot{\text{H}}$$

$$f\mathfrak{F}. + 366f\text{O} = 132f\ddot{\text{C}} + 114f\dot{\text{H}}.$$

Aus diesen beiden Gleichungen entsteht leicht:

$$13) c\mathfrak{C}. + (24c - 366f) \text{O} = f\mathfrak{F}. + (12c - 132f) \ddot{\text{C}} + (10c - 114f) \dot{\text{H}}.$$

Hieraus aber folgt unmittelbar

$$14) f\mathfrak{F}. + (366f - 24c) \text{O} = c\mathfrak{C}. + (132f - 12c) \ddot{\text{C}} + (114f - 10c) \dot{\text{H}}.$$

Um alle $c\mathfrak{C}.$ mit möglichst wenig Sauerstoff in $f\mathfrak{F}.$ umzuwandeln, wollen wir setzen

$$24c - 366f = 0.$$

Hiernach ist:

$$c = 366 \frac{f}{24} = 61 \frac{f}{4}.$$

Es ist demnach bei

$$f = 4,$$

$$c = 61.$$

Mit diesen Werthen erhält man aus N. 13

$$15) 61\mathfrak{C}. = 4\mathfrak{F}. + 204\ddot{\text{C}} + 154\dot{\text{H}}.$$

Es können also Cellulosen sogar ohne Einfluss des Sauerstoffes in Fett, Kohlensäure und Wasser zerfallen. Soll dagegen möglichst viel Kohlenstoff erspart werden, so ist bei

$$12c - 132f = 0$$

$$c = 11f.$$

In diesem Falle hat man nach N. 13

$$11\text{C.} - 102\text{O} = \text{F.} - 4\text{H.}$$

Es lässt sich daher nicht aller Kohlenstoff ersparen und es muss desshalb

$$c > 11f \text{ sein.}$$

Bei

$$c = 16f \text{ ist nach N. 13:}$$

$$16) \quad 16\text{C.} + 18\text{O} = \text{F.} + 60\text{C} + 46\text{H.}$$

Es kann sich also auch Fett unter dem Einfluss des Sauerstoffes auf die Cellulosen bilden, nur wird mehr Kohlensäure und Wasser als in N. 15 erzeugt. Die ausgiebigste Fettbildung aus Cellulosen findet daher statt, wenn der Einfluss des Sauerstoffes möglichst beschränkt wird.

Tiedemann und *Gmelin* fanden in dem festen Rückstande des Chylus eines Pferdes, welches vor seinem Tode reichlich mit Hafer gefüttert worden war, 21,82 Pc. zweier Fettarten, während das Eiweis nur etwa zwei bis dreimal soviel betragen hat. Dieses Fett musste sich aus dem stickstofffreien Amylon des Hafers erzeugt haben, denn im Hafer ist es in dieser Menge wenigstens

nicht vorhanden. Auch *Liebig*, indem er das Amylon als einen der Respiration dienenden Stoff bezeichnet, findet es möglich, dass dasselbe in Fett übergeführt werden könne. Nach ihm nahm eine magere 4 Pfund wiegende Gans, die in 36 Tagen mit 24 Pfund Mais gemästet worden ist, 5 Pfund an Gewicht zu und man gewann von ihr $3\frac{1}{2}$ Pfund reines Fett. Dieses Fett muss nothwendig aus Bestandtheilen des Welschkornes gebildet worden sein, denn in 24 Pfund desselben ist kaum der tausendste Theil des obigen Fettes an fettartigen Materien enthalten. Die grössere Masse des Welschkornes besteht aber aus Cellulosen und höchstens soviel Protein, dass die Differenz ($5 - 3\frac{1}{2}$) Pfund gedeckt werden kann, also ist jedenfalls das Mastfett aus den Cellulosen im Welschkorn entstanden. Die Gleichung N. 15 giebt nun an, dass diese Umwandlung ohne allen Sauerstoff-Einfluss vor sich gehen kann.

Soll f $\mathfrak{F}$ in c $\mathfrak{C}$ verwandelt und dabei die äusserste Kohlenstoffersparniss bewirkt werden, so sei

$$132f = 12c,$$

mithin:

$$c = 11f.$$

Mit diesem Werthe ergibt sich aus N. 14:

$$17) \mathfrak{F} + 102\text{O} = 11\mathfrak{C} + 4\text{H}.$$

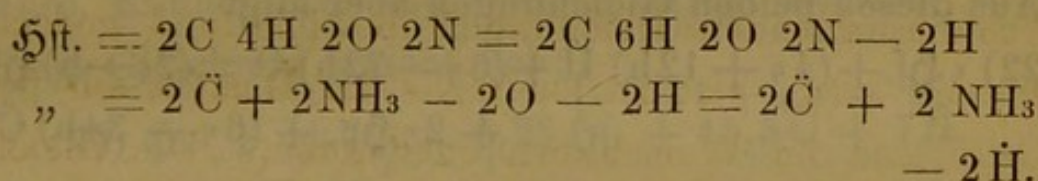
Es kann also Fett unter Aufnahme von Sauerstoff in irgend eine Art Cellulosen und Wasser zerfallen.

Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, dass der Milchzucker in der Milch säugender Thiere und der

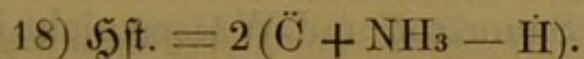
Traubenzucker im Harn Diabetischer aus Fett hervorgehen können. An eine Entstehung des erstern aus stickstoffloser Pflanzenkost kann nicht gedacht werden, weil einestheils der Milchzucker auch in der Milch der Fleischfresser enthalten ist, während anderseits selbst im Blute der Pflanzenfresser keine Stoffe angetroffen werden, die unmittelbar aus dem Pflanzenreiche stammen.

Der Traubenzucker aber, im Harn Diabetischer, erscheint auch dann in derselben Weise, wenn sie gar keine Pflanzenkost, sondern blos Fleisch geniessen.

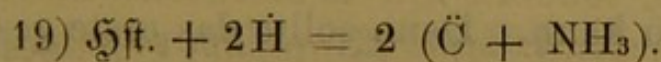
Es ist weiter:



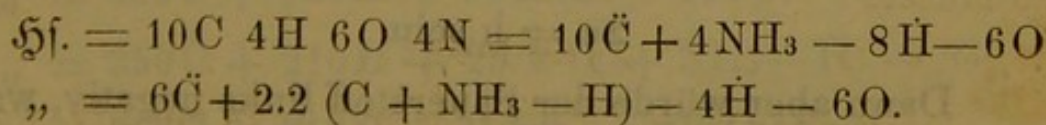
also ist:



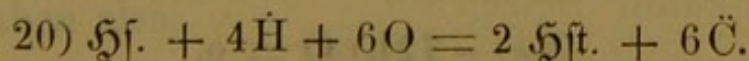
Hieraus folgt:



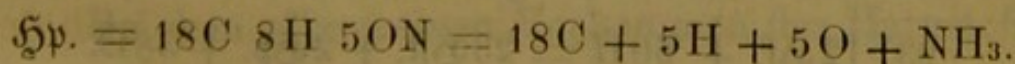
Ferner ist:



also nach N. 18:



Die Harnsäure kann hiernach unter Aufnahme von Wasser und Sauerstoff in Harnstoff und Kohlensäure zerfallen. Nach N. 10 ist



Also

$$\mathfrak{H}p. = 18\ddot{C} + 5\dot{H} + NH_3 - 36O - 5O + 5O$$

$$,, = 17\ddot{C} + 6\dot{H} + (\ddot{C} + NH_3 - \dot{H}) - 36O$$

daher

$$2\mathfrak{H}p. + 72O = 2(\ddot{C} + NH_3 - \dot{H}) + 34\ddot{C} + 14\dot{H}$$

folglich ist

$$21) 2\mathfrak{H}p. + 72O = \mathfrak{H}ft. + 34\ddot{C} + 12\dot{H}.$$

Nach den beiden letzten Nummern hat man

$$\eta\mathfrak{H}f. + 4\eta\dot{H} + 6\eta O = 2\eta\mathfrak{H}ft. + 6\eta\ddot{C}$$

und

$$2h\mathfrak{H}p. + 72hO = h\mathfrak{H}ft. + 34h\ddot{C} + 12h\dot{H}.$$

Aus diesen beiden Gleichungen aber folgt

$$22) \eta\mathfrak{H}f. + (4\eta + 12h)\dot{H} + (6\eta - 72h)O = (2\eta - h)\mathfrak{H}ft. \\ + 2\eta\mathfrak{H}p. + (6\eta - 34h)\ddot{C}.$$

Hieraus erkennt man, dass die Harnsäure unter dem Einfluss von Sauerstoff und Wasser nicht in Hippursäure allein, sondern nur in Harnstoff und Hippursäure zerfallen kann. Denn sollte das erste geschehen, so müsste

$$2\eta = h \text{ sein.}$$

Dann aber würde der Sauerstoff links negativ, was nicht sein kann. Setzen wir

$$(6\eta - 72h)O = 0,$$

dann ist

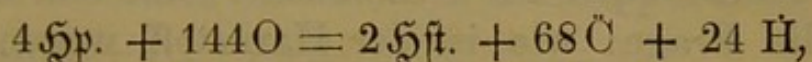
$$\eta = 12h.$$

Mit diesem Werth von η ergibt sich aus N. 22:

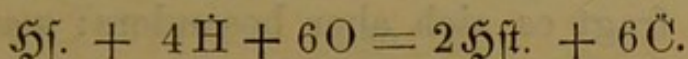
$$23) 12\mathfrak{H}f. + 60\dot{H} = 23\mathfrak{H}ft. + 2\mathfrak{H}p. + 38\ddot{C}.$$

Es kann daher die Harnsäure unter bloßer Einwirkung von Wasser in Harnstoff, Hippursäure und Kohlensäure zerfallen.

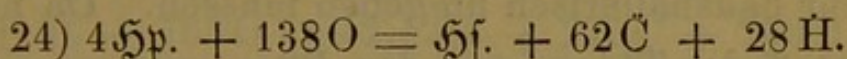
Nach N. 21 ist



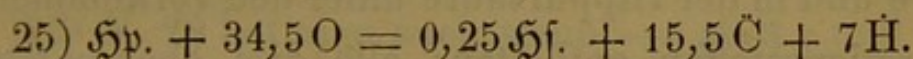
nach N. 20



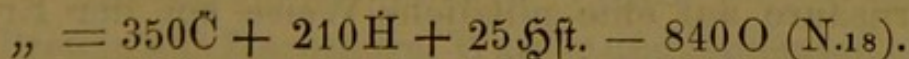
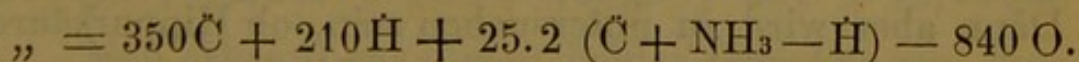
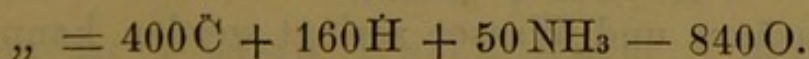
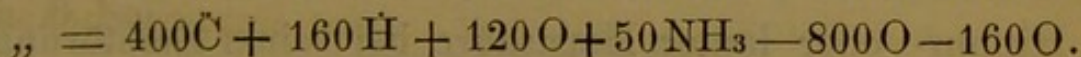
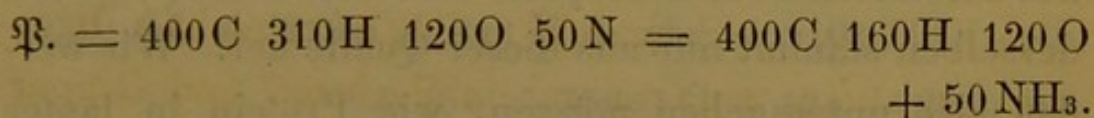
Zieht man diese Gleichung von der vorhergehenden ab, so ist



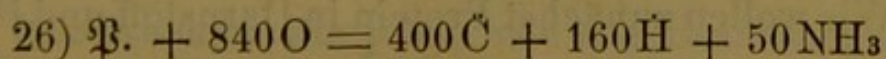
Hippursäure kann also durch Oxydation in Harnsäure, Kohlensäure und Wasser zerlegt werden. Aus dieser Gleichung ergibt sich:



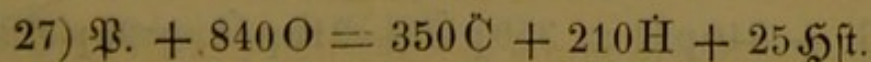
Weiter ist:



Wir haben also:



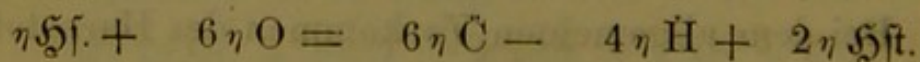
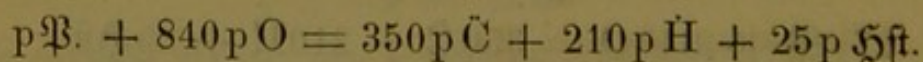
und



Bei dem allgemeinen Vorkommen des Harnstoffes,

in jedem Harn und unter jedem Lebensverhältniss, kann nicht verkannt werden, dass derselbe ein unvermeidlicher Excretionsstoff ist. Sind in der That im thierischen Haushalt Ersparungen beabsichtigt, so entsteht hier die Frage: wie ist der Harnstoff wegen seines grossen Stickstoffgehaltes soviel als möglich zu vermeiden? Hier fragt es sich aber besonders: was soll im Harnstoff erspart werden? Ohne Zweifel ist schon für die Pflanzen der Stickstoff eine Substanz mit welcher sie sehr haushälterisch umgehen müssen. Da nun der Stickstoff der Thiere von den Pflanzen her stammt, so werden auch die Thiere haushälterisch damit umzugehen haben. Nun ist Stickstoff nur im Harnstoff, in der Harnsäure und in der Hippursäure unter den vorkommenden Excretionsstoffen enthalten; alle drei aber entstehen aus zerstörten Proteinkörpern und der Stickstoffgehalt derselben stammt nur aus dieser Quelle her. Wir werden also untersuchen müssen, wie Protein in lauter Hippur- oder lauter Harnsäure bei seiner Zerstörung neben Kohlensäure und Wasser zerlegt werden kann. Dann aber wird zu untersuchen sein, ob Hippursäure und Harnsäure auf eine nützliche Weise bei der Ernährung verwendet werden können.

Wir wollen zunächst Protein in Harnstoff und Harnsäure zerlegen. Zu dieser Absicht ist nach N. 27 und N. 20:



Aus diesen beiden Gleichungen folgt:

$$28) \text{ p}\mathfrak{P}. + (840\text{p} - 6\eta) \text{ O} = \text{h}\mathfrak{H}\mathfrak{f}. + (25\text{p} - 2\eta) \mathfrak{H}\mathfrak{f}.$$

$$+ (350\text{p} - 6\eta) \mathfrak{C} + (210\text{p} + 4\eta) \mathfrak{H}.$$

Soll hier aller Stickstoff in die Hippursäure übergehen, so ist

$$25\text{p} = 2\eta$$

also

$$\eta = 12,5\text{p}.$$

Folglich ist nach N. 28:

$$29) \mathfrak{P}. + 765 \text{ O} = 12,5 \mathfrak{H}\mathfrak{f}. + 275 \mathfrak{C} + 260 \mathfrak{H}.$$

Es kann also Protein, unter Vermeidung des Harnstoffes, unter Einfluss des Sauerstoffes in Harnsäure, Kohlensäure und Wasser zerfallen.

Aus N. 28 hat man auch wenn $-\eta$ statt η und $-p$ statt p gesetzt wird:

$$30) \mathfrak{H}\mathfrak{f}. + (210\text{p} + 4\eta) \mathfrak{H} + (6\eta - 840\text{p}) \text{ O} = \text{p}\mathfrak{P}.$$

$$+ (5\eta - 350\eta) \mathfrak{C} + (2\eta - 25\eta) \mathfrak{H}\mathfrak{f}.$$

z. B. bei

$$\eta = 8, \text{ p} = 0,05.$$

$$31) \mathfrak{H}\mathfrak{f}. + 32,2\mathfrak{H} + 6\text{O} = 0,05\mathfrak{P}. + 20\mathfrak{C} + 15,75\mathfrak{H}\mathfrak{f}.$$

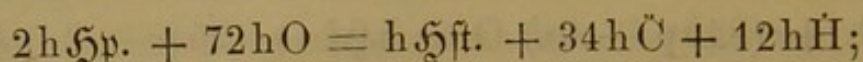
Man erkennt aus diesen beiden Gleichungen, dass Protein aus Harnsäure, Wasser und Sauerstoff entstehen kann.

Untersuchen wir jetzt, wie die Beziehungen des Proteines zur Hippursäure beschaffen sind.

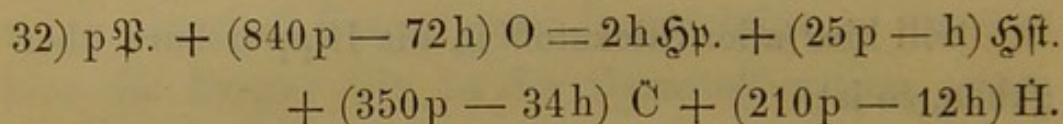
Wir haben nach N. 27

$$\text{p}\mathfrak{P}. + 840\text{pO} = 25\text{p}\mathfrak{H}\mathfrak{f}. + 350\text{p}\mathfrak{C} + 210\text{p}\mathfrak{H};$$

nach N. 21



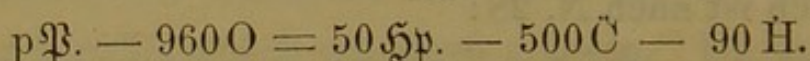
also



Soll hier der Harnstoff vermieden werden, so ist

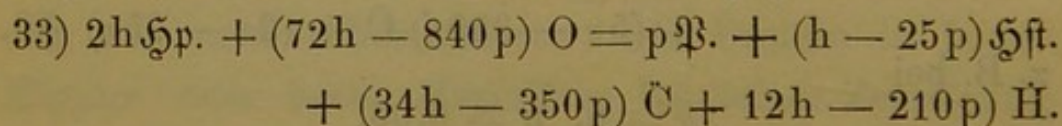
$$h = 25p.$$

Damit hat man nach der vorigen Gleichung



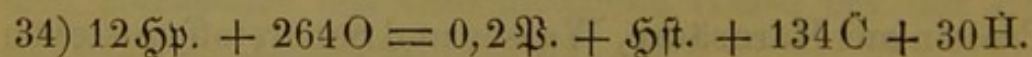
Es kann also Protein mit Vermeidung des Harnstoffes durch die Oxydation nicht in Hippursäure und Kohlensäure zerfallen, sondern es wird neben der Hippursäure durch die Oxydation des Proteines auch Harnstoff gebildet.

Man hat aber auch aus der vorhergehenden Gleichung, wenn $-h$ und $-p$ statt h und p gesetzt wird:



z. B. bei

$$h = 6 \text{ und } p = 0,2$$



Es kann demnach durch Oxydation der Hippursäure Protein entstehen und dabei Harnstoff, Kohlensäure und Wasser abgeschieden werden.

Indessen kommt die Hippursäure nur im Harn der Pflanzenfresser vor und in diesen werden neben dem

Protein auch Cellulosen zerstört. Wir wollen sehen, welche Aenderung dies bewirkt, wenn wir zu N. 32 noch

$$c\mathfrak{C} + 24cO = 12c\ddot{C} + 10cH \text{ (N. 11)}$$

addiren, dann ist:

$$\begin{aligned} 35) p\mathfrak{P} + c\mathfrak{C} + (840p + 24c - 72h) O &= 2h \mathfrak{H}p. \\ &+ (25p - h) \mathfrak{H}\ddot{f}. + (350p + 12c - 34h) \ddot{C} \\ &+ (210p + 10c - 12h) H. \end{aligned}$$

Jetzt ist mit

$$h = 25p:$$

$$\begin{aligned} 36) p\mathfrak{P} + c\mathfrak{C} + (24c - 960p) O &= 50p \mathfrak{H}p. \\ &+ (12c - 500p) \ddot{C} + (10c - 90p) H \end{aligned}$$

eine Gleichung, welche keinen Harnstoff mehr enthält. Wir wollen zusehen, ob sich hier aller Kohlenstoff ersparen lässt. Nehmen wir

$$12c - 500p = 0,$$

so ist

$$c = 125 \frac{p}{3};$$

mithin

$$\text{bei } p = 3,$$

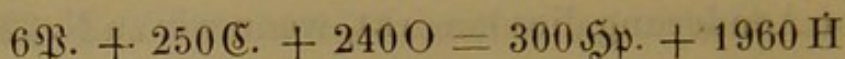
$$c = 125.$$

Mit diesen Werthen ergibt sich aus N. 36:

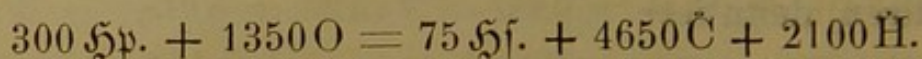
$$37) 3\mathfrak{P} + 125\mathfrak{C} + 120O = 150\mathfrak{H}p. + 980H.$$

Die Hippursäure entsteht also nur dann, wenn bei möglichster Ersparung des Kohlenstoffes eine Summe von Proteinkörpern und Cellulosen oxydirt wird, wobei sich der Sauerstoff in verschiedenartige Massen theilen muss.

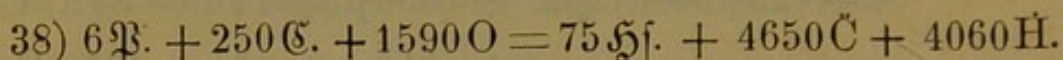
Es ist nach der letzten Gleichung



und nach N. 24:

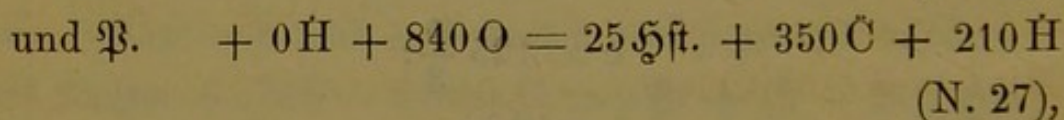
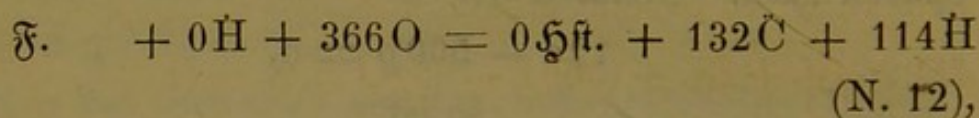
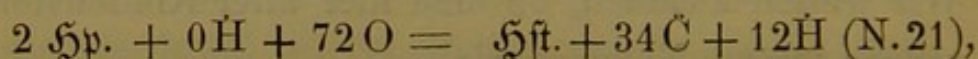
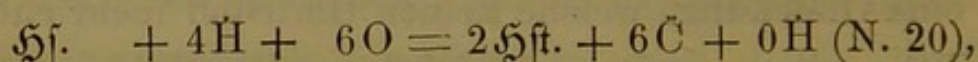


Addirt man diese beiden Gleichungen, so ergibt sich:

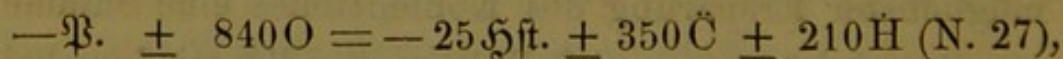
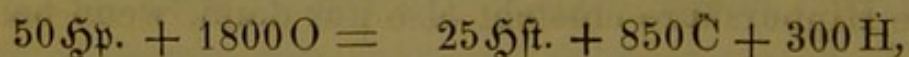


In Fleischfressern mit einer tüchtigen Lunge kann hiernach auch eine Summe von Protein und Cellulosen in Harnsäure, Kohlensäure und Wasser zerfallen.

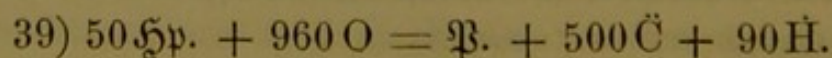
Vergleicht man jetzt die vier Gleichungen:



so erkennt man augenblicklich, dass Hippursäure durch Oxydation und Harnsäure nach Hinzufügung von Fett durch den Oxydationsprocess in Protein verwandelt werden kann. Multiplicirt man nämlich die Gleichung der oxydirten Hippursäure mit 25, so ist:



also



Mit der ersten der obigen vier Gleichungen, mit der Gleichung des verbrannten Fettes und des verbrannten Proteines hat man

$$\eta \mathfrak{H}\mathfrak{f}. + 4\eta \mathfrak{H} + 6\eta \text{O} = 2\eta \mathfrak{H}\mathfrak{f}\mathfrak{t}. + 6\eta \mathfrak{C},$$

$$f\mathfrak{F} + 366f\text{O} = 132f\mathfrak{C} + 114f\mathfrak{H},$$

$$\mathfrak{P}. + 840 \text{O} = 25 \mathfrak{H}\mathfrak{f}\mathfrak{t}. + 350 \mathfrak{C} + 210 \mathfrak{H}.$$

Damit aber ist auch:

$$40) \eta \mathfrak{H}\mathfrak{f}. + f\mathfrak{F}. + (6\eta + 366f - 840) \text{O} = \mathfrak{P}. + (2\eta - 25) \mathfrak{H}\mathfrak{f}\mathfrak{t}. + (6\eta + 132f - 350) \mathfrak{C} + (114f - 210) \mathfrak{H}.$$

Setzt man hier

$$2\eta - 25 = 0,$$

so ist:

$$2\eta = 25.$$

Dies in N. 40 gesetzt giebt:

$$41) 25 \mathfrak{H}\mathfrak{f}. + f\mathfrak{F}. + (366f - 765) \text{O} = \mathfrak{P}. + (132f - 275) \mathfrak{C} + (114f - 210) \mathfrak{H}.$$

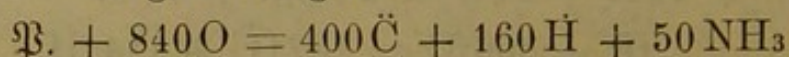
Mit $f = 3$ erhält man

$$42) 25 \mathfrak{H}\mathfrak{f}. + 3\mathfrak{F}. + 333 \text{O} = \mathfrak{P}. + 121 \mathfrak{C} + 132 \mathfrak{H}.$$

Es kann sich also Protein aus Harnsäure, Fett und Sauerstoff unter Austreten von Kohlensäure und Wasser erzeugen. Jetzt hat die Erkenntniss des innern Zusammenhanges der Ernährungserscheinungen keine Schwierigkeiten mehr. Wir erkennen an den Gleichungen N. 33, N. 34, N. 39, 40, 41, dass dem Thier Quellen offen stehen, das an seinem eignen Körper und das auf seinem Wege durch den Darm, die Venen und Chylusgefäße zerstörte Protein wieder neu zu erzeugen.

Die Betrachtung der Harnstoffgleichung N. 18, nämlich

$\text{Hft.} = 2 (\ddot{\text{C}} + \text{NH}_3 - \text{H}) = 2\ddot{\text{C}} + 2\text{NH}_3 - 2\text{H}$
und ihre Vergleichung mit



lässt erkennen, dass unter dem Zutritt von Fett auch eine Gleichung der Proteinbildung mit Harnstoff entstehen würde. Allein dieser Fall ist nicht denkbar, weil der Harnstoff in zu grossen Mengen entfernt wird und also in Bezug auf ihn keine geradezu erkennbare Oekonomie stattfindet. Nach *Lehmann* excernirt ein erwachsener Mensch davon täglich etwa 2 Loth, während Harnsäure nur um 19 Gran herum entleert werden. Nach *Lehmann* vermehrt sich auch bei stärkeren Bewegungen der Harnstoff, während sich die Harnsäure bei stärkern Anstrengungen vermindert. Mit jener wird also keine, wohl aber mit dieser Oekonomie getrieben, während doch beide aus der Proteinzerstörung bei der Bewegung unter dem Sauerstoffeinfluss hervorgehen. Eine solche Quelle der Proteinneubildung ist aber auch nicht denkbar, weil der Harnstoff kaum noch eine organische Substanz genannt werden kann, denn er zerfällt sehr leicht unter Aufnahme von Wasser in kohlensaures Ammoniak, wovon das Aufbrausen herrührt, das entsteht, wenn gegohrenem Urin eine Säure hinzugefügt wird. Nun besitzen wohl die Pflanzen die Kraft anorganische Substanzen, wie Ammoniak, in organische Substanz umzubilden, nicht aber die Thiere. Anders

verhält es sich in dieser Beziehung mit der Harn- und Hippursäure. Beide sind unzweifelhaft organische Substanzen, die umzubilden das Thier und der Mensch noch chemische Kräfte genug besitzt.

Es könnte wohl auch die Frage entstehen, ob nicht bei der Proteinneubildung Fett entstehen könne.

Nach N. 28 ist

$$p\text{P.} + (840p - 6\eta) \text{O} = \eta\text{Sf.} + (25p - 2\eta) \text{Sft.} \\ + (350p - 6\eta) \text{C} + (210p + 4\eta) \text{H}$$

und nach N. 12:

$$\text{F.} + 366 \text{O} = 132 \text{C} + 114 \text{H.}$$

Beide Gleichungen verbunden wird erhalten:

$$43) p\text{P.} + (840p - 6\eta - 366) \text{O} = \eta\text{Sf.} + (25p - 2\eta) \text{Sft.} + \text{F.} \\ + (350p - 6\eta - 132) \text{C} + (210p + 4\eta - 114) \text{H.}$$

Mit

$$2\eta = 25p$$

ergiebt sich hieraus:

$$44) p\text{P.} + (840p - 441) \text{O} = + (350p - 207) \text{C} \\ + (210p - 64) \text{H} + \text{F.} + 12,5 \text{Sf.}; \\ \text{bei } p = 1$$

hat man also:

$$45) \text{P.} + 399 \text{O} = \text{F.} + 12,5 \text{Sf.} + 143 \text{C} + 146 \text{H.}$$

Auch diese Gleichung enthält nichts Unwahrscheinliches und stimmt selbst mit Erfahrungen überein. Hunde z. B. die mit fettlosem Fleisch gefüttert werden, erzeugen einen Chylus, der oft fettreicher, als der eines mit Hafer gefütterten Pferdes ist. (*Valentin*)

Da es durchaus unmöglich ist, dass Proteinkörper

unzerstört oder unverändert ins Blutsystem gelangen können und demnach die Thierkörper nicht aus Protein aufgebaut werden können das fertig von aussenher kommt und das Aufgebaute ebenfalls einer continuirlichen Zerstörung ausgesetzt ist, so muss es nothwendig Quellen der Proteinneubildung im Thierkörper selbst geben. Da nun der Harnstoff, wie schon bemerkt, den anorganischen Stoffen sehr nahe steht und die psychisch-chemischen Kräfte des Thieres ihn nicht von der Grenze der anorganischen Körper zu entfernen vermögen, so ist derselbe zur Proteinneubildung unbrauchbar. Er tritt daher erfahrungsgemäs als allgemeiner Excretionsstoff bei den Thieren aus. Da aber die Proteinneubildung nur aus stickstoffhaltigen Körpern geschehen kann und die Thiere erfahrungsgemäs keine andern als Harnsäure allgemein und Hippursäure weniger allgemein produciren, so kann die Proteinneubildung nur mit diesen beiden Säuren in Verbindung gebracht werden. Die Möglichkeit einer solchen Proteinneubildung aber erhellt aus den Gleichungen 31, 34, 39, 42; und da die Bedingungen, unter welchen die Proteinneubildung nach diesen Gleichungen geschehen kann, mit den erfahrungsgemässen Erscheinungen des Thierlebens nicht in Widerspruch stehen, sondern sogar mit dem Athmungs- und Harnbildungsprocess übereinstimmen, indem ihre Neubildung nur unter Aufnahme von Sauerstoff unter Ausscheidung von Kohlensäure und Harnstoff geschehen kann und sich andere Quellen der nöthigen Protein-

körper erfahrungsgemäs durchaus nicht nachweisen lassen, so muss angenommen werden

I. Das zum Aufbau der Thierkörper nöthige Protein wird aus der Harn- und Hippursäure im Thiere selbst erzeugt, während diese Säuren die Trümmer des von aussen eingeführten oder am Körper selbst zerstörten Proteines sind.

Auf welche Weise Harnsäure und Hippursäure aus Protein hervorgehen ist aus den Gleichungen 29, 31, 34, 37, 38, 44, 45 zu ersehen. Die Zerfällung des Proteins geschieht gleichfalls unter Anziehung von Sauerstoff, worauf ein Zerfallen in die genannten Säuren und in Kohlensäure und Wasser eintritt; also auch dies ist mit den Excretionserscheinungen und der Sauerstoffanziehung in Uebereinstimmung.

Als massenhafte Vorgänge müssen nach unsern bisherigen Untersuchungen die Proteinzerstörung, Proteinneubildung, Fettbildung und Fettverbrauch angesehen werden. Alle diese grossen Vorgänge geschehen vielleicht mit Ausnahme der Fettbildung aus den Cellulosen, unter Anziehung von Sauerstoff und Abstossung von Kohlensäure, Harnstoff und zum Theil von Wasser.

Die Fettbildung kann nach N. 15 ohne allen Sauerstoffverbrauch aus den Cellulosen stattfinden. Da weiter die Proteinkörper viel veränderlicher sind als Fett und dieses eine geringere Verwandtschaft zum Sauerstoff als jenes besitzt und auch die Masse des Proteines grösser ist als die des Fettes, so folgt hieraus

II. Die grösste Menge des bei der Athmung ins Blut aufgenommenen Sauerstoffes wird zur Proteinzerstörung und Proteinneubildung verbraucht.

Die Gleichungen aber

$$61 \text{ C.} = 4 \text{ F.} + 204 \text{ C.} + 154 \text{ H.} \quad (\text{N. 15})$$

$$12 \text{ S.} + 60 \text{ H.} = 23 \text{ S.} + 2 \text{ S.} + 38 \text{ C.} \quad (\text{N. 23}),$$

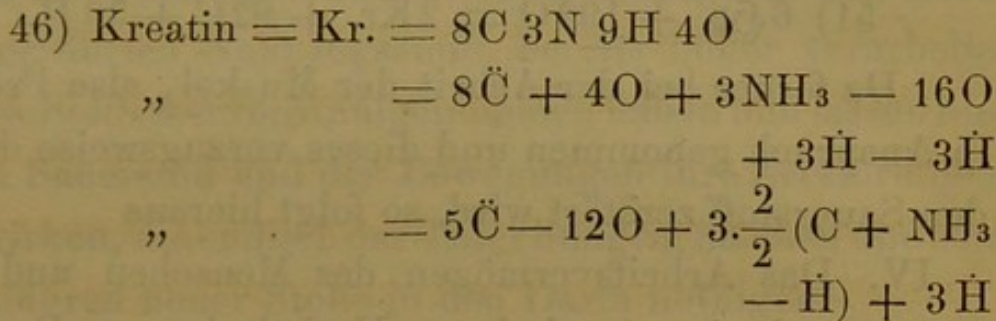
nach welchen von den Cellulosen und von der Harnsäure Kohlensäure, oder Kohlensäure und Wasser, abgetrennt, also Wasser bald verbraucht, bald abgegeben wird, ohne dass Sauerstoff aufgenommen zu werden braucht, zeigen deutlich, dass die thierische Wärme in ihrer Entstehungsweise durchaus nichts mit unserer, durch einen geheizten Ofen, entstehenden Stubenwärme gemein hat und dass also die herrschenden Theorien über die Entstehung der thierischen Wärme mehr als zweifelhaft sind; wenn auch nicht darauf gesehen wird, dass sie selbst gegen viele Erfahrungen arge Verstösse machen. Es folgt hieraus und aus den früheren Untersuchungen

III. Die massenhaft vom Thier aufgenommenen stickstofffreien Körper werden ohne bedeutenden Einfluss des Sauerstoffes in Fett verwandelt und dieses behufs der Proteinneubildung aus der Harnsäure aufgespeichert.

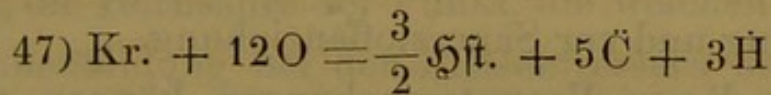
An eine Verbrennung der stickstofffreien Körper in Sauerstoff, um so die thierische Wärme zu erzeugen, kann heute im Ernst Niemand mehr denken.

Das Kreatin scheint eine Zwischenstufe der Umwandlung der Harn- und Hippursäure in Harnstoff zu

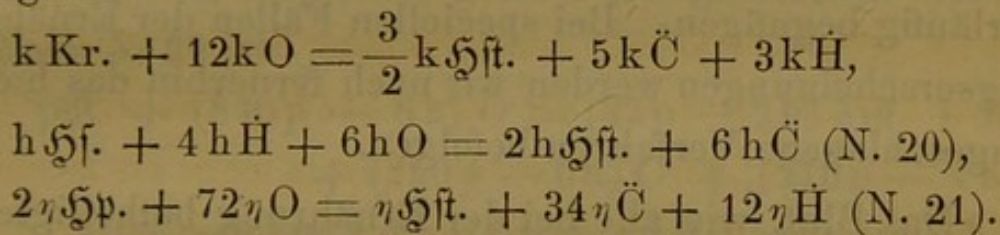
sein, wenn Protein für gewisse Zustände in Ueberfluss vorhanden ist. Es findet sich in sehr kleinen Mengen in der Muskelsubstanz und vielleicht als Extractivstoff im Harn (*Liebig und Pettenkofer*). Es ist



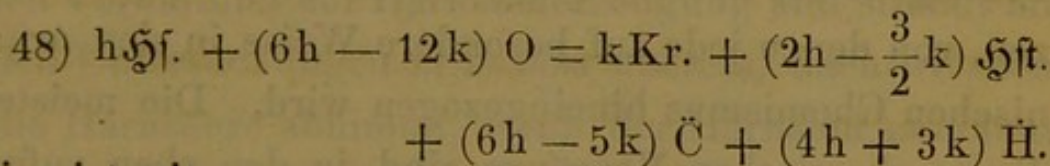
also



folglich

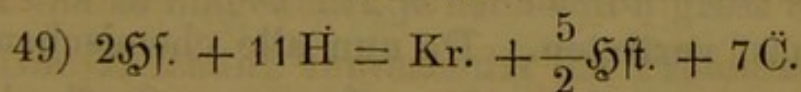


Also hat man

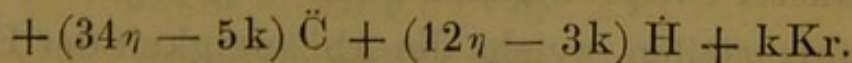
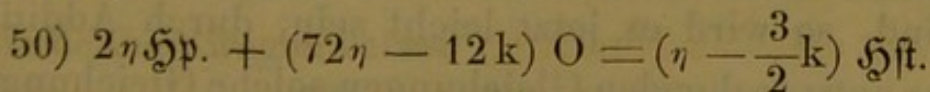


Hier ist mit

$$h = 2k$$



Ferner:



Setzt man

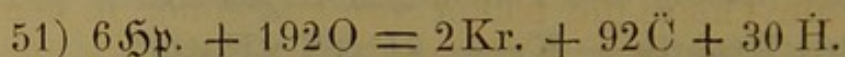
$$\eta = \frac{3}{2}k,$$

also bei

$$k = 2$$

$$\eta = 3,$$

so ist



Da ferner bei der Arbeit der Muskel, also Protein in Anspruch genommen und dieses vorzugsweise durch den Sauerstoff zerstört wird, so folgt hieraus

IV. Das Arbeitsvermögen des Menschen und der Thiere steht in umgekehrten Verhältniss zur Proteinzerstörung und zur Sauerstoffanziehung.

Mit diesen Voruntersuchungen können wir uns vorläufig begnügen. Bei speciellen Fällen der Ernährungserscheinungen werden wir noch fernerhin das hier eingeschlagene Verfahren befolgen.

Das Blut, wie alle bei der Ernährung beteiligten Flüssigkeiten, besteht aus sehr verschiedenen Substanzen, von denen jede auf besondere Weise in den organischen Chemismus hineingezogen wird. Die meisten dieser chemischen Vorgänge sind in den eben aufgestellten Gleichungen, zum grossen Theil selbst erfahrungsgemäs, vertreten. Da nun alle chemischen Vorgänge nur mit einfacher Summirung von Stoffen begleitet sind, so wird es jetzt leicht sein, durch Addition unsrer entsprechenden Gleichungen solche Gleichungen aufzustellen, welche die Abhängigkeit der Ernährungserscheinungen selbst bis zu den sehr speciellen Vorgängen dieser Art anschaulich machen.

Erscheinungen in der Ernährungssphäre.

Wir nehmen bei den folgenden Untersuchungen an, dass die Thiere die früher von aussenher in den Darm eingeführten Nahrungsstoffe bereits höher verarbeitet in die Stoffreservoir aufgenommen haben und lassen nun dem Sauerstoff und den Bewegungen ihre Zerstörungen bewirken, die endlich das Thier hungrig machen und zum Einführen neuer Stoffe in den Darm nöthigen.

Ist die Harnsäure der Punkt, um welchen sich die Proteinneubildung bei den Fleischfressern bewegt, so muss sie in möglichst grosser Menge erzeugt werden. Nach N. 28 ist

$$\begin{aligned} p\beta. + (840p - 6h) O &= (25p - 2h) \text{St.} + h\text{St.} \\ &+ (350p - 6h) \ddot{C} + (210p - 4h) H. \end{aligned}$$

Hiernach steht die Harnsäurebildung in umgekehrten Verhältniss zur Harnstofferzeugung und stimmt mit den Untersuchungen *Lehmans* überein, nach welchem die Harnsäure abnimmt, wenn der Harnstoff zunimmt. Je mehr von jener, desto weniger wird von dieser erzeugt und so umgekehrt, je nachdem h gross oder klein ist. Die Gleichung repräsentirt die Proteinzerstörung durch den Einfluss des Sauerstoffes. Wir wollen der Einfachheit wegen setzen

$$52) \alpha = 840p - 6h,$$

$$\beta = 25p - 2h,$$

$$\gamma = 350p - 6h,$$

$$\delta = 210p - 4h.$$

Mit diesen Formen nimmt die obige Gleichung die Gestalt

$$p\mathfrak{P}. + \alpha O = \beta \mathfrak{H}\mathfrak{f}. + h\mathfrak{H}\mathfrak{f}. + \gamma \ddot{C} + \delta \dot{H} \text{ an.}$$

Es sind also künftig h, β, γ, δ die Koefficienten der Zerstörungsproducte, von Harnsäure, Harnstoff, Kohlensäure und Wasser, in welche p Protein durch α Sauerstoff zerlegt werden. Wird diese Gleichung mit 25 multiplicirt, so erhält sie die Form

$$25 p\mathfrak{P}. + 25 \alpha O = 25 \beta \mathfrak{H}\mathfrak{f}. + 25 h\mathfrak{H}\mathfrak{f}. + 25 \gamma \ddot{C} + 25 \delta \dot{H}.$$

Stellen wir uns einen Fleischfresser vor, so muss derselbe aus seinem Fettvorrath der Harnsäure Fett zuführen, um sein Bedürfniss an Protein zu decken.

Nach N. 42 hat man:

$$3 h\mathfrak{F}. + 25 h\mathfrak{H}\mathfrak{f}. + 333 hO = h\mathfrak{P}. + 121 h\ddot{C} + 132 h\dot{H}.$$

Werden diese und die vorige Gleichung addirt, so entsteht:

$$3 h\mathfrak{F}. + (25 \alpha + 333 h) O = (h - 25 p) \mathfrak{P}. + 25 \beta \mathfrak{H}\mathfrak{f}. \\ + (25 \gamma + 121 h) \ddot{C} + (25 \delta + 132 h) \dot{H}.$$

Das jetzt rechts des Gleichheitszeichens befindliche Protein ist aus der Harnsäure erzeugtes, diese ist deshalb verschwunden; der daneben auftretende Harnstoff ist der unrettbare Theil der Proteinrümmen, wie die Kohlensäure und das Wasser ebendaher kommen.

Diese Gleichung repräsentirt also das Gesetz der Proteinzerstörung und Neubildung bei den Fleischfressern. Sie enthält blos Ergänzungsprotein, den Harnstoff, Kohlensäure, Wasser und Protein als Excretionsstoffe. Die Harnsäure darf unter diesen nicht bemerkbar

sein, da das Princip der höchsten Stoffökonomie als Norm bei der Ernährung gelten muss.

Das in dieser Gleichung enthaltene Fett dient zur Proteinneubildung; es ist aber in dieser Gleichung die Quelle nicht bemerkbar, woher es gekommen ist. Dies ist aber auch nicht nöthig, da der Fleischfresser sein Fett von aussen bezieht und dasselbe jedenfalls nur geringen Veränderungen unterliegt, ehe es in's Blut und in die Fettzellen gelangt. Wir hätten daher der Gleichung nur hinzuzufügen:

$$f\mathfrak{F}. = f\mathfrak{F}.$$

Dadurch aber würde in ihrem Wesen nichts geändert.

Nehmen wir aber an, dass das Protein durch den Sauerstoff oxydirt wird, so wird das Fett sich diesem Einfluss nicht ganz entziehen können, wenn auch das Protein den Sauerstoff begieriger aufnimmt und in grösserer Masse wirkt. Wir haben daher der obigen Gleichung noch hinzuzufügen:

$$366 fh O = 132 fh \ddot{C} + 114 fh \dot{H} \text{ (N. 12)}$$

dann erhält man:

die Ernährungsgleichung fleischfressender Säugethiere

in der Form:

$$\begin{aligned} \text{V. } o\mathfrak{F}. + 3 h \mathfrak{F}. + [25\alpha + h (333 + 366 f)] O \\ = \\ (h - 25 p) \mathfrak{P}. + 25 \beta \mathfrak{F}. + [25 \gamma + h (121 + 132 f)] \ddot{C} \\ + [25 \delta + h (132 + 114 f)] \dot{H}. \end{aligned}$$

Bei dieser, wie bei allen noch aufzustellenden Ernährungsgleichungen, sind auf der linken Seite diejenigen Stoffe, welche aus den Reservoirs in Gebrauch gezogen werden, mit dem Sauerstoff, welcher die Proteinzerstörung und Neubildung bewirkt.

Die rechte Seite der Ernährungsgleichungen enthält das neugebildete Protein und die massenhaften Excretionsstoffe, von denen die allgemeinsten Protein, Kohlensäure und Wasser sind.

Wir wollen sogleich an die Aufstellung einer Gleichung der Ernährungserscheinungen des pflanzenfressenden Säugethiers gehen und dann später das Gemeinschaftliche und Besondere dieser Gleichungen in Betrachtung ziehen. Die allgemeinen Verdauungserscheinungen werden uns zuletzt beschäftigen. Bei dem Pflanzenfresser ist anzunehmen, dass die Proteinneubildung aus „Harn- und Hippursäure“ geschieht. Wir nehmen die Proteinneubildung überwiegend aus Hippursäure an, woraus sich erklärt, dass das vom Thier gebildete Fett sich leicht in grossen Massen in den Zellen anhäuft. Die Gleichung der Ernährung für den Pflanzenfresser muss die Quellen bemerken lassen, woher das in den Zellen aufgehäuften Fett und woher die Hippursäure kommt. In letzterer Beziehung ist nach N. 35:

$$p\mathfrak{P}. + c\mathfrak{C}. + (840p + 24c - 72\eta) O$$

=

$$2\eta\mathfrak{H}p. + (25p - \eta)\mathfrak{H}\mathfrak{f}t. + (350p + 12c - 34\eta)\ddot{O} \\ + (210p + 10c - 12\eta)\ddot{H}.$$

Um diese Gleichung mit V. leichter vergleichbar zu machen, wollen wir $\eta = 2h$ setzen. In diesem Fall erhält die vorstehende Gleichung die Form:

$$p\mathfrak{P}. + c\mathfrak{C}. + (840p + 24c - 144h) O$$

=

$$4h\mathfrak{H}p. + (25p - 2h)\mathfrak{H}\mathfrak{f}t. + (350p + 12c - 68h)\ddot{O} \\ + (210p + 10c - 24h)\ddot{H}.$$

Da aber die Cellulosen immer in einen bestimmten Verhältniss zur Harnstoffabsonderung stehen und aus den Untersuchungen 34 — 37 zu erkennen ist, dass, umsomehr Harnstoff gebildet wird, je weniger Cellulosen verbraucht werden, und umsomehr Hippursäure und umsoweniger Harnstoff, je grösser c ist (N. 36 und 37), so muss c mit $\frac{c}{25p - 2h} = \frac{c}{\beta}$ vertauscht und der Koefficient des Harnstoffes mit $\frac{\beta}{c}$ multiplicirt werden, da dieser kein c erhält. So wird aus der vorigen Gleichung:

$$p\mathfrak{P}. + \frac{c}{\beta}\mathfrak{C}. + (840p + 24\frac{c}{\beta} - 144h) O$$

=

$$4h\mathfrak{H}p. + \frac{\beta^2}{c}\mathfrak{H}\mathfrak{f}t. + (350p + 12\frac{c}{\beta} - 68h)\ddot{O} \\ + (210p + 10\frac{c}{\beta} - 24h)\ddot{H},$$

oder:

$$\begin{aligned} & \beta p \mathfrak{P}. + c \mathfrak{C}. + (840 \beta p + 24 c - 144 \beta h) O \\ & = \\ & 4 \beta h \mathfrak{H} p. + \frac{\beta^2}{c} \mathfrak{H} \mathfrak{f} t. + (350 \beta p + 12 c - 68 \beta h) \ddot{C} \\ & + (210 \beta p + 10 c - 24 \beta h) \ddot{H}. \end{aligned}$$

Es muss jetzt die Hippursäure zum Verschwinden gebracht werden, da sie im Moment ihrer Entstehung entweder in Protein umgesetzt wird oder in Harnsäure und Harnstoff übergeht.

Nach N. 39 ist, wenn die ganze Gleichung mit 50 dividirt wird:

$$\mathfrak{H} p. + 19,2 O = 0,02 \mathfrak{P}. + 10 \ddot{C} + 1,8 \ddot{H};$$

mithin:

$$4 \beta h \mathfrak{H} p. + 76,8 \beta h O = 0,08 \beta h \mathfrak{P}. + 40 \beta h \ddot{C} + 7,2 \beta h \ddot{H}.$$

Addirt man diese Gleichung zu der mit $\beta p \mathfrak{P}.$, so entsteht:

$$\begin{aligned} & \beta p \mathfrak{P}. + c \mathfrak{C}. + (840 \beta p + 24 c + - 67,2 \beta h) O \\ & = \\ & 0,08 \beta h \mathfrak{P}. + \frac{\beta^2}{c} \mathfrak{H} \mathfrak{f} t. + (350 \beta p + 12 c - 28 \beta h) \ddot{C} \\ & + (210 \beta p + 10 c - 16,8 \beta h) \ddot{H}. \end{aligned}$$

Die Pflanzen bieten den Pflanzenfressern das Protein nur in kleinern Mengen dar; daneben müssen sie in grossen Mengen Cellulosen einführen, deren chemische Umsatzprodukte von denen des Proteins nicht getrennt werden können und daher mit in die Blutmasse aufgenommen werden müssen. Damit dieser Ueber-

schuss an Cellulosenprodukten nicht endlich der Proteinneubildung hinderlich wird, werden dieselben in den Fettzellen ausserhalb dem Blutbehälter als Fett abgesetzt und reservirt. So bieten die Körper der Pflanzenfresser den Fleischfressern das Material zum Aufbau ihrer Körper in den günstigsten Verhältnissen dar, da deren Protein eine Function der Harnsäure und des Fettes ist, welche erstere sich aus dem Protein des Pflanzenfressers neben Fett erzeugt und daher die Proteinneubildung sogleich neben der Proteinzerstörung eingeleitet werden kann. Die Ernährungsgleichung des Pflanzenfressers muss nothwendig die Quellen bemerken lassen, wo quantitativ und qualitativ das aufgespeicherte Fett hergekommen ist. Wir haben nach N. 15

$$61 c'c\text{C.} = 4 c'c\text{F.} + 204 c'c\text{C} + 154 c'c\text{H.}$$

Auch wird beim Pflanzenfresser ebenso das Fett einem geringen zerstörenden Einfluss des Sauerstoffes ausgesetzt sein, wie beim Fleischfresser; wir müssen daher noch verwenden:

$$f\text{F.} + 366 f\text{O} = 132 f\text{C} + 114 f\text{H} \text{ (N. 12).}$$

Addirt man die drei letzten Gleichungen und bedenkt, dass die Proteinneubildung $\frac{c}{\beta}$ mal zunimmt, wenn der Harnstoff $\frac{c}{\beta}$ mal abnimmt, so entsteht

die Ernährungsgleichung pflanzenfressender
Säugethiere:

$$\begin{aligned}
 \text{VI. } & c(c' + 1) \text{ C.} + 0 \text{ H.} + 0 \text{ N.} \\
 & + [\beta(840 p - 67 h) + 24 c + 366 f] \text{ O} \\
 & = \\
 & c(0,08 h - p) \text{ P.} + 4 c c' \text{ F.} + \frac{\beta^3}{c} \text{ St.} \\
 & + [\beta(350 p - 28 h) + c(204 c' + 12) + 132 f] \text{ C} \\
 & + [\beta(210 p - 17 h) + c(154 c' + 10) + 114 f] \text{ H.}
 \end{aligned}$$

In dieser und in der Gleichung V. sind alle Ernährungserscheinungen vertreten, soweit sie bei massenhafter Stoffbildung und Zerstörung von den vier chemischen Elementarstoffen C, H, N und O abhängen. Die Ernährung des Menschen steht zwischen diesen beiden Ernährungsarten. Sie neigt sich, je nach den Nahrungsstoffen, die er verbraucht, bald mehr zu V. bald mehr zu VI. Die Ernährung bei den übrigen Wirbelthieren erfolgt beinahe nach denselben Principien. Es wird sich später zeigen, dass die Ernährungsgleichungen der Vögel durch eine blosse Andersschreibung der Gleichungen V. und VI. gewonnen werden, und dass man sonach diese Thiere andersgeschriebene Säugethiere nennen könnte.

Auf gleiche Weise scheint es sich mit allen übrigen Thieren zu verhalten. Die Ernährungsgleichung der Amphibien und der Fische werden wiederum durch

eine bloß Andersschreibung der Ernährungsgleichung der Vögel gewonnen. Hiernach sind unsere Ernährungsgleichungen in einer naturnothwendigen Verbindung und in gegenseitiger Abhängigkeit.

Beim Gebrauch und der Beurtheilung dieser Gleichungen dürfen die Componenten derselben und die darauf beziehlichen Koefficienten nicht aus den Augen gelassen werden. Ich gebe daher noch einmal kurz ihre Bedeutung an.

p ist der Koefficient des durch Sauerstoff zerstörten und in Harnstoff und Harnsäure, oder in Harnstoff und Hippursäure umgesetzten Proteines. Er ist ein Bestandtheil der Hilfspgleichungen N. 28, N. 32, N. 35, die als Componenten in V. und VI. verwendet worden sind.

h ist der Koefficient der Harn- oder Hippursäure. Er steht mit p in der Beziehung, dass $(25p - 2h) = \beta$ in allen Thierklassen den Harnstoffkoefficienten bildet.

c ist der Koefficient derjenigen Cellulosen, welche den Umsatz des Proteines in Hippursäure und Harnstoff bedingen. Seine Bedeutung erhellt einfach aus der Gleichung N. 35.

c' aber ist der Koefficient der Cellulosen, welche zur Fettbildung verwendet werden. Seine Natur ist zu beurtheilen nach N. 15.

Endlich ist der Koefficient desjenigen Fettes, welches etwa durch den Einfluss des Sauerstoffes oxydirt werden könnte. Seine Bedeutung erhellt aus N. 12.

Das Grundprincip, welches in diesen Gleichungen herrscht, ist die Zerstörung und die Erneuerung des Zerstörten aus den Resten der Zerstörung; besonders aber der Proteinkörper. Ihre Neubildung erfolgt beim Fleischfresser und beim Menschen bei einem Zusammenwirken von Harnsäure, Fett und Sauerstoff; beim Pflanzenfresser bei einem Zusammenwirken von Cellulosen, Proteinen, Sauerstoff und Hippursäure. Welche specielleren Vorgänge diese Neubildungen begleiten, ist vollständig unbekannt und kein Gegenstand der Erfahrung. Das zur Neubildung nöthige Fett wird beim Fleischfresser mit dem Fleisch des Pflanzenfressers eingeführt und scheint ohne beträchtliche Umwandlungen in das Chylussystem zu gelangen, wofür die schon angeführte Thatsache spricht, dass der Chylus der Hunde fettreicher wird als der des Pferdes, wenn sie mit fettreichen Substanzen gefüttert werden. Der Pflanzenfresser bildet den grössten Theil seines Fettbedarfes aus stickstofflosen Pflanzenstoffen, sein Protein aus der Hippursäure. Die Zerstörung der Proteinkörper scheint ausser der durch den Sauerstoff andere Veranlassungen in physischen, psychischen und chemischen Bewegungen zu haben. Auch diese sind vollständig unbekannt. Nur soviel scheint gewiss, dass ein grosser Theil dieser Zerstörungen ebenso wie die Neubildungen des Zerstörten durch den Sauerstoff und durch Bewegungen bewirkt werden. Ruhe bei reichlichen Nahrungsmitteln bewirkt Fettanhäufung; Anstrengung und

Mangel an Nahrungsmitteln Abmagerung. Winter-
schläfer legen sich fett ein und erwachen mehr oder
weniger mager.

Von den zerstörten Theilen werden einige Trüm-
mer nach aussen geführt. Die beständigsten, massen-
haftesten und bemerkbarsten sind Kohlensäure und
Harnstoff. Alle diese Ausscheidungen erfolgen unter
continuirlichen Sauerstoffverbrauch. Da die Protein-
massen überwiegen und der Sauerstoff überwiegend von
ihnen in Anspruch genommen und die Kohlensäure
überwiegend von ihnen abgesetzt wird, so folgt hieraus

VII. Die Sauerstoffanziehung und Kohlensäure-
ausfuhr wird mit der Masse des Körpers und seinen Be-
wegungen vermehrt und vermindert.

Bewegung vermehrt daher den Sauerstoffverbrauch,
die Kohlensäure- und Harnstoffexcretion. Dasselbe ge-
schieht nach der Aufnahme von Nahrungsmitteln. Das
Gegentheil erfolgt bei Mangel an solchen. Vier Frösche
verbrauchten nach *Marchand* am ersten Tag ihrer Gefang-
enschaft in 24 Stunden 3,26 Gran Sauerstoff und gaben aus
0,96 Gran Kohlenstoff. Nach vier Wochen, in welcher Zeit
sie nicht gefressen hatten, verbrauchten sie bloß 2,4 Gran
Sauerstoff und gaben nur 0,73 Gran Kohlenstoff aus.

Die Harnsäure darf im Normalzustand nach dem
in unsrer Untersuchung berücksichtigten Princip der
Stoffökonomie gar nicht oder in sehr kleinen Mengen
im Harn erscheinen, da sie zur Proteinneubildung eine
wichtige Materie und der Oekonomie werth ist. Auf

gleiche Weise verhält es sich mit der Hippursäure. Sie entsteht bei Sauerstoffmangel neben Cellulosen aus Protein und wird durch fortgesetzten Einfluss des Sauerstoffes in Harnstoff, wenn nicht in Protein, übergeführt, nach N. 21 und N. 39. In Rücksicht des Wechsels der Harnbestandtheile, bei verschiedenen Nahrungsmitteln und bei mehr oder minder grossen Körperbewegungen, hat *Lehmann* an seiner Person Beobachtungen angestellt, welche im Allgemeinen die annähernde Richtigkeit unserer Theorie und unserer Gleichungen bestätigen. Er fand in 1000 Harn durchschnittlich in 24 Stunden

	5ft.	5f.
53) bei gemischter Kost, wenig An-		
strengung und Mässigkeit	30,722,	1,1167,
„ Fleischkost	44,232,	1,2290,
„ vegetabilischer Kost	22,707,	1,0313,
„ grösserer Anstrengung	45,698,	0,6474,
„ stickstoffloser Kost	15,408,	0,7350.

Diese Thatsachen sind den von uns aufgestellten Ernährungs-Gleichungen beinahe vollkommen entsprechend. Um dies zu erkennen, darf man nur nicht vergessen, dass in unsern Gleichungen die äussersten Grenzen denkbarer Stoffökonomie angenommen sind, die in der Wirklichkeit wohl niemals, oder doch selten, erreicht werden. Es zeigt sich in diesen Thatsachen, wie es die Gleichungen angeben, nur wenig Harnsäure und viel Harnstoff. Dieser vermehrt sich bei grossen Anstrengungen, während sich die Harnsäure vermindert; jenes,

weil mehr Protein zerstört wird, dieses, weil mehr Protein neuzubilden ist. Bei stickstoffloser Kost muss mehr Oekonomie getrieben werden, wie bei gemischter Kost.

Hunger ist nach unserer Theorie und unsern Gleichungen leichter zu ertragen als Durst. Dies wird gleichfalls durch bekannte Erfahrungen bestätigt. Nicht nur entgeht dem Hungernden Wasser durch die Perspiration und mit dem Harn, sondern es häuft sich auch der Harnstoff im Blute an und bedroht das Leben. Diesen hinauszuschwemmen muss getrunken werden, wenn nicht der Hungertod eher erfolgen soll, als dies bei einem Trinkenden geschehen kann. Das Leben eines Hungernden dauert so lange, als die Ersatzquellen des zerstörten Proteines, Harnsäure und Fett oder Hippursäure, ergiebig genug sind. Beim Hungernden mindert sich continuirlich die Sauerstoffaufnahme, die Kohlensäure und Harnstoffausscheidung, weil die Zerstörung nothwendig immer im Verhältniss der noch vorhandenen Masse erfolgen muss. (N. VII.)

Verhältniss des angezogenen Sauerstoffes zu dem in der Kohlensäure ausgeathmeten.

Es ist beim Fleischfresser nach V:

$$[25a + h(333 + 366f)] O > 2 [25\gamma + h(121 + 132f)] O$$

d. h. die angezogene Sauerstoffmenge ist grösser, als die in der abgestossenen Kohlensäure enthaltene. Es war nämlich nach N. 52

$$\alpha = 840 p - 6h,$$

$$\gamma = 350 p - 6h,$$

also hat man:

$$21000 p + 183 h + 366 hf > 17500 p - 58 h + 264 hf,$$

oder

$$3500 p + 241 h + 102 hf > 0.$$

Beim Pflanzenfresser dagegen ist die eingeathmete Sauerstoffmenge kleiner als die in der Kohlensäure ausgeathmete, nämlich nach VI:

$$(840 p\beta + 24 c + 366 f - 67,2 h\beta) O$$

kleiner als

$$2 (350 \beta p + 12 c + 204 cc' + 132 f - 28 h\beta) O,$$

was schon aus einer oberflächlichen Betrachtung dieser Ungleichung hervorgeht. Tilgt man nämlich in beiden Sauerstoffmengen alles Gemeinschaftliche, so verhält sich

$$\frac{\text{Einathmungssauerstoff}}{\text{Ausathmungssauerstoff}} = \frac{140 p\beta + 102 f}{11,2 h\beta + 408 cc'}.$$

Da f die Oxydationsfähigkeit des Fettes neben Protein bezeichnet und diese an sich nicht gross ist, neben Protein aber sehr klein wird, so können $102 f$ im Zähler des vorstehenden Bruches vernachlässigt werden. Da ferner $\beta < 1$ und beim Pflanzenfresser immer $p < h$ und cc' nahe $= 1$ ist, wie sich weiter unten zeigen wird, so ist offenbar

$$140 p\beta < 11,2 h\beta + 408 cc'.$$

Die eben besprochenen Eigenthümlichkeiten unserer beiden Ernährungsgleichungen widersprechen beim Pflanzenfresser einigen Erfahrungen. Nach diesen soll auch beim Pflanzenfresser die Menge des angezogenen Sauerstoffes grösser sein, als die Menge des in der Koh-

lensäure ausgeathmeten. Nach *Dulong* verzehren die Pflanzenfresser $\frac{1}{10}$, die Fleischfresser $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ mehr Sauerstoff, als sie in der Kohlensäure ausathmen. *Allen* und *Pepys* beobachteten beim Meerschweinchen, dass der angezogene Sauerstoff dem in der Kohlensäure gleich sei. *Dulong* fand, in Uebereinstimmung mit *Gay-Lussac*, dass überall mehr Sauerstoff angezogen, als in der Kohlensäure ausgeathmet wird. Bei Pflanzenfressern soll nach ihnen das Mehr über $\frac{1}{5}$, bei Hunden und Katzen bis $\frac{1}{2}$ betragen. Dasselbe hat *Despretz* wahrgenommen.

Aus diesen Erfahrungen ergibt sich indessen weiter nichts, als dass das Verhältniss des in der Kohlensäure abgestossenen Sauerstoffes zum angezogenen kein constantes ist, sondern nach der Natur des Thieres, des Futters und der Umstände, unter welchen es lebt, sich verändert. Es haben daher diese Erfahrungen keine allgemeine Bedeutung, wie überhaupt keine Erfahrung und insbesondere keine experimentale, da sich eine solche immer nur auf einen speciellen Fall bezieht, sondern es haben nur grosse Reihen von Erfahrungen einigen Werth. Die eben angeführten können daher auch keinen Maasstab für unsere Gleichungen abgeben. Uebrigens stimmt die Gleichung der Fleischfresser damit im Allgemeinen überein. Es wird sich späterhin, bei der Betrachtung der Nahrungsstoffe, zeigen, dass die Ernährungserscheinungen bei derselben Thierart beim Gebrauch verschiedner Nahrungsstoffe sehr verschieden sein können, dass die Erscheinungen bei kleinen Pflan-

zenfressern wesentlich von denen grosser abweichen und dass jene den Fleischfressern sich nähern können. Alle vorhin angeführten Beobachter haben aber nur mit kleinen Thieren experimentirt. Aus unsern beiden bis jetzt aufgestellten Ernährungsgleichungen folgen also als besondere Ergebnisse:

VIII. Bei den Fleischfressern ist im Allgemeinen die Menge des eingeathmeten Sauerstoffes grösser als die Menge des ausgeathmeten.

IX. Bei den Pflanzenfressern ist die Menge des eingeathmeten Sauerstoffes kleiner als die Menge des ausgeathmeten.

Dies stimmt mit allgemeinen Thatsachen vollkommen überein. Der Pflanzenfresser führt neben kleineren Mengen leicht oxydirbaren Proteines eine grosse Menge schwerer oxydirbare Cellulosen ein. Diese letzteren gerathen aber neben Proteinoxiden in Gährungsbewegungen, wobei sich Kohlensäure abtrennt. Hiernach muss nothwendig bei übrigens gleichen Umständen beim Pflanzenfresser mehr Kohlensäure ausgeathmet werden als beim Fleischfresser.

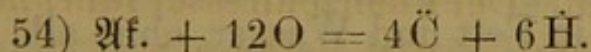
Abhängigkeit der ausgeathmeten Kohlensäuremengen von gewissen Einfuhrstoffen.

Im Normalzustand muss nach unseren Gleichungen die Menge der Kohlensäure mit der Menge der einge-

föhrten Nahrungsmittel im Allgemeinen zunehmen. Dies stimmt auch mit der Erfahrung im Allgemeinen überein. *Spallanzani*, *Prout*, *Scharling* und andere haben beobachtet, dass nach der Hauptmahlzeit die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure zunimmt. Dasselbe muss nach unseren Gleichungen mit dem aufgenommenen Sauerstoff geschehen.

Es giebt jedoch Einfuhrstoffe, durch deren Einfluss auf die Ernährung die ausgeathmete Kohlensäure vermindert wird. Z. B. soll nach dem Genuss von Spirituosen nach *Prout*, *Vierordt*, *Lehmann*, die Kohlensäure vermindert werden.

Nun ist verbrannter Alkohol (Äf.)



Damit ist also die eben angeführte Erscheinung nicht zu erklären, denn es ist der eingeathmete Sauerstoff hier zu dem in der Kohlensäure ausgeathmeten in dem Verhältniss $\frac{12}{8} = \frac{3}{2}$, also ziemlich so, wie dasselbe von *Dulong*, *Gay-Lussac*, u. a. bei der normalen Respiration beobachtet worden ist. Die Abweichung ist so klein, dass bei der verhältnissmässig nur geringen Menge Alkohol, welche genossen werden kann, der Einfluss desselben auf die Athmungserscheinungen gar nicht beobachtet werden könnte. Jedenfalls wird der Alkohol in Fett verwandelt, dann sind die Veränderungen in den Athmungserscheinungen allerdings beträcht-

licher. Wir haben aus den Gleichungen verbrannten Alkohols und Fettes

$$a \text{ Af.} + 12a\text{O} = 4a\ddot{\text{C}} + 6a\dot{\text{H}} \quad (54.),$$

$$f. \text{ f.} + 366f.\text{O} = 132f\ddot{\text{C}} + 114f\dot{\text{H}} \quad (12.),$$

also:

$$55) \quad a \text{ Af.} + (12a - 366f) \text{O} = f\text{f.} + (4a - 132f)\ddot{\text{C}} \\ + (6a - 114f)\dot{\text{H}}.$$

Bei

$$4a - 132f = 0 \text{ ist}$$

$$a = 33f$$

folglich ist:

$$56) \quad 33 \text{ Af.} + 30 \text{O} = \text{f.} + 84 \text{H.}$$

Hiernach kann Alkohol unter dem Einfluss des Sauerstoffes in Fett und Wasser, ohne alle Kohlensäure-Ausscheidung, zerfallen und also aller Kohlenstoff des Alkohols erspart werden. In diesem Falle ist das Verhältniss des eingeathmeten Sauerstoffes zu dem ausgeathmeten wie

$$\frac{30}{2 \times 0} = \frac{30}{0} = \infty,$$

was allerdings bei der Beobachtung leicht in die Sinne fällt. Dies ist jedenfalls der richtige Grund der von *Prout*, *Vierordt*, *Lehmann* u. a. gemachten Beobachtung. Eine ganz allgemeine Erfahrung, welche die so eben entwickelte Theorie bestätigt, ist die, dass Brantwein-trinker aufgeschwemmt, fettreich und geistesarm werden.

Veränderliche Erscheinungen am Harn.

Nach den Gleichungen V. und VI. ist das Erscheinen der Harn- und Hippursäure im Harn ein normwidriger Zustand. Die Normwidrigkeit ist um so grösser, je grösser die Mengen dieser Stoffe im Harn sind.

Der massenhafteste normale Bestandtheil organischen Ursprunges ist im Harn des gesunden Menschen und gesunden Thieres der Harnstoff (siehe N. 53). Jede andere organische Substanz, die sich darin befindet, ist entweder nicht geeignet gewesen, bei der Ernährung eine Verwendung zu finden und ist dann mehr oder weniger verändert aus dem Darm ins Blut und von da in den Harn gegangen, oder sie ist ein Produkt der Ernährung. In diesem letztern Fall stammt der Harn von einem kranken Menschen oder Thier und die beziehliche Krankheit ist um so bedeutender, je grösser die Menge dieser organischen Stoffe im Harn ist.

Der Mensch und das fleischfressende Thier sind um so kränker, je mehr Harnsäure im Harn erscheint. Die massenhafte Erscheinung der Harnsäure im Harn deutet immer an, dass die Proteinneubildung oder die Sauerstoffanziehung auf irgend eine Weise gestört ist. Die Harnsäure erscheint deshalb in Fiebern in grossen Mengen im Harn; ebenso bei Lungenkranken, bei Gichtischen und Steinkranken. Die Gichtknoten bestehen fast nur aus krystallisirter Harnsäure (*Lehmann*). Diese

Gichtknoten haben daher eine ähnliche Bedeutung wie die Fettanhäufung im Zellgewebe. Die Harnsäure wird hier aufgespart, weil sie wichtig für die Ernährung ist. Hungerkuren haben deshalb auch Gichtischen noch das Meiste genützt. Die grosse Bedeutung der Harnsäure bei der Ernährung geht auch schon daraus hervor, dass sie bei den Amphibien und den Vögeln durch die Kloak entleert wird, die in sehr nahen Beziehungen zum Darm steht, worauf wir später zu sprechen kommen. Bei den Gicht- und Stein-kranken scheint die Ausscheidung der Harnsäure auf einer beschränkten, oder nicht ausreichenden Sauerstoffzufuhr zu beruhen. Das Gleiche findet wohl auch bei gewissen Beschwerden der Lungenkranken statt. Dies scheint aus folgenden Thatsachen hervorzugehen:

Personen, die zur Steinbildung geneigt sind und bei reichlicher Fleischkost Harnsäuregries oder Harnsäureblasensteine erzeugen, erzeugen Gries und Steine aus oxalsaurem Kalk, wenn sie die Fleischkost mit Pflanzenkost vertauschen. Erfolgt nun die Ausscheidung von Harn- und Hippursäure wirklich aus Sauerstoffmangel, so ist dies auch bei der Oxalsäure der Fall. Es liegt also diesen drei, ihrer Form nach sehr verschiedenen Erscheinungen dieselbe Ursache zu Grunde.

Es ist nämlich

57) Oxalsäure = $\text{Ox} = 2\text{C} 3\text{O} = 2\ddot{\text{C}} - \text{O}$
oder:

58) $\text{Ox} + \text{O} = 2\ddot{\text{C}}$
d. h. wenn nicht ein Aequivalent Sauerstoff zu wenig

eingeführt worden wäre, so hätte sich die Oxalsäure in Kohlensäure umgesetzt. Was diese Theorie unterstützt, ist der Umstand, dass die Gicht und die Steinkrankheit am häufigsten bei Weintrinkern auftritt, weil hier zuviel Sauerstoff auf die Umwandlung des Alkohols, des Weinfuselöles etc. in Fett, wegen der leichten Oxydirbarkeit dieser Substanzen, verwendet wird, wie dies vom Alkohol besprochen worden ist. Ausserdem hat *Donné* die Beobachtung gemacht, dass nach dem Genusse von Champagner oxalsaurer Kalk im Harn gefunden wird. *Lehmann* beobachtete, hierdurch veranlasst, dasselbe, nach dem Genusse von Gose (noch in Gährung begriffenes Weizenbier). Dasselbe fand *Lehmann* bei doppelkohlensaurem Natron. Dagegen bemerkte er keinen oxalsauren Kalk nach dem Genusse von Selterswasser. Offenbar wird hier im Champagner, in der Gose, im doppelkohlensauren Natron, dem Blut mehr Kohlensäure zugeführt, als im Selterswasser, denn das letztere hält beim Aufhören des Druckes nur noch ein halbes Volum Kohlensäure zurück, während der Champagner von 4 Volumen nur ein halbes Volumen verliert (*Couerbe*). Diese Thatsachen zu erklären ist nur möglich, wenn die Aufnahme von Sauerstoff in das Blut an ein gewisses Verhältniss der daselbst bereits entwickelten Kohlensäure gebunden ist.

Wird wenig Sauerstoff angezogen, wenn viel Kohlensäure im Blute entwickelt ist, so fehlt Sauerstoff nicht nur zur Proteinneubildung, sondern auch dazu, den Alko-

hol, das Fuselöl etc., die im Champagner und in der Gose enthalten sind, in Fett zu verwandeln. In solchem Fall muss Harnsäure-Ueberfluss und Oxalsäure als Rest des Alkoholumsatzes in Fett übrig bleiben, welche alsdann excernirt werden. In der That haben *Becquerel* und *Lehmann* eine Vermehrung der Harnsäure nach dem Genuss spirituoser und reizender Getränke im Harn bemerkt, während *Donné* und *Lehmann* bei ähnlichen Gelegenheiten auch die Oxalsäure fanden. Bei *Lehmann* war nach *Debauchen* angeführter Art das gewöhnliche Verhältniss

$$\frac{\text{Harnsäure}}{\text{Harnstoff}} = \frac{1}{28}$$

umgewandelt in

$$\frac{\text{Harnsäure}}{\text{Harnstoff}} = \frac{1}{23\text{bis } 26}.$$

Verbindet man mit der Gleichung N. 55 noch

$$o\text{Df.} + o\text{O} = 2.0\ddot{\text{C}} \text{ (N. 58)}$$

im negativen Sinn, so entsteht:

$$\begin{aligned} 59) \quad a\text{Af.} + (12a - 366f - o)\text{O} &= o\text{Df.} + f\text{F.} \\ &+ (4a - 132f - 2.0)\ddot{\text{C}} + (6a - 114f)\text{H.} \end{aligned}$$

Soll hier aller Kohlenstoff des Alkohols erspart werden, so ist

$$o = \frac{4a - 132f}{2} = 2a - 66f.$$

Ist nun z. B.

$$a = 35f$$

so ist

$$o = 4f$$

und in diesem Fall hat man

$$60) \quad 35\text{Af.} + 50\text{O} = 5\text{Df.} + \text{F.} + 96\text{H.}$$

Während in N. 56 das günstigste Verhältniss zur Fettbildung aus Alkohol, das Verhältniss vom Alkohol zum Sauerstoff

$$\frac{\text{Alf.}}{\text{O}} = \frac{33}{30}$$

war, ist in der Gleichung N. 60:

$$\frac{\text{Alf.}}{\text{O}'} = \frac{35}{50} = \frac{33}{47,1}.$$

Hiernach ist

$$\frac{\text{Alf.}}{\text{O}} > \frac{\text{Alf.}}{\text{O}'}$$

nämlich:

$$\frac{\text{Alf.}}{\text{O}} \times \frac{\text{O}'}{\text{Alf.}} = \frac{\text{O}'}{\text{O}} = \frac{47,1}{30} = 1,57.$$

Es ist weiter:

$$\frac{\text{O}' - \text{O}}{\text{O}} = 0,57.$$

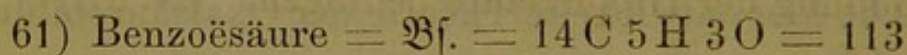
Es wäre also hiernach durch die in das Blut gebrachte Kohlensäure circa $\frac{2}{3}$ des nöthigen Sauerstoffes der Weg zum Blute versperrt worden.

Die hier entwickelte Theorie der Oxalsäurebildung findet übrigens ihre Analogie in der Oxalsäurebildung neben Cellulosen bei der Pflanzenernährung.

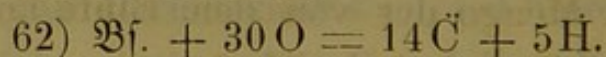
In eigenthümlichen Beziehungen zu den stickstoffhaltigen Excretionsstoffen des Urin's des Menschen und der Fleischfresser befindet sich die Benzoësäure. *Wöhler* und später *Ure* und *Keller* haben nachgewiesen, dass nach dem Genusse von Benzoësäure, Hippursäure im Harn erscheine und die Harnsäure verschwinde. *Ure* glaubte, dass die Hippursäure in diesem Fall an die

Stelle der Harnsäure trete. *Wöhler* und *Keller* haben diese Annahme als unrichtig darzuthun gesucht. *Baring Garrod* will dagegen eine constante Verminderung des Harnstoffgehaltes im Urin gefunden haben, was jedoch *F. Simons* Beobachtungen nicht bestätigen. *Lehmann*, welcher drei Tage hintereinander zwei Drachmen Benzoësäure jeden Tag verschluckte, fand die Harnsäure gar nicht, den Harnstoff im Durchschnitt nur wenig, am meisten jedoch die Ammoniaksalze vermindert. Wer von diesen Beobachtern richtig oder unrichtig beobachtet hat, lässt sich wohl niemals ermitteln: Wahrscheinlich haben alle recht. Da wir aber doch eine bestimmte Auskunft über die in Rede stehende, nicht unwichtige Erscheinung zu gewinnen suchen müssen, so wollen wir uns an die Benzoësäure deshalb wenden und sie fragen, in welchen Beziehungen sie zum Oekonomie-Princip der thierischen Ernährung steht.

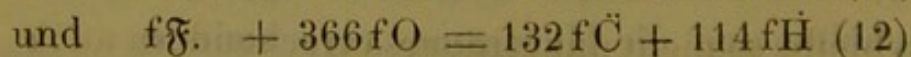
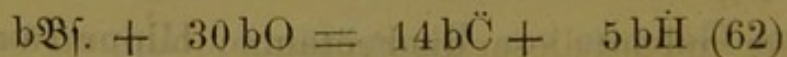
Es ist



und verbrannte Benzoësäure



Wir wollen nun zusehen, in welche Beziehungen die Benzoësäure zur Fettbildung treten kann. Zu diesem Zweck hat man:



also

$$63) \text{ b}\mathfrak{B}\text{f.} + (30\text{b} - 366\text{f})\text{O} = \text{f}\mathfrak{F}\text{.} + (14\text{b} - 132\text{f})\text{C} \\ + (5\text{b} - 114\text{f})\text{H.}$$

Bei

$$30\text{b} - 366\text{f} = 0$$

ist

$$\text{b} = 366 \frac{\text{f}}{30} = 61 \frac{\text{f}}{5};$$

mithin:

$$\text{bei } \text{f} = 5$$

$$\text{b} = 61;$$

folglich ist:

$$64) 61\mathfrak{B}\text{f.} + 265\text{H} = 5\text{f} + 194\text{C}.$$

Es kann also Benzoësäure unter blosser Aufnahme von Wasser in Fett und Kohlensäure zerfallen. Da nun hierbei abermals Kohlensäure in's Blut gelangt und damit einer Quantität Sauerstoff der Weg abgeschnitten wird, so veranlasst die Benzoësäure beim Menschen und bei Fleischfressern ein ähnliches Verhältniss, wie die Cellulosen bei den Pflanzenfressern, wo die Cellulosen die Bildung der Hippursäure bedingen. (N. 37.)

Wenn nun die vorhin gemachte Annahme richtig ist, dass die Menge des von dem Blute angezogenen Sauerstoffes im umgekehrten Verhältniss zu der im Blute enthaltenen Kohlensäure steht, so wird durch die Aufnahme von Benzoësäure ins Blut dessen Kohlensäuregehalt vergrössert. Dadurch aber wird die Sauerstoffanziehung und mit dieser die Proteinneubildung vermindert. Es bleibt so nicht nur Hippursäure, sondern auch Harnsäure zur Excretion übrig. Da nun die Ausath-

mung der Kohlensäure continuirlich erfolgt, so muss auch continuirlich Sauerstoffanziehung stattfinden. Die zur Excretion disponible Hippur- und Harnsäure kann also nach Umständen als solche excernirt werden, oder auch unter Aufnahme von Sauerstoff in Harnstoff und Kohlensäure zerfallen, denn nach N. 20 ist

$\text{Hf.} + 4\text{H} + 6\text{O} = 2\text{Hf.} + 6\text{C}$
und nach N. 21

$\text{Hp.} + 36\text{O} = \frac{1}{2}\text{Hf.} + 17\text{C} + 6\text{H.}$

Wir müssen jetzt noch untersuchen, welche von diesen beiden Säuren zur unveränderten Ausscheidung sich vorzugsweise eignet. Wir wollen diese Untersuchung so führen, dass wir vielleicht dabei noch einiges Licht über die Richtigkeit oder Unrichtigkeit der nothwendig gewordenen Annahme gewinnen, dass die Anziehung des Sauerstoffes des Blutes im umgekehrten Verhältniss zur daselbst befindlichen freien Kohlensäure geschehe. Der hierbei einzuschlagende Weg fällt von selbst in die Augen. In den empirischen Formeln der Hippur- und Harnsäure sind sehr nahe gleiche Massen enthalten. Bezeichnen wir nun das Verhältniss des Sauerstoffverbrauchs von Harn- und Hippursäure mit:

$$\frac{\text{O (Hf.)}}{\text{O (Hp.)}}$$

und das der Kohlensäureabscheidung bei ihrer Umwandlung in Harnstoff mit:

$$\frac{\text{C (Hf.)}}{\text{C (Hp.)}}$$

so hat man bei fast gleichen Massen

$$\frac{O \text{ (Sf.)}}{O \text{ (Sp.)}} = \frac{6}{36} = \frac{1}{6}$$

$$\text{und } \frac{\ddot{O} \text{ (Sf.)}}{\ddot{O} \text{ (Sp.)}} = \frac{6}{17}, \text{ ziemlich } = \frac{1}{3}.$$

Während also die Hippursäure 6 mal soviel Sauerstoff verlangt als die Harnsäure, um in Harnstoff verwandelt zu werden, bringt sie dabei dreimal soviel Kohlensäure in's Blut als diese. Da nun die Hippursäure niemals im Harn fehlt, wenn Benzoësäure verschluckt wird, wohl aber die Harnsäure fast immer ausbleibt, so folgt hieraus, dass überhaupt die Sauerstoffanziehung bei der Harnsäure grösser ist, als bei der Hippursäure. Hiernach ist es also die Harnsäure, welche vorzüglich durch den Einfluss des Sauerstoffes in Harnstoff und Kohlensäure zerlegt wird. Obgleich hierbei nur verhältnissmässig wenig Kohlensäure im Blute sich anhäuft, so kann doch zuweilen der Sauerstoffmangel so gross werden, dass neben der Hippursäure auch noch Harnsäure im Harn erscheint, welche nicht in Harnstoff verwandelt werden konnte. Aber auch diese Erscheinung kann nicht erklärt werden, wenn man nicht annimmt:

X. Die Sauerstoffanziehung des Blutes vermindert oder vermehrt sich, wenn die Kohlensäure daselbst sich beziehungsweise vermehrt oder vermindert; es wird also wenig Sauerstoff aufgenommen, wenn viel Kohlensäure zugegen ist und umgekehrt.

Dieser Satz ist allerdings bei dem jetzigen Stand der Dinge noch nicht strenger zu erweisen und man muss sich einstweilen mit dieser Herleitung zufrieden stellen. Sind doch wohl selbst alle wichtigen mathematischen Wahrheiten zunächst nur durch Induction aufgefunden worden.

Auch bei den Pflanzenfressern steht die Benzoëssäure mit der Hippursäure in einem bestimmten Wechselverhältniss. Bei einem Pferd, das 16 Stunden gehungert hatte, zeigte sich Benzoëssäure im Harn, während er vor dem Versuch Hippursäure enthielt (*Lehmann*). Nach demselben Forscher excernirten von 30 kranken Pferden 29 Hippursäure, und nur eins Benzoëssäure. Diese Erscheinungen erklären sich jetzt von selbst. Das hungernde Pferd hatte gewiss ein grösseres Bedürfniss zur Proteinneubildung, als zur Fettbildung aus Benzoëssäure, denn alle Vorgänge der Ernährung stehen doch zuletzt noch unter dem Einfluss der Seele. Es excernirte die Benzoëssäure, damit die Kohlensäure, welche bei ihrer Umwandlung in Fett ins Blut gelangt, nicht den Zutritt des Sauerstoffes verhinderte, der zur Umwandlung der Hippursäure in Protein erforderlich war. Bei den 29 kranken Pferden erschien die Hippursäure, weil die Proteinneubildung aus irgend einer Ursache gestört war.

Albumin wird ebenfalls nur normwidrig im Harn gefunden. Es zeigt sich nur bei krankhaften Zuständen daselbst. Constant ist es im Harn bei der *Bright-*

schen Nierendegeneration (*Nephritis albuminosa*). Die Menge des Albumines ist hier oft so gross, dass dasselbe beim Gerinnen in der Hitze den ganzen Harn einschliesst, und diesen beim Umkehren des Gefässes am Ausfliessen verhindert. Doch hat der Arzt in solchem Fall nicht immer die *Nephr. album.* vor sich. In solchen Mengenverhältniss sah ich das Albumin im Harn eines sehr kräftigen und robusten Mädchens, welches lange Zeit an einem so heftigen Kopfschmerz litt, dass sie oft delirirte und deshalb von ihren Umgebungen für wahnsinnig gehalten wurde. Nachdem ihr ein Vesikator auf den kahlgeschornen Scheitel gelegt worden war, verlor sich der Kopfschmerz und mit ihm die Eiweissausscheidung sehr schnell.

Auch die Milchsäure (*Mf.*) im Harn ist eine krankhafte Erscheinung. Sie findet sich nach *Lehmann* theils frei, theils an Alkalien gebunden daselbst; was jedoch *Liebig* in Abrede stellt. Nach *Lehmann* ist dieselbe ein Bestandtheil aller thierischen Flüssigkeiten und ein constanter Bestandtheil des Harnes von Diabetischen.

Der Traubenzucker (*Tr.*) findet sich nur im Harn Diabetischer. Dieser und die Milchsäure können nur aus Fett entstehen. Bei einem Kranken dieser Art, der auf meine Veranlassung drei Tage hintereinander täglich 12 Loth Rohrzucker genoss, fand sich nicht mehr Traubenzucker im Urin, als bei reiner und anhaltender Fleischkost; also hatte der eingeführte Zucker keinen Antheil an der Bildung des ausgeführten.

Es ist

$$f\mathfrak{F}. + 366 f O = 132 f \ddot{C} + 114 f \dot{H},$$

$$m \mathfrak{M}f. + 12 m O = 6 m \ddot{C} + 5 m \dot{H},$$

$$t \mathfrak{T}r. + 24 t O = 12 t \ddot{C} + 12 t \dot{H}.$$

Hieraus folgt

$$65) f\mathfrak{F}. + (366 f - 12 m - 24 t) O = m \mathfrak{M}f. + t \mathfrak{T}r. \\ + (132 f - 6 m - 12 t) \ddot{C} + (114 f - 5 m - 12 t) \dot{H}.$$

Jedenfalls ist bei einem solchen Kranken die Oekonomie in Absicht auf den Kohlenstoff nicht aufgegeben.

Setzen wir daher:

$$132 f - 6 m - 12 t = 0,$$

also:

$$t = \frac{22 f - m}{2} = 11 f - \frac{m}{2},$$

so ist bei

$$m = 2$$

$$\text{und } f = 1$$

$$t = 10$$

und es ergibt sich aus der obigen Gleichung:

$$66) \mathfrak{F}. + 102 O = 2 \mathfrak{M}f. + 10 \mathfrak{T}r. + 92 \dot{H}.$$

Bei dieser Umwandlung wird also keine Kohlensäure ausgeschieden und dadurch dem Gesetz No. X. ein grösserer Einfluss gestattet, der sich vorzugsweise auf die Proteinzerstörung richtet, weshalb solche Kranke bald muskeldürftig und fettarm werden, wenn sie selbst nur Fleischkost geniessen.

Ein solcher Kranker entleert demnach bei der Zerstörung von

1002 Fett

unter Einfluss von

816 Sauerstoff,

162 Milchsäure,

1800 Traubenzucker,

und 2024 Wasser.

Die jetzt besprochenen Erscheinungen am Harn sind die wichtigsten für die Praxis. Die mit bloß theoretischen Reizen können hier unberührt bleiben. Es hat sich also aus den bisherigen Untersuchungen weiter ergeben:

XI. Mit Ausnahme des Harnstoffes sind alle organischen Substanzen, die im Harn auftreten, pathologischer Natur, und ihre Bedeutung ist um so grösser, je massenhafter sie im Harn erscheinen.

Wenn *Becquerel* von seinem Standpunkt den Harnsedimenten jede kritische Bedeutung abspricht, so muss ich ihm hierin von meinem Standpunkt vollkommen beipflichten. Ferner folgt aus unsern bisherigen Untersuchungen:

XII. Es giebt Krankheitsgruppen, welche durch einen zu beschränkten Einfluss des Sauerstoffes bei der Ernährung zum Vorschein kommen (Gicht, Steinkrankheit); andere die ihren Ursprung in einer zu grossen Begünstigung dieses Einflusses haben (*Diabetes mellitus*). Ihre rationelle Behandlung stützt sich auf N. X.

Meine hierher gehörigen Erfahrungen sind weder alt, noch sehr zahlreich. So viel scheint aber unzweifelhaft zu sein, dass die Behandlung der Gicht und des *Diabetes mellitus* im Sinne der hier entwickelten Theorie schnellere und glänzendere Resultate ergiebt, als alle andern bisher bei ihnen empfohlenen Behandlungsweisen. Dabei haben jene den Vorzug, dass sie für die Kranken wenig lästig, weil sie fast nur diätetischer Natur sind.

Excretionen der Frauen und der weiblichen Thiere.

Die Excretionen der Frauen unterscheiden sich, vor dem Alter der Pubertät und nach dem Aufhören der Menstruation, nur wenig von denen männlicher Individuen.

Nach *Andral* und *Gavarret* ist das durchschnittliche Verhältniss der ausgeathmeten Kohlensäure bei Frau und Mann wie in

$$\frac{\text{C} (\text{M.})}{\text{C} (\text{F.})} = \frac{17}{10}.$$

Es muss also nach N. X. das Verhältniss des angezogenen Sauerstoffes wie in

$$\text{XIII. } \frac{\text{O} (\text{M.})}{\text{O} (\text{F.})} = \frac{10}{17} \text{ sein.}$$

Das erste dieser Verhältnisse ist in den Abdunstungsflächen der Lungen bei beiden Geschlechtern be-

gründet. Im Allgemeinen ist nämlich der Lungenraum der Frau kleiner als der Lungenraum des Mannes.

Nach diesem Verhältniss der Lungenräume muss sich im Allgemeinen die Abdunstung der Kohlensäure richten.

Bei dem zweiten Verhältniss soll der Mann weniger Sauerstoff verbrauchen als die Frau. Es würde also bei jenem weniger Protein zerstört als bei dieser. Der Mann aber ist arbeitsfähiger als die Frau und so wird mit diesem Verhältniss abermals X. bestätigt.

Die befruchteten weiblichen Individuen excerniren in massenhafter Weise Proteinkörper und Fettarten, vorzüglich unter der Form mehr oder weniger entwickelter Eier; die säugenden in der Milch Proteinkörper, Butter und Milchzucker.

Der Milchzucker ist mit in der Gruppe C. begriffen und es ist nach N. 17

$$\text{F.} + 102 \text{ O} = 11 \text{ C.} + 4 \text{ H.}$$

Es kann also Fett unter Aufnahme von Sauerstoff in eine Cellulose und Wasser zerfallen.

Nun ist:

$$\begin{aligned} 67) \text{ Milchzucker} &= 5 \text{ C } 4 \text{ H } 4 \text{ O} + \text{H} = \mathfrak{M}_3. \\ &= 5 \ddot{\text{C}} + 4 \dot{\text{H}} - 10 \text{ O} - 4 \text{ O} \\ &\quad + 4 \text{ O} + \text{H}, \end{aligned}$$

also ist:

$$68) \mathfrak{M}_3 + 10 \text{ O} = 5 \ddot{\text{C}} + 5 \dot{\text{H}}.$$

Ferner

$$f \mathfrak{F}. + 366 f O = 132 f \ddot{C} + 114 f H \text{ (N. 12.)},$$

$$m \mathfrak{M}_3. + 10 m O = 5 m \ddot{C} + 5 m H,$$

daher:

$$\begin{aligned} 69) \quad f \mathfrak{F}. + (366 f - 10 m) O &= (132 f - 5 m) \ddot{C} \\ &+ (114 f - 5 m) H + m \mathfrak{M}_3. \end{aligned}$$

Soll möglichst wenig Kohlensäure erzeugt werden, um der Proteinneubildung nicht durch gehemmte Zufuhr von Sauerstoff hinderlich zu werden (N. X.), so ist

$$5 m = 132 f;$$

also:

$$m = \frac{132 f}{5},$$

folglich:

$$\text{bei } f = 5$$

$$m = 132,$$

und damit ist nach N. 63:

$$70) \quad 5 \mathfrak{F}. + 90 H + 510 O = 132 \mathfrak{M}_3.$$

XIV. Fett wird also unter Aufnahme von Wasser und Sauerstoff ohne alle Abtrennung von Kohlensäure in Milchzucker umgewandelt.

Da aber der Sauerstoff neben vielen Protein nicht in so grossem Maass auf Fett einwirken kann, so muss die Proteinausfuhr begünstigt und die Proteinzerstörung möglichst vermieden werden, wenn die Milchzuckerbildung reichlich vor sich gehen soll. Das säugende Individuum bedarf daher der Ruhe und reichlicher Nahrung. Bei anstrengender und anhaltender Arbeit tritt Magerkeit ein, wie dies die tägliche Erfahrung lehrt.

Uebersehen wir jetzt noch einmal die besondern Excretionsstoffe weiblicher Individuen, so zeigt sich, dass die Ernährungsgleichungen derselben keine andern sind, als die unter V. und VI. aufgestellten. Ihre besondern Excretionsstoffe sind Fett und Protein, oder sie stammen von Fett und Protein her. Dies hat aber keinen Einfluss auf die Qualität der Ernährung. Dieser Einfluss macht sich blos in der Quantität der einzuführenden Nahrungsstoffe bemerkbar. Wird viel Fett und Protein excernirt, muss viel davon im Futter eingeführt werden. Es verdienen also die Excretionen weiblicher Individuen hier keine weitere besondere Besprechung.

Nähere Bedingungen zur Fettbildung aus den Cellulosen und Heerde der Fettbildung.

In der bisher entwickelten Ernährungstheorie sind noch Dunkelheiten in der Genesis der Fettbildung bemerkbar. Wenn auch nicht geleugnet werden kann, dass die entferntere Ursache der Fettbildung bei den Pflanzenfressern in den Cellulosen enthalten ist, so ist doch auch nicht zu verkennen, dass die allgemeinste und massenhafteste Substanz in der Gruppe der Cellulosen des Amylon ist und dass also die grösste Fettmenge von diesem seinen Ursprung haben muss (N. 15 und Seite 33 und 34). Diese und andere Cellulosen sind aber nicht flüssig und können im festen Zustande nicht in den Chylus und

von da in's Blut gelangen. Auch findet man im Blute, in der Lymphe und im Chylus, keine, oder doch sehr zweifelhafte, Spuren der Cellulosen und doch kann nicht geleugnet werden, dass der Mittelpunkt aller Ernährungserscheinungen, also auch der Fettbildung, das Blut, der Chylus und die Lymphe sind. Es müssen demnach die Cellulosen in einer solchen flüssigen Form in den Chylus und in das Blut übergehen, die schon im Moment der Verflüssigung zur Fettbildung geeignet und geneigt ist. Die Milchsäure scheint diesen Bedingungen mit ihren nahen Beziehungen zum Amylon am meisten zu entsprechen. Sie findet sich nach *Lehmann* in allen thierischen Flüssigkeiten; im Chymus, im Chylus, im Blut, im Harn etc. Nach *Lehmann*, *Richardson* und *Hünefeld* ist sie im Blut an Natron gebunden und nach *Hünefeld*, mit Ausnahme des Kochsalzes, das hauptsächlichste Salz des Blutes. Im Blut des Ochsen fand *Berzelius* blos milchsaures Kali.

Nun ist:

$$71) \text{ Milchsäure} = \mathfrak{M}. = 6\text{C } 5\text{H } 5\text{O}$$

also

$$2\mathfrak{M}. = 12\text{C } 10\text{H } 10\text{O} = \mathfrak{C}.$$

Setzt man diese Form von $\mathfrak{C}$. in die Gleichung N. 15 so ergiebt sich

$$72) 2 \times 61 \mathfrak{M}. = 4 \mathfrak{F}. + 204 \ddot{\text{C}} + 154 \text{H}.$$

Es kann also auch die Milchsäure ohne, oder mit nur geringer Sauerstoffaufnahme, in Fett, Kohlensäure und Wasser zerfallen, wie die Benzoësäure.

Eine Vergleichung des Blutes mit dem Chylus giebt sogleich die Gewissheit, dass der Heerd der Fettbildung in den Chylusgefässen ist. Nach Durchschnittszahlen aus verschiedenen Untersuchungen des Blutes und des Chylus vom Pferde giebt *Nasse* aus eigenen und fremden Untersuchungen in 1000 folgende Mengenverhältnisse an:

73)	Blut.	Chylus.
Wasser	810,00 . . .	935,00,
feste Bestandtheile	190,00 . . .	65,00,
Blutkörperchen	92,80 . . .	4,00,
Faserstoff	2,80 . . .	0,75,
Eiweiss	80,00 . . .	31,00,
Fett	1,55 . . .	15,00.

Bei Katzen:

Wasser	810,00 . . .	905,00,
Blutkörperchen	115,00 . . .	
Eiweiss und Extractivstoff	61,00 . . .	48,90,
Faserstoff	2,40 . . .	1,30,
Fett	2,70 . . .	32,70.

Im Chylus nüchterner Pferde sind in 1000 nur Spuren von Fett; im Chylus von mit Hafer gefütterten Pferden in 1000 8,2 Fett.

Es ist also im Chylus immer mehr Fett enthalten als im Blute.

Tiedemann und *Gmelin* haben gefunden, dass der Chylus der mit Fett gefütterten Thiere fettreicher ist, als der von Thieren, die mit andern Stoffen gefüttert

worden waren. Es kommt also jedenfalls ein Theil des in vorstehenden Angaben im Chylus enthaltenen Fettes auf Rechnung der von aussen eingeführten fettartigen Substanzen. Die sonstigen Beobachtungen über den Chylus sind einander so widersprechend und unsicher, dass ich es nicht wage, mich auf irgend eine zu stützen.

XV. Jedenfalls sind die speciellern Orte der Fettbildung die capillaren Verzweigungen der Chylusgefässe.

Dies scheint auch aus den Beobachtungen von *Nasse* hervorzugehen, welcher den Chylus des *duct. thoracic.* fettarmer fand, als den in den feinem Verzweigungen der Chylusgefässe. Durch nichts wird dies aber schärfer bewiesen, als durch die Beobachtung *Wöhlers*, dass freie Pflanzensäuren unverändert in's Blut und von da als pflanzensaure Alkalien in den Urin gelangen, während nach dem Genuss von pflanzensauren Alkalien nur kohlen-saure Alkalien in den Harn übergehen. Bei allen organisch-chemischen Processen und auch bei der Fettbildung spielen die Alkalien eine wichtige, aber noch gänzlich unbekannte, Rolle. Alkalische Stoffe fehlen in keinem Organismus und dürfen daselbst ohne Nachtheil nicht fehlen. Angenommen nun, die Fettbildung habe unter Mitwirkung von Alkalien nur in den capillaren Theilen der Chylusgefässe ihren Sitz, so werden freie organische Säuren, wenn sie dahin gelangen, die daselbst zur Fettbildung

nöthigen Alkalien an sich reissen und sich dadurch ihrer Verwandlung in Fett entziehen, weil nun durch den Mangel der nöthigen Alkalien die Fettbildung jetzt gar nicht, oder nur in geringem Maasse, stattfinden kann. Ganz anders muss der Erfolg sein, wenn pflanzensaure Salze in die feinsten Verzweigungen der Chylusgefässe gerathen; sie werden alsdann der vollen fetterzeugenden Kraft dieser Theile ausgesetzt sein und sich der Fettbildung unterwerfen müssen. Mit den so in Ueberfluss in's Blut gelangten Alkalien wird nun ein Theil der bei der Fettbildung freiwerdenden Kohlensäure im Blute angehäuft, während ein anderer Theil an den Alkalien haften bleibt und mit diesen im Harn aufgelöst entleert wird. Ehe gegen diese Erklärungsweise der Einwand gemacht wird, dass freie Benzoësäure nicht als benzoësaures Alkali im Harn erscheint, vergleiche man die Massen der Benzoësäure mit denen anderer organischer Säuren, die z. B. erforderlich sind, ein Atom Kali zu sättigen.

Es ist z. B.

74)	Benzoësäure	=	113,
	Ameisensäure	=	31,
	Essigsäure	=	51,
	Citronensäure	=	58,
	Milchsäure	=	61,
	Weinsäure	=	66.

Von den gleichen Gewichten aller dieser Säuren entzieht die Benzoësäure dem Chylus in den Chylus-

haargefässen das wenigste Alkali. Es wird also die Kraft zur Fetterzeugung daselbst durch diesen Verlust nur wenig geschwächt. Am störendsten muss die Ameisensäure wirken, am günstigsten nach der Benzoë-säure die Weinsäure. Die etwas weniger günstige Säure ist die Milchsäure.

Freie Milchsäure wird sich nun bei der Verdauung niemals in grossen Mengen erzeugen können, denn die Cellulosen und Proteinkörper sind immer in Gesellschaft von Alkalien in der Pflanzennahrung enthalten. Es gelangen also massenhaft nur milchsaure Alkalien in die Chylushaargefässe und die Milchsäure unterliegt hier leicht der fettbildenden Kraft dieser Gefässtheile. Gegen die Richtigkeit dieser auf theoretischem Wege aufgefundenen Orte der Fetterzeugung aus stickstoff-freien Pflanzenstoffen könnte man eine Beobachtung *Lehmann's* anführen. Dieser, um sich zu überzeugen, ob wirklich die pflanzensauren Alkalien in dem vom Blute angezogenen Sauerstoff verbrannt würden, spritzte einem Hunde milchsaures Kali in die *Vena jugularis* und fand bereits nach einer Stunde im Harn dieses Hundes koh-lensaures Kali. Diese Erscheinung ist für *Lehmann* ein Beweis, dass die Pflanzensäuren mit Alkalien verbun-den in der That im Blute verbrannt und die dabei ge-bildete Kohlensäure mit den Alkalien ausgeführt würde. Dies könnte allerdings die Richtigkeit meiner vorhin aufgestellten Theorie sehr zweifelhaft machen, wenn man vergessen wollte, dass *Lehmann* auch die milch-

sauren Alkalien in allen thierischen Flüssigkeiten, also auch im Chymus und Chylus gefunden hat und dass sich daher gar nicht sagen lässt, das im Harn von ihm beobachtete kohlensaure Kali stamme von dem von ihm eingespritzten milchsauren her. Zumal darf man nicht aus den Augen lassen, dass der Hund bei dem Experiment sich auf's Aeusserste geängstigt hat. Es ist aber eine feststehende Thatsache, dass veränderte psychische Zustände veränderte Erscheinungen in der Ernährungs-sphäre, besonders bemerkbar aber in den Se- und Excretionen nach sich ziehen.

Wir haben nun alle wichtigen Erscheinungen bei den Excretionen, sowie bei der Fettbildung betrachtet und es hat sich nicht eine bemerken lassen, welche nicht in den Gleichungen V. und VI. vertreten wäre, ja es hat sich selbst ihre Richtigkeit an Erfahrungen bestätigt. Diese allgemeine Richtigkeit ist hinreichend festgestellt und wir können nun bei unsern weiteren Untersuchungen directer an sie anknüpfen und unbesorgt Gebrauch von ihnen machen.

Verhältnissgrösse der Ernährungsgebilde beim Pflanzenfresser und Fleischfresser.

Bezeichnen wir jetzt mit $\frac{O (P.)}{O (F.)}$ die Verhältnissgrösse des angezogenen Sauerstoffes, mit $\frac{P. (P.)}{P. (F.)}$ die

Verhältnissgrösse des neugebildeten Proteines, mit $\frac{\text{St. (P.)}}{\text{St. (F.)}}$ die des Harnstoffes, mit $\frac{\text{C (P.)}}{\text{C (F.)}}$ die der ex-

cernirten Kohlensäure, mit $\frac{\text{H (P.)}}{\text{H (F.)}}$ die des beim Er-

nährungsprocess erzeugten Wassers beim Pflanzenfresser (Zähler) und Fleischfresser (Nenner) und erinnern uns, dass f nur eine für unsere Untersuchungen unbeachtbare Grösse sein und also $f = 0$ gesetzt werden kann und setzen dann ferner der Einfachheit wegen $p = 1$, so nehmen diese Verhältnissgrössen mit N. V. und VI. die folgenden speciellen Formen an:

$$\text{XVI. } \frac{\text{O (P.)}}{\text{O (F.)}} = \frac{840\beta + 24c - 67\beta h}{25\alpha + 333h},$$

$$\frac{\text{P. (P.)}}{\text{P. (F.)}} = \frac{c(0,08h - 1)}{h - 25} = \frac{\text{C}(1 - 0,08h)}{25 - h},$$

$$\frac{\text{St. (P.)}}{\text{St. (F.)}} = \frac{\beta^2}{25c\beta} = \frac{\beta}{25c},$$

$$\frac{\text{C (P.)}}{\text{C (F.)}} = \frac{350\beta + c(204c' + 12) - 28\beta h}{25\gamma + 121h},$$

$$\frac{\text{H (P.)}}{\text{H (F.)}} = \frac{210\beta + c(154c' + 10) - 17\beta h}{28\delta + 132h}.$$

Da $\beta = 25 - 2h$ ist, so ist 12,5 das Maximum von h . Bei diesem verschwindet aller Harnstoff im Harn und aller Stickstoff ist dann in der zur Proteinneubildung erforderlichen Harn- und Hippursäure vereinigt. Indessen wird die Oekonomie mit dem Stickstoff nicht bis zu dieser äussersten Grenze getrieben, denn es fin-

det sich stets Harnstoff im Urin vor. Ein hoher Grad von Sparsamkeit wird aber doch gewiss mit der Excretion des Harnstoffes ausgeübt. Wir werden dieselbe mit $h = 12,4$ nicht zu hoch annehmen. Wird dieser Werth in α, β, γ und δ (N. 46.) gesetzt, so ist

$$\alpha = 765,6,$$

$$\beta = 0,2,$$

$$\gamma = 265,7,$$

$$\delta = 160,4.$$

Werden diese Werthe in die obigen Gleichungen substituirt und die Zähler durch die Nenner dividirt, so ergeben sich

$$A) \frac{O (P.)}{O (F.)} = \frac{0,000013 + 0,000638 c}{1},$$

$$\frac{P. (P.)}{P. (F.)} = \frac{0,078 c}{1},$$

$$\frac{Hft. (P.)}{Hft. (F.)} = \frac{0,008}{c},$$

$$\frac{\ddot{O} (P.)}{\ddot{O} (F.)} = \frac{c (204 c' + 12)}{8142} = \frac{c (34 c' + 2)}{1357},$$

$$\frac{\dot{H} (P.)}{\dot{H} (F.)} = \frac{c (154 c' + 10)}{5647} = 0,000028.$$

Für einen zweiten speciellen Fall ist

B) bei $c = 1$:

$$\frac{O (P.)}{O (F.)} = 0,000651,$$

$$\frac{\mathfrak{P}. (\mathfrak{P}.)}{\mathfrak{P}. (\mathfrak{F}.)} = 0,078,$$

$$\frac{\mathfrak{H}ft. (\mathfrak{P}.)}{\mathfrak{H}ft. (\mathfrak{F}.)} = 0,008,$$

$$\frac{\ddot{C} (\mathfrak{P}.)}{\ddot{C} (\mathfrak{F}.)} = \frac{34 c' + 2}{1357},$$

$$\frac{\ddot{H} (\mathfrak{P}.)}{\ddot{H} (\mathfrak{F}.)} = \frac{154 c' + 10}{5647} = 0,000028.$$

c' ist nur eine kleine Grösse, denn nach N. VI. findet die Proteinneubildung zur Fettbildung in dem Verhältniss $\frac{(0,08 h - p) \mathfrak{P}.}{4 c' F}$ statt.

Nimmt man das Gewicht des Thieres als Einheit an, so ist

$$75) \frac{(0,08 h - p) \mathfrak{P}. + 4 c' F}{4 c' F} = \frac{1}{4 c' F} > 1$$

woraus folgt:

$$c' < 1.$$

C) Wird für einen speciellen Fall $c' = 0,1$ genommen, so erhält man nach B

$$\frac{O (\mathfrak{P}.)}{O (\mathfrak{F}.)} = 0,000651,$$

$$\frac{\mathfrak{P}. (\mathfrak{P}.)}{\mathfrak{P}. (\mathfrak{F}.)} = 0,078,$$

$$\frac{\mathfrak{H}ft. (\mathfrak{P}.)}{\mathfrak{H}ft. (\mathfrak{F}.)} = 0,008,$$

$$\frac{\ddot{C} (\mathfrak{P}.)}{\ddot{C} (\mathfrak{F}.)} = 0,004,$$

$$\frac{\dot{H} (\mathfrak{P}.)}{\dot{H} (\mathfrak{F}.)} = 0,004.$$

Wir wollen noch den speciellen Fall

D) mit $c' = 0$ entwickeln. Hier ist

$$\frac{O (\mathfrak{P}.)}{O (\mathfrak{F}.)} = 0,000651,$$

$$\frac{\mathfrak{P}. (\mathfrak{P}.)}{\mathfrak{P}. (\mathfrak{F}.)} = 0,078,$$

$$\frac{\mathfrak{H}ft. (\mathfrak{P}.)}{\mathfrak{H}ft. (\mathfrak{F}.)} = 0,008,$$

$$\frac{\ddot{C} (\mathfrak{P}.)}{\ddot{C} (\mathfrak{F}.)} = 0,001,$$

$$\frac{\dot{H} (\mathfrak{P}.)}{\dot{H} (\mathfrak{F}.)} = 0,001.$$

Die hier und unter C entwickelten Specialverhältnisse zeigen, wie verschiedenartig nur durch c' allein die allgemeinen Verhältnisse unter XVI. sich gestalten können. Nun umfassen aber diese schon nur specielle Fälle, indem wir $p = 1$ setzten. Es sind aber p , h , c und c' continuirlich veränderliche Grössen, die jeden Werth innerhalb bestimmter Grenzen anzunehmen vermögen, es können sich also selbst bei derselben Thierart diese Verhältnisse, je nach den verschiedenen Umständen, unter denen sie sich befinden, unendlich verschieden gestalten. Hier zeigt sich recht deutlich die Unmöglichkeit, dass durch betreffende physiologische Experimente und Beobachtungen allein auch nur das leichteste

hierher gehörige physiologische Problem gelöst werden kann. Wir wollen dafür Beispiele anführen.

Hieronymi fand im Urin des Löwen bei 84,6 Pc. Wasser 15 Pc. feste Bestandtheile. In diesen aber waren 13 Pc. Harnstoff; mithin hat man:

$$13,22 + x = 15,4,$$

oder

$$x = 2,18.$$

Es waren also in diesem Harn 2,18 Pc. Harnstoff enthalten. *Fourcroy* und *Vauquelin* fanden in 100 Pferdeharn nur 0,7 Pc. Harnstoff. Also wäre nach diesen Beobachtern

$$\frac{\text{Hft. (P.)}}{\text{Hft. (F.)}} = \frac{0,7}{2,18} = 0,32 \dots$$

So wie diese Thatsachen gegeben sind, weicht diese Verhältnissgrösse sehr von der obigen des Harnstoffes ab; sie ist 8mal grösser. Nimmt man aber an, dass der Löwe nur $\frac{1}{3}$ vom Gewicht des Pferdes hatte, so ist

$$\frac{\text{Hft. (p)}}{\text{Hft. (f)}} = \frac{0,23}{2,18} = 0,107.$$

Gesetzt weiter, das Pferd habe angestrengt gearbeitet und der Löwe geruht, so kann derselbe, wenn er sich in gleichem Maasse angestrengt hat, nach den unter N. 47 angeführten Beobachtungen *Lehmans*, leicht 3 mal mehr Harnstoff absondern, als bei diesen Beobachtungen, dann wäre

$$\frac{\text{Hft. (p)}}{\text{Hft. (f)}} = \frac{0,23}{6,54} = 0,035.$$

Nimmt man bei beiden Thieren $h = 12,4$, so ist mit dem angenommenen Gewicht des Löwen wegen $\beta = 0,2$

$$\frac{\text{Hft. (p)}}{\text{Hft. (f)}} = 0,107 \cdot \frac{0,2}{c} = \frac{0,0214}{c}.$$

Wüsste man nun, dass im Futter des Pferdes $c = 3$ gewesen wäre, so würde man haben:

$$\frac{\text{Hft. (p)}}{\text{Hft. (f)}} = 0,00713...$$

was auch dem oben gefundenen Verhältniss sehr nahe käme und dabei könnten beide Thiere ihre Zeit in Ruhe verbracht haben.

An diesem Beispiel kann man erkennen, was in den meisten Fällen solchen Beobachtungen alles mangelt, um für die Wissenschaft brauchbar zu sein. Wir wollen jetzt in Bezug auf die oben N. 47 angeführten Beobachtungen *Lehmans* annehmen, dass bei diesem Beobachter $h = 12,4$ gewesen sei, so ist bei ihm

$$\frac{\text{Hft. (P.)}}{\text{Hft. (F.)}} = \frac{22,71}{44,23} \cdot \frac{0,2}{c} = \frac{0,102}{c}.$$

Demnach wäre also in der Pflanzenkost *Lehmans* $c = 12$ gewesen, denn es ist:

$$\frac{\text{Hft. (P.)}}{\text{Hft. (F.)}} = \frac{0,102}{12,7} = 0,008.$$

Wäre aber bei *Lehmann* die Stickstoffökonomie mit $h = 12,49$ bewirkt worden, dann wäre:

$$\beta = 25 - 24,98 = 0,02.$$

In diesem Fall hätte man:

$$\frac{\text{Hft. (P.)}}{\text{Hft. (F.)}} = \frac{0,0002}{c}.$$

In seiner Pflanzenkost müsste alsdann

$$c = 1,2$$

gewesen sein.

Von allen diesen Beziehungen der Arbeit, der Ruhe, des Körpergewichts, des Verhältnisses zwischen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Stoffen in den Nahrungsmitteln und von vielen andern Dingen die erforderlich wären, aus diesen Beobachtungen ein Resultat abzuleiten, erwähnen diese Forscher nichts.

Wie mannigfaltig sich auch die Zahlen in den Verhältnissen XVI. A, B, C und D gestalten mögen, so lässt sich doch immer an ihnen erkennen:

E) Die Pflanzenfresser verbrauchen, unter sonst gleichen Umständen, weniger Sauerstoff, bilden weniger Protein neu, zerstören daher auch weniger, excerniren sowohl Harnstoff als Kohlensäure und chemisch erzeugtes Wasser in geringerer Menge, als die Fleischfresser.

F) Die aufgestellten Verhältnissgrössen lösen drei der interessantesten und schwierigsten physiologischen Probleme auf die leichteste und ungesuchteste Art und mit allgemeinen Erfahrungen vollkommen übereinstimmend.

Sie zeigen, dass Pflanzenfresser im Allgemeinen grössere Anstrengungen ertragen können als Fleischfresser, weil bei jenen weniger Sauerstoff angezogen und weniger Proteinkörper bei den Anstrengungen zerstört

werden, als bei diesen. Wird durch die Erfahrung bestätigt. Zu anstrengenden Arbeiten verwendet man, durch Erfahrung belehrt, mehr Pflanzenfresser, als Fleischfresser, überhaupt bedürfen jene wegen ihrer grössern Dauerhaftigkeit nur einer geringen Pflege (Rinder, Schaafe, Ziegen). Unter den Pflanzenfressern sind es besonders das Rind und das Kameel, welche die grössten Anstrengungen ertragen. Diese grössere Dauerhaftigkeit ist von der Grösse c und c' mit abhängig, wir sehen deshalb dieselbe Erscheinung sich wiederholen, wenn wir das Zuchtpferd mit dem Zuchtrind vergleichen, jenes ist weniger dauerhaft als dieses, weil dort c und c' kleiner ist, als hier, und deshalb bei ersterem grössere Proteinmengen eingeführt werden, als bei letzterem. Denn je grösser c und c' ist, desto grösser sind die Excretionen von Kohlensäure, desto geringer die angezogenen Sauerstoffmengen, welche die Lebensenergie unterhalten (X. Seite 77). Wird ebenfalls von der Erfahrung bestätigt; der Kleinbauer muss auf das elegante Pferd verzichten und sich mit dem nützlichern Rind begnügen, weil ihm dieses mehr arbeitet und weniger kostet, als jenes.

Der Fleischfresser ferner kann wohl bei Pflanzenkost lange aushalten, nicht aber umgekehrt der Pflanzenfresser bei thierischer Nahrung. Frisst der Pflanzenfresser thierische Substanzen, so ist für ihn $c' = 0$ und $c = d$ eine sehr kleine Grösse, da hier die Cellulosen durch Fett vertreten werden und eine kleine Masse von

diesen eine viel grössere von jenen ersetzt. Es gestalten sich daher die obigen Verhältnisse ähnlich wie:

$$G) \frac{O (P.)}{O (F.)} = 0,000013 + 0,000638 df,$$

$$\frac{P. (P.)}{P. (F.)} = 0,078 df,$$

$$\frac{Hft. (P.)}{Hft. (F.)} = \frac{0,008}{df},$$

$$\frac{\ddot{C} (P.)}{\ddot{C} (F.)} = \frac{12 df}{8142},$$

$$\frac{H (P.)}{H (F.)} = \frac{10 df}{5647} - 0,000028,$$

in welchen Gleichungen df der Grenze 0 nahe kommt.

Hier ist offenbar die Harnstoffabsonderung sehr bedeutend gesteigert, während alle anderen Excretionen, sowie die Sauerstoffaufnahme, beschränkt sind. Nun ist aber eine vermehrte Harnstoffexcretion ohne entsprechend vermehrte Sauerstoffaufnahme, Kohlensäure und Wasserbildung nach unsern mathematischen Voruntersuchungen undenkbar, also ist das Bestehen des Lebens eines Pflanzenfressers bei thierischer Kost undenkbar. Der Pflanzenfresser verhungert im Ueberfluss, d. h. bei thierischer Kost, während der Fleischfresser bei Pflanzenkost ziemlich gut bestehen kann.

Hierher gehören auch die Erscheinungen am Branntweintrinker. Der Branntwein verzehrt wegen seiner leichten Oxydirbarkeit bei seiner grossen Fläche, die er im Blutsysteme dem Sauerstoff darbietet, viel von diesem, was davon übrig bleibt, wird mehr zur Protein-

zerstörung verbraucht, als zur Proteinneubildung. Es zeigt sich daher bei ihm Harnsäure im Harn und Fettanhäufung im Zellgewebe. Auf diese Weise ist bei ihm der Muskel schlecht gepflegt und er deshalb zur Arbeit wenig tauglich.

Uebrigens ist nicht die Einfuhr stickstofffreier Körper die einzige Ursache eines geringern Sauerstoffverbrauches und einer geringern Proteinzerstörung bei den Thieren und damit ihrer grössern Dauerhaftigkeit und Arbeitsfähigkeit. Es muss im Gegentheil noch andere Ursachen geben, welche die Sauerstoffanziehung verhindern und damit die Dauerhaftigkeit und Arbeitsleistung vermehren, wie z. B. bei den Insecten, die in Bezug auf ihre Körpermasse und ihren geringen Sauerstoffverbrauch sehr grosse Arbeitskräfte entwickeln, während unter andern Verhältnissen kleine Sauerstoffmengen, die sich der Blutmasse zur Verfügung stellen, selbst bei massenhaften Körpern die Lebensdauer und Arbeitskraft steigern, wie bei Amphibien und Fischen. Nur soweit ist es allgemeine Thatsache, dass mit dem geringern Sauerstoffverbrauch eine geringere Proteinzerstörung und eine erhöhte Arbeits- und Lebensfähigkeit in nothwendiger Verbindung steht.

Die thierische Wärme.

Eine der allgemeinsten und wichtigsten Erscheinungen bei den Ernährungsvorgängen ist die, dass die

Thiere von ihrer Geburt an bis zu ihrem Tod, unter den verschiedenartigsten Umständen, sich auf einer nahe gleichen Temperatur erhalten. An Versuchen, die Ursachen dieser Erscheinung zu erklären, hat es, von den ältesten Zeiten bis auf die heutige, nicht gefehlt. Noch aber ist die wahre Ursache nicht gefunden. Dies erkennt man daraus, dass die heutigen Physiologen eine Summe verschiedenartiger Wärmequellen anzunehmen für nothwendig gefunden haben. Es ist hier nicht der Ort, diese Versuche einzeln namhaft zu machen. Unter allen diesen Versuchen die Ursachen der thierischen Wärme zu erklären, hat blos ein einziger eine wissenschaftliche Berechtigung; es ist der *Lavoisiers*, der eine Erklärung dieser Erscheinung gegeben hat, welche zu seiner Zeit die einzig mögliche gewesen ist und wobei er sich ebenso gross als Physiolog, wie als Chemiker gezeigt hat. Die Physiologen zehren bis heute vorzüglich von der Theorie *Lavoisiers*. Die spätern mühevollen Arbeiten des *Dulong* und des *Despretz* haben dieselbe bedeutend verbessert, man konnte sie aber nicht zu voller Geltung bringen. Immer war die durch Verbrennung von Kohle und Wasserstoff im angezogenen freien Sauerstoff entstanden gedachte thierische Wärme unter derjenigen, welche die Thiere wirklich besitzen.

Die neuesten Versuche von *Liebig* u. a., die Theorie *Lavoisiers* zur vollen Geltung zu bringen, sind viel zu gewaltsam und lassen viel zu sehr die Willkühr erkennen, als dass sie Vertrauen verdienen könnten. Man

fand nach neuern Verfahrungsarten, dass sogar durch eine solche Verbrennung mehr Wärme entstehe, als die Thiere in der That besitzen. Dieses Plus bereitet aber den Physiologen ebenso grosse Verlegenheiten, wie jenes frühere Minus.

Es würde gegen den Geist *Lavoisiers* sündigen heissen, wenn man da auch an seiner Theorie festhalten wollte, wo sich deutlich herausstellt, dass der in das Blut aufgenommene Sauerstoff nur in sehr entfernten Beziehungen zur thierischen Wärme stehen könne. Dies muss aber der Fall sein, wenn man bemerkt, dass die Abstossung von Kohlensäure nach verschiedenen Umständen sehr verschieden ist, während doch die thierische Wärme sich nicht bemerkbar verändert; dies muss der Fall sein, wenn die Pflanzenfresser verhältnissmässig viel mehr Kohlensäure abscheiden als die Fleischfresser und dabei viel weniger Sauerstoff verbrauchen als diese und doch dabei eine mit jenen fast gleiche Wärme besitzen. Es wird die Richtigkeit der Theorie *Lavoisiers* sehr zweifelhaft, wenn es Vorgänge giebt, wo offenbar der Athmungsprocess eine Nachahmung findet, und wo die erzeugte Wärme in andern Ursachen gesucht werden muss, als in einer Verbrennung von Kohlen- und Wasserstoff in dem angezogenen Sauerstoff. Wir kennen einen solchen Vorgang in der Gährung, wo verhältnissmässig nur wenig Sauerstoff verbraucht, aber viel Kohlensäure abgeschieden wird, und wobei sich doch beträchtliche Wärmemengen ent-

wickeln. Die Bildung von Pflanzenstoffen kann im Allgemeinen nur unter Abscheidung von Sauerstoff, also unter Desoxydation erfolgen. In der Blüthenzeit ist in den Blüthen dieser Process gesteigert und dabei entwickeln sich oft sehr beträchtliche Wärmemengen, d. h. Wärme bei Desoxydationsprocessen, z. B. bei *Arum italicum*, *cordifolium* und *esculentum*. Hubert hat bei 21 ° R. die Wärme der Blüthenkolben von *Arum cordifolium* 45 ° R. und darüber gefunden, also viel höher als beim heissblütigsten Thier. Hierbei kommen auch keine Nerven ins Spiel, von welchen man ebenfalls einen Theil der thierischen Wärme hat abhängig machen wollen. Dieser Umstand zeigt aber auch, dass es noch andere chemische Vorgänge als Verbrennungen im gemeinen Sinn und mechanische Vorgänge giebt, bei welchen Wärme und Kohlensäure frei werden und dass die Theorie *Lavoisiers* einseitig ist.

Noch immer giebt es kein Recht andere Wärmequellen bei den Thieren anzunehmen, als chemische und mechanische. Alle sonstigen Folgerungen, welche die Physiologen nach dem Princip

„*post hoc, ergo propter hoc*“

über die Ursachen der thierischen Wärme gemacht haben, sind durchweg wenig wissenschaftliche zu nennen. Ganz besonders gilt dies von den Folgerungen, die sie aus den Folgen durchschnittener und zerstörter Nervenparthien in Absicht auf das Empfindungsleben und auf die thierische Wärme gaemcht haben.

Die unverkennbare wesentliche Gleichheit der Vorgänge bei der Gährung und der Ernährung säugender Pflanzenfresser, wovon weiterhin die Rede sein wird, nöthigt mich, an blos chemisch-mechanischen Ursachen der thierischen Wärme festzuhalten und sie mit *Lavoisier* in engen Beziehungen mit der abgeschiedenen Kohlensäure und dem abgetrennten Wasser zu sehen, die selbst aber nur in entfernten Beziehungen zu dem dabei verbrauchten Sauerstoff sich befinden; denn im Allgemeinen steigert sich die thierische Wärme mit der Lebhaftigkeit der chemischen Processe und der Kohlensäure-Abscheidung, sie ist bei den höhern Thieren höher als bei den niedern. Diese Annahme wird zum Theil durch N. X nothwendig gemacht, theils sprechen aber für sie auch folgende Thatsachen. Ein Rind von 1000 Pfund Gewicht hat ziemlich dieselbe Wärme wie eine lothschwere Maus. Beide verlieren Wärme durch die Ausstrahlung und diese richtet sich nach der Oberfläche, welche die Körper derselben darbieten. Die Maus aber strahlt nach ihrer Oberfläche verhältnissmässig circa 1000 mal mehr Wärme aus als das Rind, sie müsste also, wenn die *Lavoisier'sche* Theorie von der Entstehung der thierischen Wärme wörtlich zu nehmen wäre, verhältnissmässig 1000 mal mehr Nahrungsmittel und 1000 mal soviel Sauerstoff in derselben Zeit verzehren als das Rind, d. h. 32,000 Mäuse müssten in derselben Zeit 1000 mal soviel Futter und 1000 mal soviel Sauerstoff verbrauchen als das Rind, wenn sie sich auf derselben Temperatur er-

halten wollten. Dies widerspricht allen Erfahrungen. Vergleicht man aber die Thätigkeit der Maus mit der des Rindes, so wird man wahrscheinlich nicht weit von der Wahrheit abkommen, wenn angenommen wird, ihre Muskeln verrichten in derselben Zeit 1000 mal soviel Arbeit als die des Rindes. Es ist also die thierische Wärme mit von mechanischen Gesetzen abhängig. Dies folgt auch aus Erfahrungen, die man an Bienenschwärmen gemacht hat. Wenn im Bienenstock ein Bienenschwarm braust, so steigert sich die Wärme darin so hoch, dass die Bienen sterben, ja oft sollen die etwa im Stock befindlichen Glasscheiben zerspringen, wenn nicht der Stock gelüftet wird. Während aber die Bienen brausen, fressen sie nicht und ebenso ist es undenkbar, dass sie während der Brausbewegungen vielmehr Sauerstoff verbrauchen, als bei ruhigerer Arbeit.

Ohne Zweifel ist die Physik und Chemie bis heute noch nicht dahin gelangt, dass bei ihnen eine so specielle Ausdrucksweise über die Ursachen der thierischen Wärme in Anwendung gebracht werden könnte, wie dies *Lavoisier* gethan hat. Seine Theorie wird vorläufig die einzig zulässige bleiben müssen, wenn man ihr nur eine allgemeinere Fassung ertheilt.

Offenbar ist die thierische Wärme nichts weiter, als eine Erscheinung, welche eine grosse Anzahl Arbeiten chemischer und mechanischer Kräfte begleitet, welche durch psychische Einflüsse modificirt werden. Die Arbeit dieser Kräfte selbst muss an Materie ver-

richtet werden. Die Wärme ist nur eine Eigenschaft der Materie. Es wird sich also in dieser Angelegenheit zunächst einfach um die Frage handeln: an welchen Materien erkennt man die wärmeerzeugenden chemischen und mechanischen Arbeiten des Thieres und des Menschen? Ist es das Protein, oder der Harnstoff oder die Kohlensäure oder das Wasser, oder sind es alle diese Stoffe zusammen genommen?

Wir wollen hierüber die Gleichungen unter N. XVI befragen. Um die Frage so einfach als möglich an sie zu stellen, wollen wir ihr folgende Fassung geben: wie gestalten sich die Erscheinungen an den Gleichungen N. XVI, wenn $\beta = 0$ wird? In diesem Fall wäre die Stickstoffökonomie bis an die äusserste Grenze getrieben. Aller Stickstoff des zerstörten Proteines wäre jetzt in der Harnsäure, oder in der Hippursäure enthalten, denn es wird kein Harnstoff abgesondert.

In diesem Fall ist:

$$\begin{aligned} \text{H)} \quad \frac{\text{O (P.)}}{\text{O (F.)}} &= \frac{24c}{23287} = \frac{24}{2,76} c, \\ \frac{\text{P. (P.)}}{\text{P. (F.)}} &= 0, \\ \frac{\text{Hft. (P.)}}{\text{Hft. (F.)}} &= 0, \\ \frac{\ddot{\text{C}} \text{ (P.)}}{\ddot{\text{C}} \text{ (F.)}} &= \frac{c(204c' + 12)}{8387}, \\ \frac{\text{H} \text{ (P.)}}{\text{H} \text{ (F.)}} &= \frac{c(154c' + 10)}{5650} = \frac{c(231c' + 15)}{8387}. \end{aligned}$$

Die Erscheinung $\frac{\mathfrak{P}. (\mathfrak{P}.)}{\mathfrak{P}. (\mathfrak{F}.)} = 0$ will weiter nichts sagen, als dass der angezogene Sauerstoff eben hinreicht, eine Proteinzerstörung zu bewirken, welche der Proteinneubildung vollkommen das Gleichgewicht hält. Der in der ausgeathmeten Kohlensäure des Fleischfressers enthaltene Sauerstoff hat sich hier auf das Doppelte des eingeathmeten gesteigert, nämlich beim Fleischfresser ist nach den obigen Gleichungen

$$8387 \text{ O} < 2 \cdot 8387 \text{ O}$$

oder: $1 < 2.$

Beim Pflanzenfresser dagegen ist

$$\frac{24}{2,76} \text{ O} < 2 \cdot (204 c' + 12) \text{ O},$$

oder $1 < \frac{2 (204 c' + 12) 2,76}{24},$

oder $1 < (34 c' + 2) 1,38.$

Es ist also die in der Kohlensäure des Pflanzenfressers ausgeathmete Sauerstoffmenge beträchtlich grösser, als die beim Fleischfresser, während dieser doch mehr davon einathmet als jener. Es kann also auch nach unsern Gleichungen die Wärme beider nicht von einem Verbrennungsprocess im gewöhnlichen Sinne herrühren. Der Pflanzenfresser gäbe hiernach mehr Verbrennungsproducte aus, als der Fleischfresser, und doch ist jener nicht wärmer, als dieser. Es ist also wie nach allgemeinen Erfahrungen so auch nach unsern Gleichungen die Theorie *Lavoisiers* ihrem Wortlaut

nach unhaltbar. Fragen wir indessen weiter: woran zeigt sich denn nun aber bei dem angenommenen speciellen Fall $\beta = 0$ unserer Gleichungen die Arbeitsgrösse der chemischen und mechanischen Kräfte, die von Wärmeentwicklung begleitet ist? so geben die obigen Gleichungen die unzweideutige Antwort: an der Kohlensäure und dem chemisch-erzeugten (nicht getrunkenen) Wasser. Wir sind also wieder da angekommen, wo auch schon *Lavoisier* gewesen ist. Wir sagen aber: während durch die Arbeit chemischer und mechanischer Kräfte Kohlensäure und Wasser aus der Blutmasse abgetrennt wird, erzeugt sich die thierische Wärme. Zu ermitteln wie dies geschieht, ist eine der würdigsten Aufgaben für die Physik und Chemie. Durch einen gemeinen Verbrennungsprocess aber ist das Freiwerden von Kohlensäure, Wasser und Wärme bei der Ernährung durchaus nicht zu erklären, während wir z. B. von derselben Arbeitskraft des Wassers, oder des Dampfes, wissen, dass die Arbeitsgrösse derselben an verschiedenen construirten Maschinen sehr verschieden ist.

Die Einheit der Arbeitskraft hat sich aber zur Erzeugung der thierischen Wärmeeinheit in zwei Theile theilen müssen, indem sich die Arbeit auf zwei Arbeitsobjekte zu erstrecken hatte. Die Partialarbeiten müssen sich daher verhalten wie die Widerstände, welche die Arbeitsobjekte der Arbeitskraft entgegensetzen. Die Widerstände verhalten sich aber wie die verwendete

Arbeit. Die relative Grösse der hier in Rede stehenden Arbeiten ist daher vertreten in

$$\frac{c(204c' + 12)}{8387} \text{ bei der Kohlensäure}$$

und in

$$\frac{c(231c' + 15)}{8387} \text{ beim Wasser.}$$

Man erkennt hieraus, dass die Arbeit zur Lostrennung des Wassers grösser ist, als die zur Kohlensäure. Die relative Verhältnissgrösse dieser Arbeitsleistungen, welche in Rücksicht einer Wärmeeinheit gemacht werden, ist eine veränderliche Grösse, wie überhaupt auch die 1 aus dem streng mathematischen Gesichtspunkt keine Konstante ist. Ihre absolute Grösse hängt von den absoluten Werthen der veränderlichen p , h , c , c' ab.

In den unter N. XVI. C und D enthaltenen Arbeitsäquivalenten, welche die auf die Kohlensäure und das Wasser verwendete Arbeit der chemischen Kräfte des Thieres vertreten, ist:

$$\frac{0,00958}{0,00958 + 0,01143} = \frac{0,00147}{0,00147 + 0,001742} = 0,45,$$

wie auch:

$$\begin{aligned} & \frac{\frac{c(204c' + 12)}{8387}}{\frac{c(204c' + 12)}{8387} + \frac{c(231c' + 15)}{8387}} = \frac{204c' + 12}{435c' + 27} \\ & = 0,47 - \frac{0,7}{435c' + 27} \end{aligned}$$

die relative Arbeit ist, welche zur Abscheidung der Kohlensäure bei den angenommenen Werthen von p , h etc. erfordert wird. Daher ist

$$1 - 0,47 = 0,53$$

die Arbeit, welche unter denselben Umständen auf das Wasser kommt.

Um also die den Säugthieren eigenthümliche Wärmeinheit zu erzeugen, müssen die Arbeiten der chemischen Kräfte nach

$$\text{XVII) } \frac{\ddot{C} (\mathfrak{P}.)}{\ddot{C} (\mathfrak{F}.)} + \frac{\ddot{H} (\mathfrak{P}.)}{\ddot{H} (\mathfrak{F}.)}$$

verrichtet werden.

Auf verschieden grosse Wärmeeinheiten werden wir später bei den Ernährungsgleichungen der Vögel, Amphibien und Fische zurückkommen. Bei den verschiedenen Individuen derselben Thierklasse sind die Wärmeeinheiten ziemlich gleich, sowie sie unter sehr verschiedenen Umständen bei demselben Individuum sich nur wenig verändern. Wenn ein Diabetischer z. B. fortwährend über eine verzehrende Wärme klagt, die sich doch am Thermometer in so auffallender Weise nicht bemerkbar macht, so rührt dies nur von dem sehr kleinen Plus her, das er über die Normaleinheit mehr erzeugt. Dieses Plus der Wärme entsteht bei ihm nämlich aus dem chemisch-erzeugten Wasser, das bei der

Zersetzung des Fettes in Traubenzucker und Milchsäure erzeugt wird (siehe Seite 79 etc.).

Solche Kranke trinken daher ungemein viel, um einestheils dieses Plus von Wärme auszuführen, andernteils aber auch um den Harnstoff, den Traubenzucker und die Milchsäure aus dem Blute hinweg zu schwemmen.

Thiere mit Harnsäureexcretionen.

Wir wollen jetzt die Form bestimmen, welche die Gleichungen V und VI bei denjenigen Thieren annehmen, welche harnsaure Salze im Harn excerniren. Da bei diesen Untersuchungen nur die chemischen Elementarstoffe C, H, N und O berücksichtigt sind, so kann auch in diesen Gleichungen nur von harnsaurem Ammoniak die Rede sein. Die vorkommenden Salze sind meist sauer. Es ist nach N. 18 Seite 35

$$\begin{aligned}
 \mathfrak{H}\mathfrak{f}. &= 2 (\ddot{\text{C}} + \text{NH}_3 - \dot{\text{H}}), \\
 „ &= 2 \ddot{\text{C}} + 2 \text{NH}_3 - 2 \dot{\text{H}} + 4 \mathfrak{H}\mathfrak{f}. - 4 \mathfrak{H}\mathfrak{f}. , \\
 „ &= 2 \ddot{\text{C}} + 2 (\text{NH}_3 + 2 \mathfrak{H}\mathfrak{f}.) - 2 \dot{\text{H}} - 4 \mathfrak{H}\mathfrak{f}. , \\
 „ &= \text{S} - 4 \mathfrak{H}\mathfrak{f}. = \text{S} - 4 \mathfrak{H}\mathfrak{f}. - 16 \dot{\text{H}} + 16 \dot{\text{H}} - 24 \text{O} \\
 &\quad + 24 \text{O}, \\
 „ &= \text{S} - 4 (\mathfrak{H}\mathfrak{f}. + 4 \dot{\text{H}} + 6 \text{O}) + 16 \dot{\text{H}} + 24 \text{O}, \\
 „ &= \text{S} + 4 [2 \mathfrak{H}\mathfrak{f}. + 6 \ddot{\text{C}} - (\mathfrak{H}\mathfrak{f}. + 4 \dot{\text{H}} + 6 \text{O})] \\
 &\quad - 8 \mathfrak{H}\mathfrak{f}. - 24 \ddot{\text{C}} + 16 \dot{\text{H}} + 24 \text{O}.
 \end{aligned}$$

Nach N. 20 ist

$$0 = 2 \mathfrak{H}ft. + 6 \ddot{C} - (\mathfrak{H}f. + 4 \dot{H} + 6 O),$$

also ist

$$9 \mathfrak{H}ft. = S - 24 \ddot{C} + 16 \dot{H} + 24 O.$$

Vorhin ist gesetzt worden:

$$S = 2 \ddot{C} + 2 (NH_3 + 2 \mathfrak{H}f.) - 2 \dot{H},$$

also ist

$$76) \quad 9 \mathfrak{H}ft. = 2 (NH_3 + 2 \mathfrak{H}f.) + 14 \dot{H} - 22 \ddot{C} + 24 O.$$

Wird diese Gleichung multiplicirt mit

$$\frac{25}{9} \beta = 2,777 \dots \beta$$

so ist

$$25 \beta \mathfrak{H}ft. = 5,55 \dots \beta (NH_3 + 2 \mathfrak{H}f.) + 38,9 \beta \dot{H} - 61,1 \beta \ddot{C} + 66,6 \beta O.$$

Setzt man diesen Werth von $25 \beta \mathfrak{H}ft.$ in die Gleichung V, so ist:

$$V_{(1)} \quad 3 hf + [25 \alpha + h (333 + 336 f) - 66 \beta] O =$$

$$\begin{aligned} & (h - 25 p) \mathfrak{B}. + 5,555 \beta (NH_3 + 2 \mathfrak{H}f.) \\ & + [25 \gamma + h (121 + 132 f) - 61 \beta] \ddot{C} \\ & + [25 \delta + h (132 + 114 f) + 39 \beta] \dot{H}. \end{aligned}$$

Nach N. 76 ist ferner:

$$77) \quad \mathfrak{H}ft. = 0,22 (NH_3 + 2 \mathfrak{H}f.) - 2,44 \ddot{C} + 1,55 \dot{H} + 2,66 O,$$

also:

$$\begin{aligned} \frac{\beta^2}{c} \mathfrak{H}ft. = \frac{0,22 \beta^2}{c} (NH_3 + 2 \mathfrak{H}f.) - \frac{2,44 \beta^2}{c} \ddot{C} + \frac{1,55 \beta^2}{c} \dot{H} \\ + \frac{2,66 \beta^2}{c} O. \end{aligned}$$

Wird dieser Werth in N. VI. gesetzt, so ergibt sich:

$$\begin{aligned}
 & \text{VI}_{(1)} \quad c (c' + 1) \mathfrak{C}. \\
 & \quad + [\beta (840p - 67h - 2,66 \frac{\beta}{c}) + 24c + 366f] \text{O} \\
 & \quad = \\
 & c (0,08h - p) \mathfrak{P}. + 4cc' \mathfrak{F}. \\
 & + 0,22 \frac{\beta^2}{c} (\text{NH}_3 + 2\mathfrak{H}.) \\
 & + [\beta (350p - 28h - 2,44 \frac{\beta}{c}) + c(204c' + 12) + 132f] \ddot{\text{C}} \\
 & + [\beta (210p - 17h + 1,55 \frac{\beta}{c}) + c(154c' + 10) + 114f] \ddot{\text{H}}.
 \end{aligned}$$

Wird hier -- h statt h und — p statt p gesetzt, so wird

$$\begin{aligned}
 & V_{(2)} \quad - 3h\mathfrak{F}. + [25\alpha' - h(333 + 336f) - 66\beta'] \text{O} \\
 & \quad = \\
 & \quad (25p - h) \mathfrak{P}. + 5,555\beta' (\text{NH}_3 + 2\mathfrak{H}.) \\
 & \quad + [25\gamma' - h(121 + 132f) - 61\beta'] \ddot{\text{C}} \\
 & \quad + [25\delta' - h(132 + 114f) + 39\beta'] \ddot{\text{H}}.
 \end{aligned}$$

Ferner ist dann nach VI₍₁₎

$$\begin{aligned}
 & \text{VI}_{(2)} \quad c (c' + 1) \mathfrak{C}. \\
 & \quad + [\beta' (67h - 840p - 2,66 \frac{\beta'}{c}) + 24c + 366f] \text{O} \\
 & \quad = \\
 & c (p - 0,08h) \mathfrak{P}. + 4cc' \mathfrak{F}. \\
 & + 0,22 \frac{\beta'^2}{c} (\text{NH}_3 + 2\mathfrak{H}.) \\
 & + [\beta' (28h - 350p - 2,44 \frac{\beta'}{c}) + c(204c' + 12) + 132f] \ddot{\text{C}} \\
 & + [\beta' (17h - 210p + 1,55 \frac{\beta'}{c}) + c(154c' + 10) + 114f] \ddot{\text{H}}.
 \end{aligned}$$

Bedenkt man, dass β sich umsomehr der Grenze 0 nähert, je höher die Stickstoffökonomie sich steigert und nehmen wir an, dass eine solche Oekonomie in hohem Grade angewendet wird, so fällt in die Augen, dass die Verhältnisse

$$\frac{O(V)}{O(V_{(1)})} = \frac{25\alpha + h(333 + 366f)}{25\alpha + h(333 + 366f) - 66\beta},$$

$$\frac{\ddot{C}(V)}{\ddot{C}(V_{(1)})} = \frac{25\gamma + h(121 + 132f)}{25\gamma + h(121 + 132f) - 61\beta},$$

$$\frac{\dot{H}(V)}{\dot{H}(V_{(1)})} = \frac{25\delta + h(132 + 114f)}{25\delta + h(132 + 114f) + 39\beta},$$

und ebenso

$$\frac{O(VI)}{O(VI_{(1)})} = \frac{\beta(840p - 67h) + 24c + 366f}{\beta(840p - 67h - 2,6\frac{\beta}{c}) + 24c + 366f},$$

$$\begin{aligned} & \frac{\ddot{C}(VI)}{\ddot{C}(VI_{(1)})} \\ &= \\ & \frac{\beta(350p - 28h) + c(204c' + 12) + 132f}{\beta(350p - 28h - 2,4\frac{\beta}{c}) + c(204c' + 12) + 132f}, \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} & \frac{\dot{H}(VI)}{\dot{H}(VI_{(1)})} \\ &= \\ & \frac{\beta(210p - 17h) + c(154c' + 10) + 114f}{\beta(210p - 17h + 1,5\frac{\beta}{c}) + c(154c' + 10) + 114f} \end{aligned}$$

sämmtlich nur sehr wenig von der Einheit abweichen.

Sehen wir uns daher nach den Thieren um, welche harnsaures Ammoniak anstatt Harnstoff excerniren und welche in Bezug auf Temperatur und Sauerstoffanziehung den Säugthieren ähnlich sind, so repräsentiren sich die Vögel als solche. Es lässt sich also im Allgemeinen annehmen als

Ernährungsgleichung fleischfressender Vögel:

$$\text{XVIII) } 3h\mathfrak{F}. + [25\alpha + h(333 + 336f) - 66\beta] \text{ O}$$

=

$$\begin{aligned} & (h - 25p) \mathfrak{P}. + 5,5 \cdot \beta (\text{NH}_3 + 2\mathfrak{S}.) \\ & + [25\gamma + h(121 + 132f) - 60\beta] \ddot{\text{C}} \\ & + [25\delta + h(132 + 114f) + 39\beta] \ddot{\text{H}}. \end{aligned}$$

Ferner als:

Ernährungsgleichung pflanzenfressender Vögel:

$$\text{XIX) } c(c' + 1) \mathfrak{C}.$$

$$+ [\beta(840p - 67h - 2,6\frac{\beta}{c}) + 24c + 366f] \text{ O}$$

=

$$c(0,08h - p) \mathfrak{P}. + 4cc'\mathfrak{F}.$$

$$+ [\beta(350p - 28h - 2,4\frac{\beta}{c}) + c(204c' + 12) + 132f] \ddot{\text{C}}$$

$$+ [\beta(210p - 17h + 1,5\frac{\beta}{c}) + c(154c' + 10) + 114f] \ddot{\text{H}}.$$

Ferner folgt aus den Gliedern der Gleichungen $V_{(1)}$, $VI_{(1)}$ und $V_{(2)}$, $VI_{(2)}$:

$$\frac{\text{O}(V_{(1)})}{\text{O}(V_{(2)})} = \frac{25\alpha + h(333 + 336f) - 66\beta}{25\alpha' - h(333 + 336f) - 66\beta'},$$

$$\frac{\ddot{C}(V_{(1)})}{\ddot{C}(V_{(2)})} = \frac{25\gamma + h(121 + 132f) - 61\beta}{25\gamma' - h(121 + 132f) - 61\beta'},$$

$$\frac{\dot{H}(V_{(1)})}{\dot{H}(V_{(2)})} = \frac{25\delta + h(132 + 114f) + 39\beta}{25\delta' - h(132 + 114f) + 30\beta'},$$

ferner:

$$\frac{O(VI_{(1)})}{O(VI_{(2)})} = \frac{\beta(840p - 67h - 2,6\frac{\beta}{c}) + 24c + 366f}{\beta(67h - 840p - 2,6\frac{\beta'}{c}) + 24c + 366f},$$

$$\begin{aligned} & \frac{\ddot{C}(VI_{(1)})}{\ddot{C}(VI_{(2)})} \\ &= \frac{\beta(350p - 28h - 2,4\frac{\beta}{c}) + c(204c' + 12) + 132f}{\beta'(28h - 350p - 2,4\frac{\beta'}{c}) + c(204c' + 12) + 132f}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\dot{H}(VI_{(1)})}{\dot{H}(VI_{(2)})} \\ &= \frac{\beta(210p - 17h + 1,5\frac{\beta}{c}) + c(154c' + 10) + 114f}{\beta'(17h - 210p + 1,5\frac{\beta'}{c}) + c(154c' + 10) + 114f}; \end{aligned}$$

wobei nach unserer Voraussetzung nach N. 52

$$\alpha' = 6h - 840p,$$

$$\beta' = 2h - 25p,$$

$$\gamma' = 6h - 350p$$

$$\text{und } \delta' = 4h - 210p \text{ ist.}$$

Offenbar sind in den Brüchen rechter Hand dieser Gleichungen die Nenner sehr viel kleiner als ihre Zähler,

also der Sauerstoffverbrauch sowohl als die in Bezug auf thierische Wärme an der Kohlensäure und dem Wasser geleistete Arbeit viel kleiner als die Leistungen der Säugthiere und Vögel in dieser Beziehung. Sehen wir uns nach Thieren um, welche diesen Verhältnissen im Allgemeinen entsprechen, so finden wir als solche die Amphibien und Fische. Allgemein ist daher

die Ernährungsgleichung der fleischfressenden
Amphibien und Fische:

$$\text{XX)} - 3h\mathfrak{F}. + [25\alpha' - h(333 + 336f) - 66\beta'] \text{O}$$

$$= (25p - h)\mathfrak{P}. + 5,5\beta' (\text{NH}_3 + 2\mathfrak{H}.)$$

$$+ [25\gamma' - h(121 + 132f) - 61\beta'] \ddot{\text{C}}$$

$$+ [25\delta' - h(132 + 114f) + 39\beta'] \text{H},$$

ferner:

die Ernährungsgleichung der pflanzenfressenden
Amphibien und Fische:

$$\text{XXI)} c(c' + 1)\mathfrak{C}.$$

$$+ [\beta'(67h - 840p - 2,6 \cdot \frac{\beta'}{c}) + 24c + 366f]\text{O}$$

$$= c(p - 0,08h)\mathfrak{P}. + cc'\mathfrak{F}. + 0,22\frac{\beta'^2}{c} (\text{NH}_3 + 2\mathfrak{H}.)$$

$$+ [\beta'(28h - 350p - 2,4 \cdot \frac{\beta'}{c}) + c(204c' + 12) + 132f]\ddot{\text{C}}$$

$$+ [\beta'(17h - 210p + 1,5 \cdot \frac{\beta'}{c}) + c(154c' + 10) + 114f]\text{H}.$$

Die Gleichungen V. und VI., XVIII. und XIX., XX. und XXI. repräsentiren die massenhaften Ernährungserscheinungen der vier obersten Thierklassen, die sich beobachtbar ganz allgemein in continuirlicher Sauerstoffanziehung, Kohlensäureabstossung und direct nicht beobachtbar in Wasserabscheidung und Wasserbindung zeigen. Sie repräsentiren ferner die speciellern Erscheinungen am Harn, die sich normal und hervorragend bei den säugenden Fleischfressern am Harnstoff und pathologisch an der Harnsäure, bei säugenden Pflanzenfressern aber normal am Harnstoff und pathologisch an der Harn- und Hippursäure bemerken lassen; ferner repräsentiren die Gleichungen die speciellern Erscheinungen am Harn der übrigen Thiere der obern vier Klassen, welcher durch seinen Gehalt von harnsaurem Ammoniak sich ausgezeichnet.

Die Richtigkeit der Theorie, aus welcher diese Gleichungen hervorgegangen sind, ist bereits an sehr speciellen Ernährungserscheinungen die sich auf einzelne Individuen beziehen, wenigstens an V. und VI. erwiesen worden. Die übrigen vier Gleichungen sind aber mit V. und VI. identisch; sie sind durch eine bloße Andersschreibung aus diesen hervorgegangen, sie repräsentiren wenigstens die Klassenerscheinungen im allgemeinen der Erfahrung entsprechend. Zur Prüfung derselben an einzelnen Individuen fehlt es an experimentellen Erfahrungen. Ob überhaupt diese Gleichungen auch für die noch übrigen Thierklassen entsprechend

eingerrichtet werden können, kann ebenfalls nur mit der Zeit durch experimentelle Erfahrungen ermittelt werden. Die Theorie enthält also wenigstens soviel Organisches, dass sie die Hauptgruppen und die wichtigeren Individuen des Thierreiches durch zusammenhängende Nerven verbindet und in abhängige Beziehungen bringt; hierdurch unterscheidet sie sich wesentlich, sowie durch ihre Objectivität, von allen bisherigen Theorien über die Ernährung.

Der experimentirenden Physiologie wird es bei Betrachtung dieser Gleichungen deutlicher werden, als es ihr bisher gewesen ist, dass es durch das bloß experimentirende Verfahren nimmermehr gelingen wird, den organischen Zusammenhang der Lebenserscheinungen zu erforschen. Ist doch der mathematische Ausdruck der chemischen Vorgänge mit bloßer Berücksichtigung von C, H, O und N schon so complicirt, dass sie nicht daran denken darf, auf den Chemismus dieser Stoffe bezügliche Fragen nur einigermaßen glücklich zu beantworten; wieviel weniger aber hat sie zu hoffen, wenn noch Ka, Na, Ca, P, S, Chl. etc. in solche Fragen gezogen werden sollen? Sie darf endlich gar nicht daran denken, Fragen lösen zu wollen, wo noch nach den speciellen Beziehungen des Nervensystemes zu den chemischen Vorgängen und zu der psychischen Kraft gefragt wird. Immer aber wird es schon dankenswerth sein, wenn zunächst nur annähernd und einseitig die Beziehungen von C, H, O und N zu den Ernährungs-

vorgängen unter Beihülfe der Mathematik untersucht werden und in dieser Beziehung wird es eine der wichtigsten Aufgaben für die experimentirende Forschung sein, die specielle mathematische Form und die Grenzen der Veränderlichkeit zu bestimmen, welche den Functionen p, f, c, c', h , für bestimmte Klassen, Ordnungen, Individuen etc. bei den Thieren zukommen. Die darauf beziehlichen Fragen allein dürften ein ganzes Jahrhundert Zeit in Anspruch nehmen, selbst wenn sich noch weit mehr Forscher daran betheiligen, als dies bisher der Fall gewesen ist.

Allgemeine Erscheinungen in der Sphäre der Verdauung bei Thieren und Menschen.

Wir können jetzt die Beziehungen der Excretionen zu den Nahrungsmitteln und beider zur Proteinneubildung und Zerstörung ganz im Allgemeinen betrachten.

Ist $p\mathfrak{P}$ die Proteinmenge und $f\mathfrak{F}$ die Fettmenge, durch deren Zerstörung die Excretionsstoffe $\mathfrak{H}\mathfrak{f}$, ($\text{NH}_3 + 2\mathfrak{H}\mathfrak{f}$), $\mathfrak{C}$ und $\mathfrak{H}$ entstehen und welche zugleich das excernirte $\mathfrak{P}$. enthält, so ist im Allgemeinen die Gesammtheit der Excretionen eine Function von Fett, Cellulosen und Protein, die wir mit $E(p, f, c)$ bezeichnen. Ist $c'\mathfrak{C}$ die Menge der Cellulosen, $p'\mathfrak{P}$ die Proteinmenge, $f'\mathfrak{F}$ die Fettmenge, welche erforderlich ist, den durch die Excretion erlittenen Massenverlust auszugleichen, so

ist der Nahrungsstoff des Pflanzenfressers und der Säuglinge eine Function von p' , f' und c' , die wir mit $N(c', f', p')$ bezeichnen.

Es muss also sein

XXII) bei jungen Thieren $N(c', f', p') > E(p, f, c)$, weil sich sonst ihre Körpermasse bis zu ihrer vollkommenen Entwicklung nicht vergrössern könnte.

XXIII) Bei befruchteten und säugenden Thieren ist $N(c', f', p') > E(f, p, c)$, sonst würde ihre eigene Körpermasse schwinden.

XXIV) Bei alten Thieren ist

$$N(c', f', p') < E(f, p, c),$$

denn im höhern Alter vermindert sich die Körpermasse.

Mit Bestimmtheit lässt sich die Ursache dieser Erscheinung bei alten Menschen und Thieren nicht angeben, die Erfahrung zeigt aber, dass sie umsomehr an Gewicht verlieren, je älter sie werden. Vielleicht weil die Proteinkörper mehr verhornen und dadurch schwerer umsetzbar werden. Der schnelle Umsatz der Proteinkörper ist aber erfahrungsgemäss eine Bedingung für die Intensität und Lebhaftigkeit der Lebenserscheinungen. — Sonst hierher Gehöriges wird im nächsten Abschnitt besprochen werden.

Da die c , f und p veränderliche Grössen sind, so erklärt sich hieraus die grosse Mannigfaltigkeit in den Stoffverhältnissen der Excretionen eines und desselben Thieres. Ebenso aber auch die Mannigfaltigkeit der Ernährungserscheinungen bei verschiedenen Thieren.

Der Nahrungsstoff des Fleischfressers ist nur unwesentlich von dem des Pflanzenfressers verschieden. Beim Fleischfresser ist im Allgemeinen $c' = 0$. In besonderen Fällen kann aber bei ihm c' einen grössern Werth annehmen. Die in der Gesellschaft des Menschen lebenden Fleischfresser haben $N(c', f', p')$ als Nahrungsfunktion und unter gewissen Umständen kommt sie allen Fleischfressern zu.

Da die Nahrungsmittel die allgemeine Form $N(c', f', p')$ haben müssen, wobei c und f alle möglichen Werthe innerhalb gewisser Grenzen annehmen können, so kann es niemals ein Nahrungsmittel von der Form $N(c')$, oder $N(f')$, oder $N(p')$ geben. Bei jeder solchen Form ist das Thier gezwungen, das Leben nur aus seinen eignen Mitteln zu fristen. Dies hat aber seine Grenzen. Bei alleinigen Einfuhrstoffen von der allgemeinen Form $N(c')$, $N(f')$ oder $N(p')$ tritt endlich der Hungertod ein. Erfahrungen haben dies vollkommen bestätigt. Es hat sich z. B. bei Experimenten gezeigt, dass Thiere verhungern, wenn sie blos mit Zucker, oder bloss mit Fett, oder blos mit Leim etc. gefüttert werden. In folgenden Nahrungsmitteln sind die speciellen Werthe von c' , f' und p' in einem Gewichtstheil enthalten.

78) $N(c', f', p')$.	c' .	f' .	p' .
Roggen	0,26	0	0,0018,
Weizen	0,48	0	0,0025,
Gerste	0,23	0	0,0011,
Reis	0,52	0	0,0008,

$N(c', f', p')$.	c' .	f' .	p' .
Kartoffeln	0,11	0	0,0003,
Bohnen	0,26	0,007	0,0043,
Erbsen	0,27	0	0,0041,
Milch	0,025	0,003	0,0011,
Eigelb	0	0,29	0,0039.

Was hier noch fehlt, ist grösstentheils Wasser (H), sonst eine kleine Anzahl anorganischer Stoffe. Man sieht aus dieser Tabelle, dass unter diesen vegetabilischen Nahrungsstoffen Bohnen und Erbsen der Fleischbildung, Reis und Kartoffeln der Fetterzeugung am günstigsten sind. Eigelb ist nahrhafter als Milch etc. etc.

Das Volumen von $N(c', p', f')$ ist sehr verschieden und veränderlich. Es richtet sich nach der Menge fremder Stoffe, die dem Protein, Fett und Cellulosegemisch beigemengt sind und nicht zur Ernährung dienen, z. B. Knochen, Federn, Haare, Horn, Schuppen, Holz, Mineralstoffe etc.

Bezeichnen wir daher das Volumen des Futters mit v und setzen $N(c', f', p') = n$, so ist v eine Function von n , die wir mit $V(n)$ bezeichnen wollen. Ist $V(n)$ die Volumfunction des Futters eines Pflanzenfressers, und $V(n')$ die eines Fleischfressers, so ist immer

$$\text{XXV) } V(n) > V(n').$$

Es erhellt dies leicht schon daraus, weil das zur Ernährung nöthige $\mathfrak{F}$. aus Cellulosen gewonnen wird und die specifischen Gewichte von $\mathfrak{C}$. und $\mathfrak{F}$. nicht sehr

verschieden sind. Um $\mathfrak{F}$. zu bilden sind 16 $\mathfrak{C}$. erforderlich.

Es ist aber:

$$16 \mathfrak{C}. > \mathfrak{F}.$$

Ist $16 \mathfrak{C}. = g(1)$

und $\mathfrak{F}. = g(2),$

so ist $\frac{g(1)}{g(2)} = \frac{16 \mathfrak{C}.}{\mathfrak{F}.} = \frac{16 \cdot 162}{1002} = 2,58,$

d. h. das Volumen des Stoffes, welcher das Fett vertritt, ist beinahe 3 mal so gross, als das des Fettes.

Bedenkt man nun, dass $\mathfrak{C}$. fast niemals ohne viele fremde und unverdauliche Beimischungen gefunden wird, so steigert sich dadurch das Volumen noch sehr bedeutend. Wenn nun auch die Proteinkörper für beide Thiere gleich wären, so sind sie doch beim Pflanzenfresser mit stickstofflosen Körpern untermengt, die kein Fett sind. Also ist immer das Volumen des Futters beim Pflanzenfresser grösser als beim Fleischfresser. Ist $p\mathfrak{P}$., $f\mathfrak{F}$. und $c\mathfrak{C}$. die Masse der zur Ernährung nöthigen Protein-, Fett- oder Cellulosenmengen und sind x fremde Beimischungen von N (c' , p') und y von N (f' , p'), so ist

$$\text{XXVI) } V(n) = p'\mathfrak{P}. + c'\mathfrak{C}. + x$$

$$\text{XXVII) und } V(n') = p'\mathfrak{P}. + f'\mathfrak{F}. + y.$$

Mithin ist auch:

$$\text{XXVIII) } \frac{V(n)}{V(n')} = \frac{p'\mathfrak{P}. + c'\mathfrak{C}. + x}{p'\mathfrak{P}. + f'\mathfrak{F}. + y.}$$

Ein Pflanzenfresser führt aber auch mit den Cellulosen Pflanzenfett ein. Sein Futter kann daher noch die Form

$$\text{XXIX) } V(n) = p' \mathfrak{P}. + f' \mathfrak{F}. + c' \mathfrak{C}. + x \text{ haben.}$$

Es kann daher auch die Form

$$\text{XXX) } V(n) = p' \mathfrak{P}. + f' \mathfrak{F}. + x$$

annehmen.

Im Allgemeinen verhalten sich daher die Futtervolumina

XXXI) bei verschiedenen Pflanzenfressern

$$\text{wie } \frac{V(n)}{V(n_{(1)})} = \frac{p' \mathfrak{P}. + f' \mathfrak{F}. + c' \mathfrak{C}. + x}{p' \mathfrak{P}. + f'_{(1)} \mathfrak{F}. + c'_{(1)} \mathfrak{C}. + x_{(1)'}}$$

XXXII) bei Fleischfressern

$$\text{wie } \frac{V(n')}{V(n'_{(1)})} = \frac{p' \mathfrak{P}. + f' \mathfrak{F}. + y}{p' \mathfrak{P}. + f'_{(1)} \mathfrak{F}. + y_{(1)'}}$$

Bei kleinen Pflanzenfressern ist auch x sehr klein. Ist nun auch noch c' gegen f' klein, so kann sich bei ihnen die Form des Futters dem des Fleischfressers sehr ähnlich gestalten. Deshalb sind auch die von *Dulong* und *Despretz* gemachten Angaben, dass auch bei Pflanzenfressern die in der Kohlensäure ausgeathmete Sauerstoffmenge grösser sei, als die bei der Athmung angezogenen, von keiner allgemeinen Bedeutung. (S. 64 etc.)

Die fremdartigen Stoffe x und y , welche mit dem Futter in den Darmkanal gelangen, werden theils als *faeces* wieder aus dem Körper entfernt, theils auch werden sie unvermeidbar mit den eigentlichen Nahrungsstoffungen in das Blut übergeführt. Von hier aber wer-

den sie durch die Excretionsorgane theils verändert, theils unverändert wieder hinausgeführt. Vorzüglich ist es der Harn der sie enthält. Dieser Sammelplatz aller der Stoffe, die der Ernährung nicht förderlich sind, hat daher zu allen Zeiten die Aufmerksamkeit der Forscher mit Recht in Anspruch genommen.

Der Harn spielt schon in den Schriften des *Hippocrates* und *Galen* eine grosse Rolle und die Aerzte aller Zeiten, welche den Krisen huldigten, haben dem Harn eine vorzügliche Aufmerksamkeit zugewendet. Die ersten Versuche, die nähern Bestandtheile desselben festzustellen, haben *van Helmont* und *Boerhave* eingezeichnet. *Cruikshank*, *Fourcroy* und *Vauquelin* liefern für ihre Zeit treffliche Analysen desselben. Die Analyse desselben von *Berzelius* ist noch heute vorzüglich. In neuester Zeit hat man sich fortwährend neben dem Blute mit dem Harn chemisch und physiologisch beschäftigt. *Lehmann*, *Becquerel* u. A. haben hier Vorzügliches geleistet und man ist bei diesen Untersuchungen zu einer Menge von Kenntnissen gelangt, die auch uns bei der Entwicklung unserer Ernährungstheorie trefflich zu Statten gekommen sind.

Der Verdauungsprocess ist nur ein die Ernährung einleitender Process, bei welchem vorzüglich dem Futter die nöthige Form z. B. die flüssige ertheilt wird.

Der Darm, in welchem zunächst das Futter aufgenommen wird, ist ein wichtiger Theil des Verdauungsapparates. Er muss natürlich eine Räumlichkeit darbieten,

die dem Volum des Futters entspricht. Er ist also ebenfalls eine Function von n .

Bezeichnen wir die Räumlichkeit des Darmes mit $d(n)$, so ist $d(n)$ die des Pflanzen- und $d(n')$ die des Fleischfressers, und es ist

$$\text{XXXIII)} \quad \frac{d(n)}{d(n')} = \frac{V(n)}{V(n')} = \frac{p\beta. + c\zeta. + x}{p\beta. + f\gamma. + y};$$

also hat man:

$$\text{XXXIV)} \quad \frac{d(n)}{d(n_{(1)})} = \frac{p\beta. + f'\gamma. + c'\zeta. + x}{p\beta. + f'_{(1)}\gamma. + c'_{(1)}\zeta. + x_{(1)}},$$

$$\text{XXXV)} \quad \frac{d(n')}{d(n'_{(1)})} = \frac{p\beta. + f\gamma. + y}{p\beta. + f_{(1)}\gamma. + y_{(1)}}.$$

Hieraus erklärt sich die ausserordentliche Verschiedenheit der Räumlichkeit des Darmes bei den Thieren.

Vergleichen wir nur die Längen des Darmes einiger Säugthiere mit ihrer Körperlänge, so ist:

79) Körperlänge: Darmlänge: fremde Stoffe im Futter:

Löwe	1 : 3	fast keine,
Seekalb }	1 : 28	{Schuppen, Gräten, Ge-
Seehund }		
Widder }	1 : 25—28	Holz,
Gemse }		
Pferd	1 : 10	weniger Holz,
Fledermaus }	1 : 3	fast kein Holz,
Wiesel }		
Spitzmaus }		
Mensch	1 : 5—6.	

Man kann daher aus der Räumlichkeit des Darmes auf die Intensität des benutzten Futters schliessen.

Je weniger Räumlichkeit der Darm eines Pflanzenfressers besitzt, desto mehr nähert sich die Qualität seines Futters dem Fleische, desto näher steht dann aber das Thier selbst den Fleischfressern.

Wahrscheinliche Ursachen des Sterbens der Thiere und des Menschen.

Bei den unzweifelhaften Beziehungen zwischen Harnsäure, Hippursäure, Fett und Sauerstoff bleibt immer noch die Erscheinung schwer zu erklären, dass die Lebensdauer der Thiere und des Menschen eine verhältnissmässig so sehr kurze ist. Es ist schwer zu erklären, wie endlich die Massenzunahme des Körpers ihre Grenze findet und warum die Masse desselben wieder abnimmt, nachdem sie ein Maximum erreicht hat, wobei endlich der Tod erfolgt, nachdem das Körpermiximum in nicht sehr beträchtlicher Weise vermindert worden ist. Man sollte glauben, dass sich bei dem Process der Protein- und Fettneubildung das Leben auf ewige Zeiten müsste verlängern lassen und doch ist es nur sehr kurz. Es giebt bis jetzt keinen Ausweg diese merkwürdige Erscheinung zu erklären, als die Annahme, dass das relative Verhältniss der Organe zum Blute nicht

gleich bleibt, sondern sich continuirlich ändert. So scheint z. B. das Gehirn- und Nervensystem in seinen Beziehungen zum Blute eine gewisse Stabilität zu behaupten, während dies bei den übrigen Organen nicht der Fall ist. Es ist z. B. im Fötus gleich anfangs die Gehirnbildung überwiegend gegen alle andern Organe, später tritt die Leber hinzu, noch später die Muskeln. Die Muskeln werden im höheren Alter zäh und hart und zeigen schon dadurch, dass ihre Beziehungen zum Blute veränderlich sind. So ist dies jedenfalls mit allen andern Organen der Fall. Dies zeigt sich auch bei Versuchen an hungernden Thieren. Beobachtungen von *Haller*, *Blundell*, *Piorry*, *Chossat*, *Boussingault*, *Marchand* u. a. lehren eine fortwährende Abnahme des Blutes beim Hungern. Nach den speciellern Bestimmungen von *Chossat* ergab sich, dass das Blut bis 75 Pc., das Fett 93 Pc., die Milz 71 Pc., das Pancreas 64 Pc., die Leber, das Herz 44 Pc., die Därme und äussern Muskeln 42 Pc., der Magen 39 Pc., der Pharynx und Oesophagus 34 Pc., die Haut 33 Pc., die Nieren 31 Pc., die Athmungsorgane 22 Pc., die Knochen 16 Pc., die Augen 10 Pc., das Nervensystem nur 1 Pc. verlieren. Hier zeigt sich also im Gehirn und Nervensystem die grösste Stabilität, während zwischen Herz und äussern Muskeln schon ein beträchtlicher Unterschied stattfindet. Wie nun hier das Herz durch seine continuirliche Thätigkeit schon in ein abweichendes Verhältniss zu den nicht continuirlich thätigen äussern Muskeln gerathen ist, so mag

ein wechselndes Verhältniss zu diesem und endlich ein Missverhältniss aller Organe zu einander entstehen, das die Erscheinungen des höhern Alters und endlich den Tod veranlasst. Schon der ungleiche Gebrauch der äussern Muskeln muss ein solches Missverhältniss begründen, da ja bekannt ist, dass Muskeln, welche nicht gebraucht werden, mehr und mehr schwinden und ihre physikalischen Eigenschaften ganz anders werden, als die bei oft gebrauchten Muskeln sind. Oft scheinen sie sich in eine Fettmasse zu verwandeln.

Ernährungserscheinungen bei den Vegetabilien.

Die Ernährung der Vegetabilien ist der Ernährungsweise der Thiere im Allgemeinen viel näherstehend, als man dies bis jetzt zugeben will. Ueberhaupt ist das ganze Leben der Pflanzen von dem der Thiere nicht so wesentlich verschieden, als dies gewisse doctrinäre Behauptungen aussprechen.

Wird ein süsser Fruchtsaft bei entsprechender Wärme der Einwirkung des Sauerstoffes ausgesetzt, so entstehen eine Reihe von Stoffwandlungen, die man unter den Namen „Gährung“ kennt. Die Gährungsvor-

gänge müssen als die letzte Zuckung pflanzlichen Lebens angesehen werden. Diese Vorgänge aber haben eine merkwürdige Aehnlichkeit mit den Vorgängen, welche sich bei Ernährung weiblicher Säugthiere bemerken lassen.

Der wichtigste Unterschied der zwischen diesen Processen sichtbar ist, ist nur formeller Natur. Es geht bei der Gährung alles in einer einzigen Flüssigkeit vor, was wir bei Thieren, an gesonderten Organen, gesondert zu sehen gewohnt sind.

Parallelen zwischen dem Gährungsprocess und der Ernährung weiblicher Pflanzenfresser.

Man hat:

Beim Pflanzenfresser	beim Gährungsprocess
Zerstörung und Neubildung organisirter Theile.	Zerstörung und Neubildung der Hefenzelle als organisches Individuum.

Ausscheidung von Kohlensäure und Wärmeentwicklung unter Anziehung von Sauerstoff.	Dasselbe hier. Es ist eine bekannte Thatsache, dass der in kühlen Kellern gärende Most eine höhere Temperatur hat, als der Keller.
---	--

Excretion von Protein- Vermehrung der Hefen-
körpern in Form mehr oder zellen als Fortpflanzungs-
weniger entwickelter Eier process.

beim Fortpflanzungspro-
cess.

Excretion von Harnstoff, Jede Proteinform vermag
d. i. kohlensaures Ammo- den Gährungsprocess ein-
niak. zuleiten. Sie geräth unter
Anziehung von Sauerstoff
in Fäulniss, wobei kohlen-
saures Ammoniak frei wird.

Der Harnstoff ist ein Theil Das kohlensaure Ammo-
der Trümmerzerstörter Pro- niak ist dasselbe.
teinkörper.

Aus den übrigen Trüm- Aus dem andern Rest des
mern (Harnsäure, Hippur- angefaulten Proteines ent-
säure) werden organisirbare wickelt sich die Substanz
Proteinformen gebildet. der Hefenzelle.

Bei der Neubildung, Or- Bei der Neubildung der
ganisation und Excretion Hefenzelle müssen in einer
der Proteinformen werden Traubenzucker führenden
Proteinformen und Cellu- Flüssigkeit Proteinformen
losen verbraucht, Fettarten enthalten sein. Indem die
gebildet und mit andern Hefenzelle die dargebote-
stickstofffreien Substanzen nen Proteinformen mit dem
ausgeschieden (Milch). Traubenzucker verbraucht,
um sich zu ernähren und

fortzupflanzen, bilden sich Alkohol und Fuselöl als Ausscheidungsprodukte.

Das Thier kann einige Zeit von seinen eigenen Mitteln leben. Sind aber diese Quellen bis zu einem gewissen Grad versiegt, so stirbt es.

Bringt man Hefenzellen in eine blosse Zuckerlösung, so stirbt ein Theil derselben ab, weil in der Zuckerlösung die Proteinformen fehlen. Die überlebenden leben von den Todten und dem dargebotenen Zucker, und pflanzen sich sogar sparsam dabei fort. Dies hört aber endlich auf. Nach und nach wird alle Substanz der Hefenzellen zerstört und also auch ihre Neubildung unmöglich.

Die Existenz und die Zahl der Thiere überhaupt ist an das Vorhandensein hinreichender Nahrungsstoffe gebunden.

Die Hefenzelle vermehrt sich lustig in's Unendliche, wenn sie und ihre Brut immer in neue zucker- und proteinhaltige Flüssigkeiten versetzt wird. (Erzeugung der Pfundhefe).

Bestimmte Arten der Thiere hängen von be-

Auch in verschiedenen zucker- und proteinhaltigen

stimmten Nahrungsmitteln Flüssigkeiten bilden sich ab. verschiedene Formen (Arten) der Hefenzellen, die meist unvermischt auftreten und deren Formen zwischen den Grenzen der Kugel und eines länglichen Ellipsoides liegen.

Man könnte diese Parallelen leicht weiter fortführen, wenn man damit spielen wollte. Die hier gezogenen sind hinreichend, die wesentliche Gleichheit des Ernährungsprocesses der pflanzenfressenden Thiere und des Gährungsprocesses darzuthun.

Nicht ohne Interesse ist es, die Gleichung des Gährungsprocesses mit der Ernährungsgleichung der Pflanzenfresser zu vergleichen. Um jene zu erhalten, sei $\mathfrak{P}$. das in Zerstörung begriffene Protein, $\mathfrak{P}'$ derjenige Theil der Trümmer der Zerstörung, welcher zur Hefenzellen-Bildung verwendet wird, $\mathfrak{P}''$ die Summe der stickstoffhaltigen Trümmer, welche als Excretionsstoffe anzusehen sind.

Finden nun folgende Gleichungen statt

$$78) \quad p\mathfrak{P}. + apO = bp\ddot{C} + cp\dot{H} + dp\mathfrak{P}''$$

und

$$79) \quad p'\mathfrak{P}'. + a'p'O = b'p'\ddot{C} + c'p'\dot{H} + d'p'\mathfrak{P}'',$$

so ist

$$80) \quad p\mathfrak{P}. + (ap - a'p')O = p'\mathfrak{P}' + (bp - b'p')\ddot{C} + (cp - c'p')\dot{H} + (dp - d'p')\mathfrak{P}''.$$

Es ist nun ferner

$$81) \text{ Fuselöl} = \mathfrak{F}l. = 10 \text{ C } 12 \text{ H } 2 \text{ O},$$

also

$$82) \mathfrak{F}l. + 30 \text{ O} = 10 \ddot{\text{C}} + 12 \dot{\text{H}},$$

also hat man

$$f' \mathfrak{F}l. + 30 f' \text{ O} = 10 f' \text{ C}'' + 12 f' \dot{\text{H}}.$$

Nach N. 54 aber ist

$$a'' \mathfrak{M}. + 12 a'' \text{ O} = 4 a'' \ddot{\text{C}} + 6 a'' \dot{\text{H}}$$

und nach N. 11:

$$c \mathfrak{C}. + 24 c \text{ O} = 12 c \ddot{\text{C}} + 10 c \dot{\text{H}}.$$

Aus dieser und den beiden vorhergehenden Gleichungen hat man

$$83) f' \mathfrak{F}l. + c \mathfrak{C}. + (24 c + 30 f' - 12 a'') \text{ O} = a'' \mathfrak{M}. \\ + (12 c + 10 f' - 4 a'') \ddot{\text{C}} + (10 c + 12 f' - 6 a'') \dot{\text{H}}.$$

Addirt man aber diese Gleichung zu der unter N. 80, so entsteht

die Gährungsgleichung

$$\text{XXXIII) } p \mathfrak{P}. + c \mathfrak{C}. + f' \mathfrak{F}l. \\ + (ap + 24 c + 30 f' - 12 a'' - a' p') \text{ O} \\ = \\ p' \mathfrak{P}' + a'' \mathfrak{M}. + (dp - d' p') \mathfrak{P}'' \\ + (bp + 12 c + 10 f' - 4 a'' - b' p') \ddot{\text{C}} \\ + (cp + 10 c + 12 f' - 6 a'' - c' p') \dot{\text{H}}.$$

Es sind aber in der Gährungsgleichung der Koefficient des angezogenen Sauerstoffes, der abgeschiedenen Kohlensäure und des chemisch erzeugten Wassers Functionen von Protein und Cellulosen, wie auch f , a'' , p' ,

(dp — d'p') solche Functionen sind. Um also der Gleichung N. XXXIII. eine ganz allgemeine Form zu ertheilen, kann man setzen:

$$\begin{aligned} \text{XXXIV)} \quad p\mathfrak{P}. + c\mathfrak{C}. + f(c, p)_{(1)} O &= f(c, p)_{(2)} \mathfrak{P}' \\ &+ f(c, p)_{(3)} \mathfrak{M}. + f(c, p)_{(4)} \mathfrak{F}l. + f(c, p)_{(5)} \mathfrak{P}'' \\ &+ f(c, p)_{(6)} \ddot{O} + f(c, p)_{(7)} \ddot{H}. \end{aligned}$$

Die Gleichung N. VII. hat dieselbe Form, denn auch in dieser sind die Koefficienten von $\mathfrak{P}'$ rechts von $\mathfrak{F}l.$, von $\ddot{O}$, $\ddot{H}$, O Functionen von c' , c und p und sie lässt sich für das weibliche Thier allgemeiner schreiben:

$$\begin{aligned} \text{XXXV)} \quad p\mathfrak{P}. + c(c' + 1)\mathfrak{C}. + F(\gamma, p)_{(1)} O &= F(\gamma, p)_{(2)} \mathfrak{P}. \\ &+ F(\gamma, p)_{(3)} \mathfrak{F}. + F(\gamma, p)_{(4)} \mathfrak{M}_\delta. + F(\gamma, p)_{(5)} \mathfrak{F}t. \\ &+ F(\gamma, p)_{(6)} \ddot{O} + F(\gamma, p)_{(7)} \ddot{H}. \end{aligned}$$

Die Form und das Wesen dieser beiden Gleichungen ist aber einander sehr verwandt. Die Substanzen $\mathfrak{P}'$ und $\mathfrak{P}''$, wovon die erstere zur Hefenzellenbildung und Ernährung dient, während die letztere Excretionsstoff ist, sind zwar chemisch noch nicht untersucht, es steht aber fest, dass sie den stickstoffhaltigen Substanzen angehören. $\mathfrak{M}.$ und $\mathfrak{F}l.$ bilden sich unter ähnlichen Umständen wie Butter und Milchzucker in der Milch.

Alles Uebrige ist wie beim Thier.

Unterschied zwischen Thier und Pflanze durch das Nahrungsmittel bedungen.

Der wesentlichste Unterschied, der sich in Rücksicht auf die Ernährung zwischen Thieren und Pflanzen bemerken lässt, ist der, dass im Allgemeinen bei Vegetabilien das Nahrungsmittel seine Pflanze, bei den Animalien aber das Thier sein Nahrungsmittel umgiebt. Für die Pflanze ist die ganze äussere Oberfläche dasselbe, was die innere Oberfläche des Blutbehälters für das Thier ist. Vegetabilien und Animalien müssen ihrem Nahrungsmittel eine möglichst grosse Oberfläche zur Aufnahme desselben darbieten. Die höher organisirte Pflanze zertheilt sich in Wurzeln, Aeste und Blätter, um diese Oberfläche zu gewinnen; das höher organisirte Thier zertheilt seinen in sich selbst zurückkehrenden Blutschlauch in Aeste, Aestchen etc. und schiebt diese nach den kleinsten Theilen seines Körpers vor. Alle besondern Umwandlungen der Nahrungsstoffe geschehen bei den Pflanzen sowohl als bei den Thieren in den Zellen.

Derebengenannte Hauptunterschied zwischen Thier und Pflanze zieht alle andern von selbst nach sich. Jeder Organismus ist den Verhältnissen gemäss eingerichtet, unter denen er zu leben gezwungen ist. Diese Einrichtung wird vom Organismus aus bewerkstelligt.

Jeder Organismus organisirt sich selbst. Die Keime, durch welche die Organismen ihre Art fortpflanzen, bilden sich aus der älterlichen Substanz unter den Einflüssen derselben Kräfte, unter welchen die Organisation der Art erfolgt. Dieselben Kräfte können an derselben Materie unter denselben Umständen nur ein und dasselbe bewirken. Aus dem Keim kann also nichts anders werden, als dieselbe Art, die ihn erzeugte.

Bei der Pflanze bewegt sich das Nahrungsmittel zu allen Theilen derselben. Es ist also überflüssig, dass sich die Pflanze zum Nahrungsmittel bewegt; sie entwickelt daher im Allgemeinen keine Bewegungsorgane. Beim Thier bewegt sich das Nahrungsmittel nicht zum Thier und da es doch wegen seines fortwährenden Verbrauches bewegt werden muss, so muss es das Thier bewegen. Das Thier ist deshalb gezwungen, Bewegungsorgane zu entwickeln.

Das Futter ist beim Thier an sehr specielle Localitäten gebunden und diese verändern sich sogar oft (beim Fleischfresser). Da aber auch das Futter sich wenigstens nicht zum Thier bewegt und sogar dasselbe flieht, wenn es seinen Ort zu ändern vermag, so muss sich das Thier zum Futter bewegen. Das Thier muss daher seine Bewegungsorgane so entwickeln, dass es in seiner Gesammtheit seinen Ort wechseln und sein Futter ergreifen kann (Muskelsystem).

Soll die Existenz des Thieres nicht ganz und gar vom Zufall abhängen, so bedarf dasselbe einer Führung

zu seinem Futter. Es muss den allgemeinen Beziehungen gemäs, in denen das Futter und das Thier zum Licht, zur Luft, zum Wasser, zum begrenzten Raum steht, ebensoviele besondere Organe entwickeln, als es solche allgemeine Beziehungen giebt. Das Thier entwickelt daher gezwungen Auge, Nase, Ohr, Zunge, Tast- und Fangorgane.

Nicht alles Futter ist für das Thier auch Nahrungsstoff und nicht aller noch ausser ihm befindliche Nahrungsstoff hat die für dasselbe brauchbare Aggregatsform. Das Thier muss daher einen mechanisch-chemisch-physikalischen Apparat entwickeln, durch welchen das Brauchbare im Futter tropfbarflüssig gemacht, das Brauchbare von Unbrauchbarem getrennt und von ihm entfernt werden kann. Die Gesamteinrichtung, welche alle diese thierischen Bedürfnisse zu befriedigen hat, ist das Verdauungssystem.

Die Ernährung jedes Organismus geschieht mit einer steten Rücksicht auf eine unwandelbare Stoffeinheit, die nur zu erreichen ist, wenn alle Veränderungen des Stoffes im Allgemeinen übereinstimmend erfolgen. Beim Thier wird die Abweichung in der Ernährung der einzelnen Theile um so mannigfaltiger, je höher dasselbe organisirt ist. Es ernährt sich der ruhende Muskel anders, als der in Bewegung befindliche; das Auge ernährt sich durch den Einfluss des Lichtes anders, als die beleuchtete und nicht beleuchtete Körperoberfläche des ganzen Thieres etc. etc. Damit nun bei der Zersplit-

terung des Thieres in besondere Organe die Ernährung aller dieser Organe jener Stoffeinheit entsprechend erfolgen kann, muss das Thier mit Rücksicht auf die unorganischen Kräfte, welche chemische Verbindungen und Trennungen bewirken, ein System von Organen entwickeln, durch welches alle übrigen Organe untereinander verbunden und jener Stoffeinheit gemäs ernährt werden können. Diese einzige Obliegenheit hat das Nervensystem zu erfüllen. Das Nervensystem steht mit den oberflächlichen, einseitigen und unwahren Vorstellungen, die sich die blos experimentirenden Physiologen von ihren hier besonders verkehrten Experimenten abgeleitet haben, in nur sehr entfernten Beziehungen. Zum Empfinden und Denken ist ein Nervensystem überhaupt unnöthig. Empfinden und denken müssen Pflanzen wie Thiere, ehe die besondere Organbildung eintritt. Nach der besondern Organbildung veranlassen aber die Organe, wozu auch die Nerven gehören, ein specielles Empfinden und Denken. Wird ein Nerv seiner Bestimmung entzogen (zerschnitten, unterbunden etc.) oder darin gestört, so kommt die Empfindung und das Denken des gesammten Thieres und des Theiles, welchem der Nerv angehört, zur mehr oder weniger veränderten Erscheinung für den unverletzten Beobachter und da der Bestimmung und dem Bau des Nervensystemes gemäs die kleinste Verletzung desselben eine sehr bedeutende Verletzung für das gesammte Thier ist, weil es die Stoffeinheit desselben vermittelt,

so steht das Leben des Thieres in sehr nahen Beziehungen zum Nervensystem.

Alle diese Unterschiede zwischen Thier und Pflanze sind also erst eine Folge der besondern Eigenschaften des Futters beider und des Umstandes, dass die Pflanze sich im beweglichen Nahrungsstoff befindet, während der bewegungslose Nahrungsstoff im Thier ist. Pflanze und Thier verhalten sich daher zu einander wie Gegensätze.

Nur in einer Beziehung bilden Thiere und Pflanzen zu gleichem Zwecke Organe, nämlich die Fortpflanzungsorgane, in welchen sich die Keime entwickeln. Dass aus diesen Keimen nur Individuen derselben Art, die sie erzeugten, hervorgehen können, ist schon früher erwähnt.

An der organischen Substanz ist im Leben des Organismus eine Summe von Kräften wirksam, mit deren Unwirksamkeit das Leben erlischt. Die organische Substanz dem blossen Einfluss der anorganischen Kräfte anheimfallend, zerfällt in anorganische Substanzen. Die Physiologen nehmen, ohne allen Grund, ausser den anorganischen Kräften, welche im Leben der Organismen mitwirken, mehrere verschiedene Arten von Kräften an, so ausser der Seele eine Lebenskraft, eine Nervenkraft etc. Da die Seelenkräfte einmal bei dem jetzigen Stand der Naturwissenschaft nicht abzuleugnen und die andern nicht nachweisbar sind, so kann man sich mit diesen allein begnügen, da sie ausreichend sind,

die allgemeinen Lebenserscheinungen zu erklären. Die an gewisser anorganischer Substanz wirksamen chemisch-physikalischen Kräfte werden durch seelische Kräfte so modificirt, dass das Endresultat dieses Zusammenwirkens lebendige organische Substanz ist. Die seelischen Kräfte erhalten ihr Uebergewicht über die anorganischen durch organisirende Thätigkeit an der gebildeten Substanz. Damit ist der Anfang zu einem Organismus gegeben, dessen Organisation nach den Umständen verschieden oder gleich ist und wodurch Art und Gattung desselben bestimmt wird. Je nach dem das zur Erhaltung des neuentstandenen Organismus gegebene Material continuirlich oder nur periodisch in Wirksamkeit tritt, entsteht durch die organisirende Thätigkeit Pflanze oder Thier. Dort bleibt das Material ausser dem Organismus, hier wird es in demselben aufgenommen und haushälterisch verbraucht. Jemehr die seelischen Kräfte durch Mannigfaltigkeit der organisirenden Thätigkeit zersplittert werden, desto weniger können davon den anorganischen Kräften entgegengesetzt werden; die zerstörenden Einflüsse werden den bildenden seelischen mehr und mehr gleich und dabei werden die Lebenserscheinungen auffallender und mannigfaltiger. Sind also $s_1, s_2, s_3 \dots$ die seelischen Kräfte, welche durch die organisirende Thätigkeit zur Bekämpfung des Einflusses der anorganischen Kräfte $a_1, a_2, a_3 \dots$ verloren gehen und ist S die Resultante der seelischen Kräfte, welche den lebenden Organismus bedingen, so

ist, wenn wir uns alle am Organismus wirksamen Kräfte auf ein Coordinatensystem rechtwinklich projecirt denken:

$$\text{XXXVI) } S = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n) - (s_1 + s_2 + s_3 + \dots + s_q).$$

Je höher entwickelt also die Organisation ist, desto weniger besitzt das Individuum Kräfte zur Ueberwindung der feindlichen anorganischen Kräfte und zur Aneignung der anorganischen Substanzen. Die Pflanze allein kann daher bei ihrer Armuth an besondern Organen anorganische Substanzen, wie Kohlensäure, Ammoniak etc. zu ihrer Ernährung verbrauchen. Das Thier kann sich nur an solche Substanzen wagen, die der seinigen sehr ähnlich sind.

Da die Nothwendigkeit zur Organisation vor der Organisation empfunden werden muss, so müssen auch die Vorgänge in den Organen empfunden werden. Da nun jedes Organ ein Maximum und ein Minimum seiner Thätigkeit entwickelt, so bieten die Empfindungsausserungen und Empfindungszustände eine endlose Mannigfaltigkeit bei den Organismen zwischen diesen Grenzen dar. Da die Summe der Combinationen von n Elementen ohne Wiederholung 2^n ist, so kann man sich wenigstens die Menge der Zustände zur mathematischen Anschauung bringen, in welche Organismen durch die Combination der maximalen und minimalen Thätigkeiten ihrer Organe gerathen können. Besitzt nämlich die Pflanze n Organe, so kann sie in 2^n Zustände der ge-

nannten Art gerathen, während die Menge dieser Zustände $2^m + n$ beim Thier und $2^m + n + q$ beim Menschen ist, wenn $m + n$ die Zahl der Organe eines Thieres und $m + n + q$ die des Menschen ist. Sind daher $E(v)$, $E(a)$ und $E(m)$ beziehentlich die Empfindungszustände der genannten Art, in welche Vegetabilien, Animalien und der Mensch gerathen können, so ist

$$\begin{aligned} \text{XXXVII)} \quad \frac{E(a)}{E(v)} &= \frac{2^m}{1}, \\ \frac{E(m)}{E(v)} &= \frac{2^m + q}{1}, \\ \frac{E(m)}{E(a)} &= \frac{2^m}{1}. \end{aligned}$$

Da nun bei höher organisirten Thieren m schon sehr gross und beim Menschen schon wegen seines entwickelteren Nervensystemes, seiner Haut und Hand q eine sehr beträchtliche Grösse ist, so steht der Mensch in Bezug der Mannigfaltigkeit verschiedenartiger Empfindungen unübersehbar weit über den Thieren und Pflanzen. Bei der ungeheuern Anzahl von verschiedenartigen Empfindungszuständen, in welche der Mensch gerathen kann, konnte er bei einseitiger Vergleichung der Pflanzen und Thiere in dieser Beziehung mit sich selbst leicht auf den Glauben gerathen, dass die Pflanzen gar nicht und die Thiere sehr wenig empfinden. Es sind aber die Organismen in Rücksicht ihrer Empfindungsausserungen nicht qualitativ, sondern nur quantitativ verschieden.

Nur unter diesen Verhältnissen ist es möglich, dass der Mensch einen so entschiedenen Einfluss auf die organisirende Thätigkeit der Pflanzen und Thiere ausüben kann, die mit ihm in nähern und innigern Verkehr treten; nur so ist es möglich, dass Thiere und Pflanzen, gleichsam aus Gefallsucht, sich seinen Wünschen accommodiren und sich an Form, Farbe, Mannigfaltigkeit der Art, Nutzbarkeit etc. durch seinen erziehenden Einfluss vervielfältigen und veredeln und zwar immer im Verhältniss zur Vollkommenheit ihres Erziehers. Einige unscheinbare und wenig nutzbare Gräser veredeln sich zu ausgiebigen Getreidearten; die Blumen suchen durch grössere Fülle schön und mannigfaltig gefärbter Kronblätter ihre Erziehungsfähigkeit zu zeigen; das Hausthier eignet sich sogar speciellere psychische Thätigkeiten des Menschen an; die Katze verlängert ihren Darm, um die gemischte Kost des Menschen mit verzehren und mit ihm leben zu können; Pferd und Hund verschönern ihre Gestalt und eignen sich einen Theil der Intelligenz ihrer Erzieher an etc. Der Instinct der Thiere ist entweder eine Fabel, oder es ist auch der Mensch ihm unterworfen.

Speciellere Ernährungserscheinungen bei den Pflanzen.

So zugänglich die Pflanze für das Experiment erscheint, so ist doch mit allen geschehenen Experimenten

ein weit geringeres Maas von Aufklärung über den Zusammenhang der Erscheinungen bei ihrer Ernährung gewonnen worden, als bei den Thieren. Die Ursache hiervon hat allerdings ihren Grund darin, dass die Pflanze keine gesonderten Organe besitzt, die mit der Ernährung im allgemeinen Zusammenhange stehen. Die hierher gehörigen Erfahrungen, soweit sie der Zweck unserer Darstellung erheischt, sind etwa die folgenden:

Alle grünen Theile der Pflanzen saugen unter dem Einfluss des Lichtes und bei Gegenwart von Wasser Kohlensäure ein, hauchen dafür Sauerstoff aus und vermehren während dieser Vorgänge ihr Gewicht, besonders an Kohlenstoff. Die Einsaugung und Aushauchung steht mit der Grösse der Oberflächen in Verhältniss (*Saussure*).

Alle nicht grünen Theile nehmen Sauerstoff auf und hauchen Kohlensäure aus; dasselbe thun die grünen Theile, wenn sie dem Einfluss des Lichtes entzogen werden (*Saussure*).

Alles was die Pflanzen von aussen aufnehmen, muss sich ihnen luftflüssig oder tropfbarflüssig darbieten, da alle Zellen, welche die Oberfläche derselben bilden, dicht aneinander schliessen und an den Wurzeln nicht einmal Spaltöffnungen gefunden werden. Die Zelle selbst ist ein überall geschlossenes blasenartiges Organ.

Wie bei den Thieren zur Bildung der Thiersubstanz, müssen bei der Bildung der Pflanzensubstanz aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff

eine Anzahl anorganische Substanzen wie Kalk, Kali, Natron, Ammoniak, Phosphor, Schwefel, Chlor etc. mitwirken. Was diese Stoffe bei der Bildung der Pflanzensubstanz thun, ist vollständig unbekannt. Nur soviel ist gewiss, dass die alkalischen Substanzen sich innerhalb gewisser Grenzen gegenseitig vertreten können (*Liebig*) und dass jede Pflanze ein gewisses Quantum derselben aufnehmen muss, wenn sie gesund bleiben soll. Es ist ferner Thatsache, dass das Ammoniak in die Pflanzensubstanz eingeht, wobei sein chemischer Charakter vernichtet wird. *Liebig* hat nachgewiesen, dass Ammoniaksalze im aufsteigenden Saft noch vorhanden sind, z. B. Birke, Ahorn etc. Ebenso ist es Thatsache, dass die jüngern Theile der Pflanze mehr Alkalien, die ältern mehr alkalische Erden enthalten, was wohl nur durch die eben erwähnte gegenseitige Vertretung der alkalischen Stoffe möglich wird.

Nach *Liebig* sollen sich die Pflanzen nur von anorganischen Substanzen ernähren und die Hauptmasse ihrer Stoffe aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak bilden, Stoffe, die sich ihnen überall von selbst darbieten. Man brauche daher dem Boden, auf welchem bestimmte Pflanzenarten wachsen sollen, nur die ihnen eigenen anderen anorganischen Stoffe beizumengen. Indessen ist nachgewiesen worden, dass Pflanzen, welche man zwang, sich in einen bloß anorganischen Boden bei Gegenwart von Wasser, Kohlensäure und Ammoniak zu entwickeln, dies nur sehr kümmerlich

gethan haben, während auf der andern Seite schmarozende Pflanzen nur von organischen Stoffen und manche sogar nur von bestimmten organischen Stoffen bestimmter Arten anderer Pflanzen sich nähren. Nach den bisherigen Erfahrungen gehört aber auch zur Ernährung der Pflanzen aus blos anorganischen Substanzen, dass dieselben grün und Blätterpflanzen sind, und doch giebt es eine Menge Pflanzen, welchen die grüne Farbe und die Blätter mangeln, z. B. Pilze, Orchideen, von solchen ist nachgewiesen, wie schon oben bemerkt worden ist, dass sie Kohlensäure abstossen und Sauerstoff anziehen. Die Ernährung der Pflanzen aus anorganischen Substanzen ist daher mindestens keine allgemeine, wohl aber eine in besondern Fällen mehr oder weniger benutzte. Dass manche Pflanzen sich theilweise von anorganischen Substanzen ernähren geht daraus hervor, dass sie auf sterilem Boden nach und nach grosse Massen von Humus erzeugen, wenn sie von Jahr zu Jahr sich selbst überlassen bleiben, was natürlich nur dann möglich ist, wenn sie mehr organischen Stoff bilden als verzehren. Es geht dies aber auch ferner noch daraus hervor, dass von richtig bewirthschafteten Landgütern jährlich grosse Massen organischer Substanzen in Form von Vieh, Getreide, Kartoffeln, Hülsenfrüchten etc. ausgeführt werden, ohne dass von aussenher Einfuhr von organischen Substanzen stattfindet. Das Bedürfniss von organischen Stoffen zur Ernährung ist aber bei verschiedenen Vegetabilien sehr verschieden,

Cerealien z. B. verlangen davon sehr viel, während Heidekraut, Buchweizen, Föhren etc. sehr wenig davon bedürfen.

Wenn es nach diesen Erfahrungen unzweifelhaft ist, dass auch die nichtschmarozenden Pflanzen sich zum Theil von organischen Substanzen ernähren, so musste die Frage entstehen, woher sie solche Substanzen als Nahrungsmittel beziehen und ob die Theile der lebenden Pflanzen Auflösungen von organischen Substanzen aufnehmen. In dieser letztern Beziehung haben *Mulder*, *Saussure*, *Johnson*, *Trinchinetti* u. a. nachgewiesen, dass vorzugsweise die Wurzeln Auflösungen vegetabilischer Substanzen einsaugen, z. B. Gerbsäure, humose Verbindungen etc.

Durch ihr allgemeines Vorkommen und ihre Beziehungen zu dem für die Pflanzen so wichtigen Ammoniak sind nur die Humussubstanzen geeignet, den Pflanzen als organische Nahrungsstoffe zu dienen und dies umsomehr, als sie das Ammoniak festhalten, das theils bei der Verwesung organischer Körper, theils aus der Atmosphäre mit Regen und Schnee herunter kommt (*Liebig*), an sich reissen, binden und mit ihm verschieden lösliche Verbindungen eingehen (*Mulder*).

Das Vorkommen beträchtlicher Mengen von Ammoniaksalzen im aufsteigenden Safte der Pflanzen und der Umstand, dass vorzugsweise die jüngsten Theile derselben zur Ernährung der Thiere dienen, da sie neben Cellulosen das meiste Protein enthalten, beweist hin-

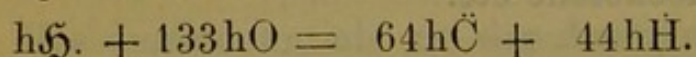
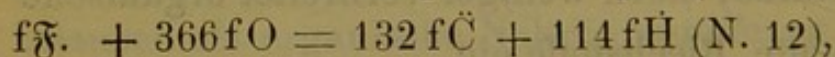
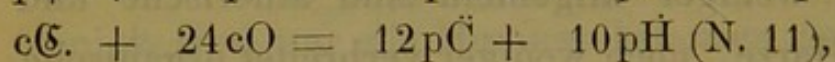
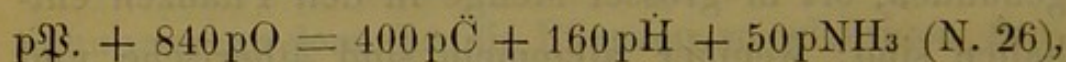
reichend, dass die Proteinsubstanzen in den dem Lichte und der Atmosphäre zugänglichen Theilen der Pflanzen gebildet werden.

Alle Pflanzen zusammengenommen bilden eine unabsehbare Menge besonderer organischer Substanzen, von denen bis jetzt nur der kleinste Theil chemisch untersucht worden ist. Die Bildung der nicht allgemeinen organischen Stoffe steht mit der Art der Pflanzen, mit dem Standort, dem Clima, der Jahreszeit etc. in engster Verbindung. Unter die allgemeinsten Pflanzenstoffe gehört das Holz, die Proteinkörper, die Cellulosen (Zucker, Gummi, Amylon etc.). Noch sehr allgemein sind organische Säuren, besonders Oxalsäure, Weinsäure, Aepfelsäure etc., die bald frei, bald an Alkalien gebunden, oft in grosser Menge in den Pflanzen enthalten sind; weniger allgemein sind ätherische und fette Oele, Harze, noch weniger verbreitet organische Basen, Pigmente, Riechstoffe etc.

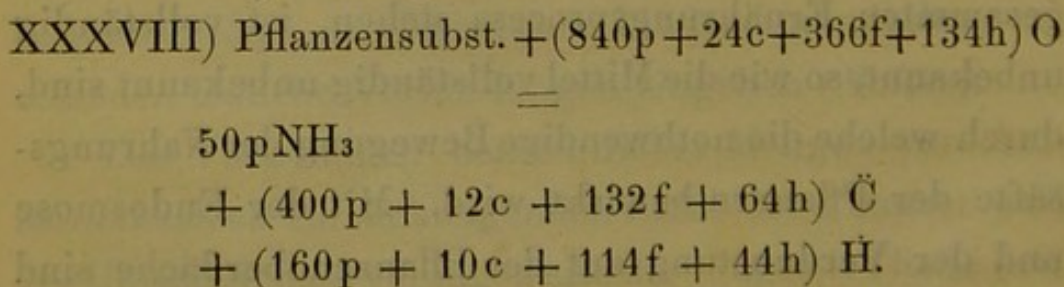
In welchen chemischen Beziehungen die in lebenden Pflanzen gefundenen Stoffe untereinander und zum gesammten Ernährungsprocess stehen, ist vollständig unbekannt, so wie die Mittel vollständig unbekannt sind, durch welche die nothwendige Bewegung der Nahrungssäfte der Pflanzen bewirkt wird. Mit der Endosmose und der Verdunstung auf der Pflanzenoberfläche sind die betreffenden Erscheinungen nicht genügend zu erklären.

Die Pflanzen excerniren und secerniren wie dies die Thiere thun. Entschieden sind zu den Excretionen der Sauerstoff, die Blätter und Früchte zu rechnen, den Secretionsstoffen sind die Kohlensäure, die Cellulosen beizuzählen.

Um eine bequeme Vergleichung der Pflanzensubstanz möglich zu machen, zerlegen wir dieselben ebenfalls in ihre nähern und entfernten Bestandtheile, in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, ohne jedoch die Ansicht *Liebig's* über die Ernährung der Pflanzen allgemein vertreten zu wollen. Die massenhaften Substanzen des Pflanzenkörpers sind Holz, Cellulosen und Proteinkörper, in den jüngern Theilen sind ziemlich allgemein fettartige Substanzen. Sind also h $\mathfrak{S}$., c $\mathfrak{C}$., f $\mathfrak{F}$., p $\mathfrak{P}$. die beziehlichen Hauptmassen der Pflanze, so ist



Also ist bei der chemischen Elementaranalyse nach diesen Hülfsleichungen:



Bildet sich hiernach ein Theil Pflanzensubstanz aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, so muss

immer Sauerstoff von dieser Stoffsumme abgetrennt werden.

Da nun ist:

$$\begin{aligned} 84) \text{ Thiersubstanz} &= p\beta. + f\mathfrak{F}. \\ &= \\ (400p + 133f) \ddot{C} + (160p + 114f) \dot{H} + 50NH_3 \\ &\quad - (840p + 366f) O, \end{aligned}$$

so ist nach der vorigen Gleichung

$$\begin{aligned} XXXIX) \text{ Pflanzensubstanz} + (133h + 24c) O \\ &= \\ \text{Thiersubstanz} + (64h + 12c) \ddot{C} + (44h + 10c) \dot{H}. \end{aligned}$$

Wenn also hiernach alle Pflanzensubstanz aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak gebildet würde, so machten die Pflanzen mehr Sauerstoff aus der Kohlensäure und dem Wasser frei, als im Respirationsprocess der Thiere verbraucht wird.

Da man ferner hat

$$(64h + 12c) \ddot{C} = (64h + 12c) C + 2.(64h + 12c) O$$

und

$$(44h + 10c) \dot{H} = (44h + 10c) H + (44h + 10c) O$$

so ist nach der Gleichung XXXIX:

$$XL) \text{ Pflanzensubstanz} \\ &=$$

$$\text{Thiersubstanz} + (64h + 12c)C + (44h + 10c)H + (39h + 10c)O$$

oder:

$$\text{Pflanzensubstanz} = \text{Thiersubstanz} + \text{Humusmaterial.}$$

Wird also vom Thier Pflanzensubstanz verzehrt, so muss zunächst immer Pflanzensubstanz (als Faeces)

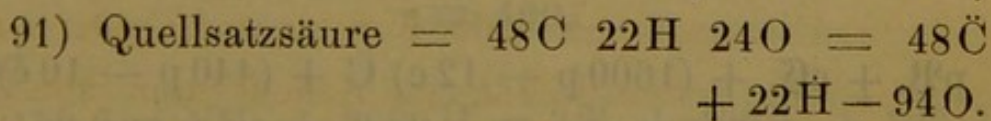
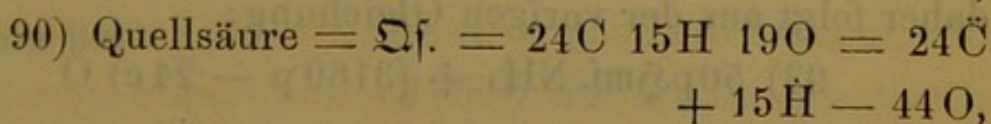
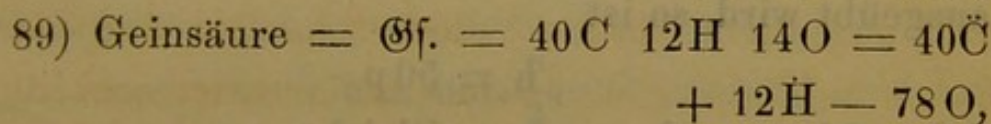
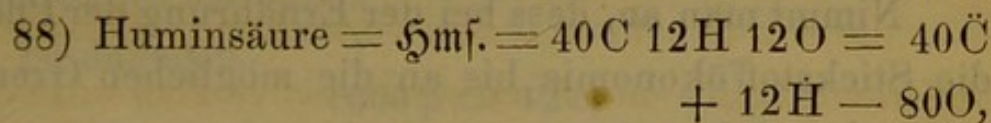
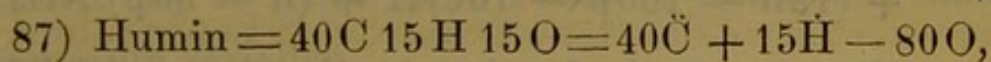
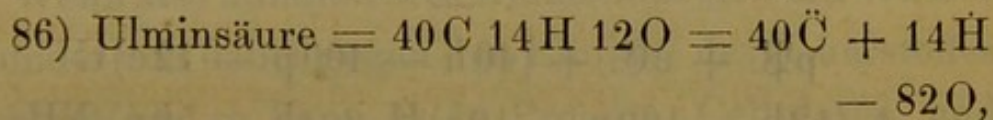
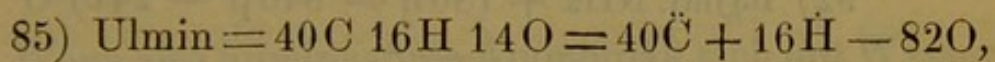
abgetrennt und abgestossen werden, die dann zur Humusbildung auf der Erdoberfläche beiträgt und namentlich bei einer guten Bewirthschaftung der Landgüter einen werthvollen Gegenstand bildet.

Massenhafte Bildung der Pflanzensubstanz.

Es ist wohl durch die Erfahrung erwiesen, dass ein Theil der Pflanzensubstanz sich aus anorganischen Stoffen bildet. Es ist aber auch Thatsache, dass Pflanzen, denen zu ihrer Ernährung nur anorganische Stoffe dargeboten werden, ein kümmerliches Leben führen und ihre Masse nur sehr sparsam vermehren. Die Erfahrungen der Land- und Forstwirthe haben aber unzweifelhaft dargethan, dass zu einer schnellen und massenhaften Bildung von forst- und landwirthschaftlichen Erzeugnissen des Bodens, diesem wiederholt eine Summe organischer Substanzen dargeboten werden muss und dass die Ertragsfähigkeit der Forsten und Felder ausser den anorganischen Salzen im Boden auch von dem Humusgehalt desselben abhängig ist. Von *Mulder* ist dargethan worden, dass der Humus auch das Ammoniak in reichlicher Menge enthält, das die Pflanze zu ihrer Ernährung bedarf. Ebenso ist durch diesen Forscher bewiesen, dass die Wurzeln der Pflanzen Auflösungen von Humussubstanzen einsaugen. Es sind daher jedenfalls die auflöslichen Humusverbindungen,

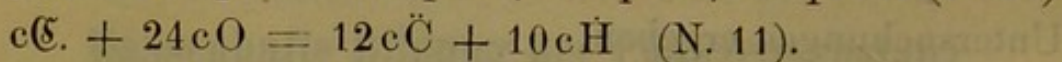
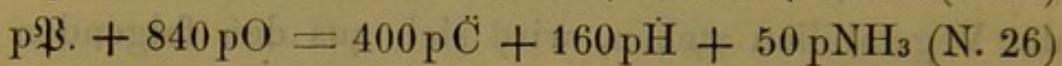
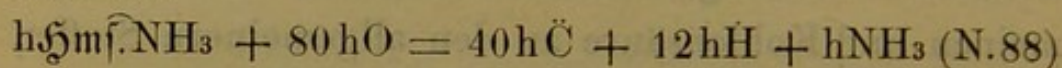
welche die massenhafte Bildung der Pflanzensubstanz in derselben Zeit vermitteln, in welcher aus Kohlensäure geringere Substanzmassen erzeugt werden. In welchen Beziehungen Humussubstanzen zu den allgemeinen und Kohlensäure zu den allgemeineren Stoffen der Vegetabilien stehen, wird sich aus den folgenden Untersuchungen ergeben.

Es ist

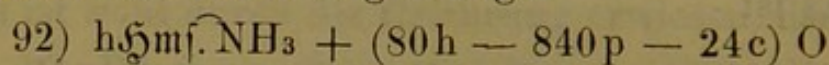


Von diesen Körpern sind Ulminsäure, Huminsäure und Quellsatzsäure in alkalisirtem Wasser löslich, Quellsäure löst sich in blosem Wasser. Darin und in alkalisirtem Wasser unlöslich sind Ulmin und Humin; doch gehen die unlöslichen Formen leicht in die löslichen über.

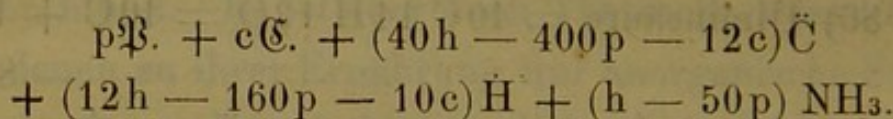
Von diesen Körpern wollen wir zunächst bloß das huminsaure Ammoniak in seinen möglichen Beziehungen zur Protein- und Cellulosenbildung untersuchen. Man hat



Aus diesen Gleichungen folgt:



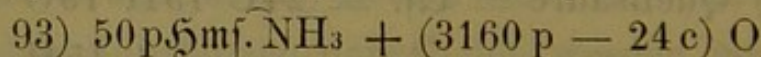
=



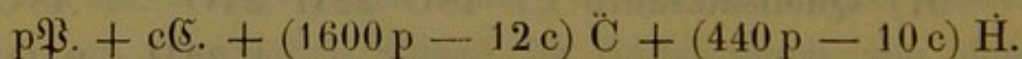
Nimmt man an, dass bei der Ernährung der Pflanze die Stickstoffökonomie bis an die möglichen Grenzen ausgeübt wird, so ist

$$h = 50p$$

daher folgt aus der vorigen Gleichung:



=



Da die Pflanzen bald Kohlensäure anziehen und Sauerstoff abstoßen, bald Sauerstoff anziehen und Kohlensäure abgeben, so wird zu untersuchen sein, welche Resultate diese Gleichung giebt, wenn einmal bei dem Sauerstoff und ein andermal bei dem Kohlenstoff die möglichste Oekonomie in Anwendung gebracht wird, denn im Protein herrscht die Kohlenstoffmasse, in den

Cellulosen die Sauerstoffmasse vor. Im ersteren Fall ist

$$3160p = 24c,$$

also:

$$c = 395 \cdot \frac{p}{3}$$

folglich ist bei

$$p = 3$$

$$c = 395;$$

daher:

$$94) 150 \text{ Hmf.NH}_3 + 2630 \text{ H} = 3 \text{ P.} + 395 \text{ C.} + 3660 \text{ O.}$$

Wenn also huminsaures Ammoniak sich mit Wasser verbindet und dabei gegen den Einfluss des Sauerstoffes geschützt ist, so kann es in Protein, Cellulosen und Kohlensäure zerfallen.

Ist dagegen

$$1600p = 12c,$$

also

$$c = 400 \cdot \frac{p}{3},$$

mithin bei

$$p = 3,$$

$$c = 400,$$

so ist

$$95) 150 \text{ Hmf.NH}_3 + 2680 \text{ H} = 3 \text{ P.} + 400 \text{ C.} + 120 \text{ O.}$$

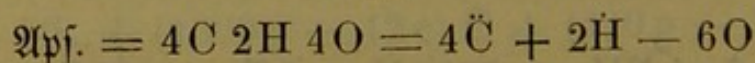
Auch hiernach kann das huminsaure Ammoniak unter Aufnahme von Wasser in Protein, Cellulosen und Sauerstoff zerfallen. Während aber nach der vorigen Gleichung Kohlensäure zu excerniren ist, ist noch dieser Sauerstoff abzustossen. Uebrigens ist die Aufnahme von Wasser und die Bildung von Cellulosen unter den

Umständen der letzten Gleichung grösser, als unter den Umständen der vorhergehenden. Sonst ist nach der letzten Gleichung, wenn die Ernährung der Pflanzen aus Humussubstanzen und Wasser erfolgt, die Sauerstoffexcretion gegen die Massenbildung so gering, dass sie schwerlich für die Beobachtung und das Experiment zugänglich ist.

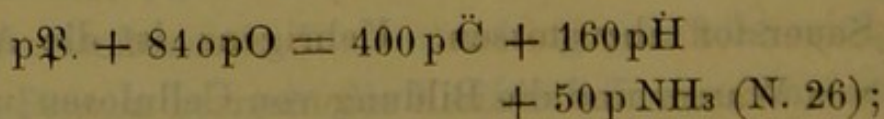
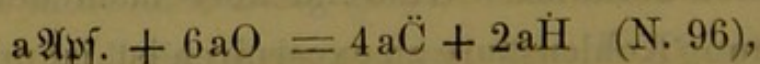
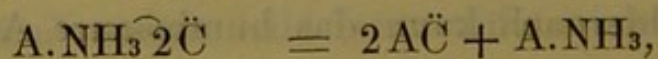
Die Sauerstoffexcretion der Pflanzen ist nach allgemeinen Erfahrungen nicht gross genug, um die Bildung der Cellulosen in einer gewissen Zeit aus der Kohlensäure herleiten zu können. Wahrscheinlicher ist es, dass nur die Pflanzensäuren, besonders aber die Oxalsäure aus Kohlensäure bei der Pflanzenernährung entstehen. Knüpfen wir die betreffende Untersuchung an doppelkohlensaures Ammoniak und berücksichtigen dabei bloss Protein, Oxalsäure und Aepfelsäure, so hat man wegen

96) Aepfelsäure

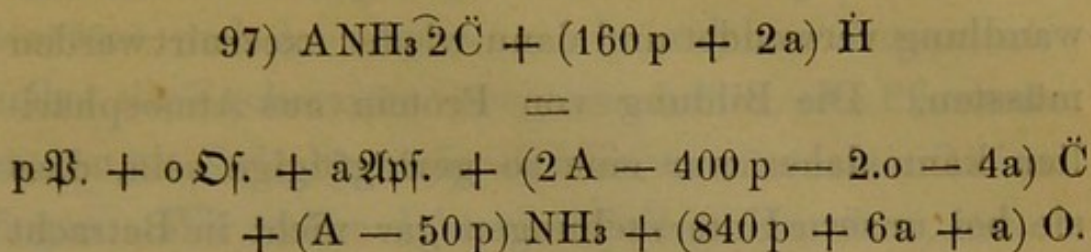
=



die Hülfsleichungen:



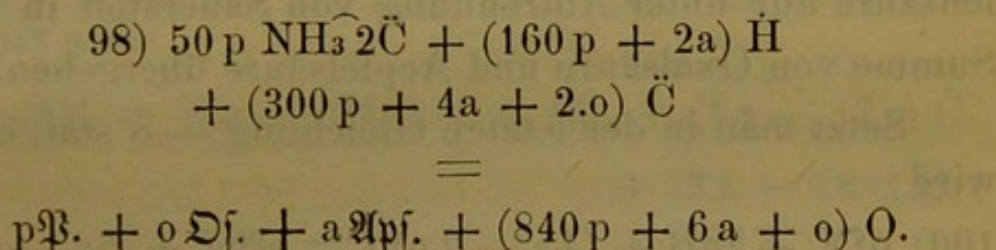
also ist



In dieser Gleichung ist nun zunächst wegen der nöthigen Stickstoffökonomie

$$\text{A} = 50\text{p}.$$

Damit geht die vorige Gleichung über in



Nach dieser Gleichung ist die Pflanze genöthigt, Kohlensäure anzuziehen und Sauerstoff abzustossen, wenn sie doppeltkohlensaures Ammoniak in sich aufgenommen hat; dabei kann sie Protein, Oxalsäure und Aepfelsäure erzeugen und damit ihre Masse vergrössern. Dies stimmt im Allgemeinen mit den Resultaten der Experimente von *Saussure* überein. Die Aussagen dieser Gleichung können sich aber blos auf atmosphärisches Ammoniak beziehen; denn wird dieses nach *Liebig* durch Regen und Schnee dem Boden zugeführt, so werden die Humussubstanzen nach den Untersuchungen *Mulder's* kaum etwas davon an die Kohlensäure gelangen lassen. Dass sich aber die Humussubstanzen erst in Kohlensäure verwandeln sollten, ist gar nicht denkbar,

weil dann ungeheure Sauerstoffmengen zu dieser Umwandlung verwendet und dann wieder excernirt werden müssten. Die Bildung von Protein aus Atmosphärien kann daher nur eine so geringfügige sein, dass sie bei unsern Untersuchungen gar nicht in Betracht kommt. Setzen wir daher $p = 0$, so folgt aus der letzten Gleichung:

$$99) 2a\dot{H} + (4a + 2.0) \ddot{C} = o\mathfrak{D}\mathfrak{f}. + a\mathfrak{A}\mathfrak{p}\mathfrak{f}. + (6a + 0) O.$$

Hiernach kann eine Summe von Wasser und Kohlensäure nur unter Abtrennung von Sauerstoff in eine Summe von Oxalsäure und Aepfelsäure übergehen.

Setzt man in der letzten Gleichung — 0 statt o, so wird

$$100) o\mathfrak{D}\mathfrak{f}. + 2a\dot{H} + (4a - 2.0) \ddot{C} = a\mathfrak{A}\mathfrak{p}\mathfrak{f}. + (6a - 0) O.$$

Steht keine Kohlensäure zur Disposition, die mit der Oxalsäure verbraucht werden kann, so ist

$$0 = 2a;$$

also:

$$101) 2\mathfrak{D}\mathfrak{f}. + 2\dot{H} = \mathfrak{A}\mathfrak{p}\mathfrak{f}. + 4O.$$

Oxalsäure kann also bei Gegenwart von Wasser in Aepfelsäure übergehen, wobei Sauerstoff frei wird.

Fehlen aber die Mittel zur Abtrennung von Sauerstoff (z. B. Licht), so ist

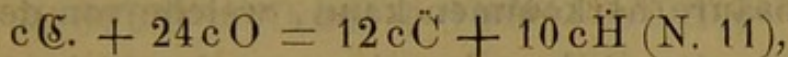
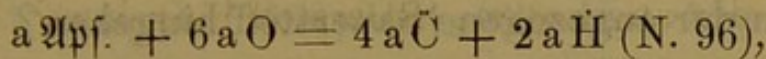
$$0 = 6a;$$

daher nach N. 100

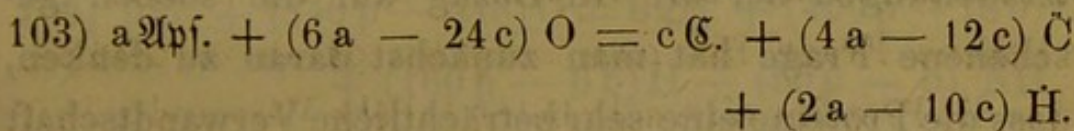
$$102) 6\mathfrak{D}\mathfrak{f}. + 2\dot{H} = \mathfrak{A}\mathfrak{p}\mathfrak{f}. + 8\ddot{C}.$$

Es kann sich also im Dunkeln aus Oxalsäure und Wasser ebenfalls Aepfelsäure bilden, aber es wird hierbei Kohlensäure statt Sauerstoff abgetrennt.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass zwischen der Kohlensäure und den Cellulosen, in welcher Gruppe wir selbst alle Zuckerarten inbegriffen haben, alle Pflanzensäuren als Zwischenstufen der Kohlensäureassimilation liegen. Wir wollen daher den Fall untersuchen, unter welchen Bedingungen Aepfelsäure in Cellulosen z. B. bei der Reifung des Obstes übergehen kann. Es ist



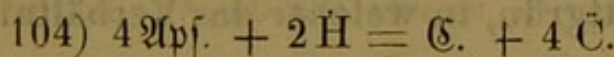
also hat man:



Wird kein Sauerstoff abgetrennt, so ist

$$a = 4c.$$

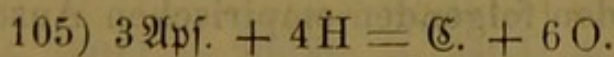
Also ist nach der letzten Gleichung:



Wird keine Kohlensäure ausgeschieden, so ist

$$a = 3c,$$

mithin ist nach der vorhergehenden Gleichung



Nach diesen beiden Gleichungen können also bei Gegenwart von Wasser aus Aepfelsäure Cellulosen gebildet und dabei nach Umständen Kohlensäure oder Sauerstoff frei werden.

Nach den Gleichungen N. 94 bis N. 105 werden die Proteine und die Cellulosen, mögen sie aus Humussubstanzen oder aus Kohlensäure gebildet werden, blos unter Aufnahme von Wasser erzeugt und dabei wird nach Umständen Kohlensäure oder Sauerstoff excernirt. Nach *Saussure* ziehen aber die Pflanzen auch Sauerstoff an und stossen dabei Kohlensäure ab. Es fragt sich, wo kann der angezogene Sauerstoff hingehen? Wo die Kohlensäure herkommen kann, welche von den Pflanzen excernirt wird, geht schon aus den bisherigen Untersuchungen hervor. In Bezug auf die soeben geschehene Frage hat man zunächst daran zu denken, dass die Proteine eine sehr beträchtliche Verwandtschaft zum Sauerstoff haben. Es ist daher wahrscheinlich, dass der von den Pflanzen aufgenommene Sauerstoff an die Proteine geht. Nun giebt es ausser den Proteinkörpern eine sehr allgemeine stickstoffhaltige Verbindung, das Blattgrün, in welcher das Verhältniss des Kohlenstoffes zum Sauerstoff nicht so gross ist, wie in den Proteinkörpern. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass das Blattgrün ein Zerstörungsproduct des Proteines durch den angezogenen Sauerstoff ist. Sondern wir nämlich in den folgenden empirischen Ausdrücken den Koefficienten des Sauerstoffes als gemeinschaftlichen Factor ab, so ist

$$\begin{aligned}
 106) \text{ Protein} &= 400\text{C } 310\text{H } 120\text{O } 50\text{N} \\
 &= 120(3,3\text{C } 2,6\text{H } 1\text{O } 0,4\text{N}),
 \end{aligned}$$

$$107) \text{ Blattgrün} = 18\text{C } 9\text{H } 8\text{O } 1\text{N} \\ = 8 (2,25\text{C } 1,1\text{H } 1\text{O } 0,12\text{N}).$$

Daher

$$108) \text{ Blattgrün} = 18\text{C} + 6\text{H} + \text{NH}_3 - 34\text{O} = \mathfrak{B}_g.$$

Es ist also das Verhältniss des Kohlenstoffes zum Sauerstoff im Blattgrün viel kleiner als im Protein.

Nun ist

$$p\mathfrak{P} + 840p\text{O} = 400p\text{C} + 160p\text{H} + 50p\text{NH}_3,$$

$$b\mathfrak{B}_g + 34b\text{O} = 18b\text{C} + 6b\text{H} + b\text{NH}_3;$$

also ist

$$109) p\mathfrak{P} + (840p - 346)\text{O} = b\mathfrak{B}_g + (400p - 18b)\text{C} \\ + (160p - 6b)\text{H} - (50p - b)\text{NH}_3.$$

Wird keine Kohlensäure bei der Blattgrünbildung durch Oxydation des Proteines abgetrennt, so ist

$$200p = 9b,$$

oder:

$$b = 200 \frac{p}{9}.$$

Ist nun

$$p = 9,$$

so ist

$$b = 200.$$

Mit diesen Werthen ist nach N. 109

$$110) 9\mathfrak{P} + 760\text{O} = 200\mathfrak{B}_g + 240\text{H} + 250\text{NH}_3,$$

oder:

$$0,9\mathfrak{P} + 76\text{O} = 20\mathfrak{B}_g + 24\text{H} + 25\text{NH}_3.$$

Es kann hiernach Protein unter Aufnahme von Sauerstoff in Blattgrün übergehen, während Wasser und

Ammoniak austreten. Das ausgetretene Ammoniak findet stickstofffreie Substanzen in Menge, mit denen im Moment des Austrittes eine Proteinneubildung eingeleitet und ausgeführt werden kann.

Aus N. 109 folgt auch:

$$111) \quad b \mathfrak{B}_g. + (34b - 840p) O = p \mathfrak{P}. + (18b - 400p) \check{C} \\ + (6b - 160p) H + (b - 50p) NH_3.$$

Wäre Blattgrün eine Uebergangsstufe zum Protein, so müsste

$$b = 50p \text{ sein,}$$

dann ist

$$112) \quad 50 \mathfrak{B}_g. + 860 O = \mathfrak{P}. + 500 \check{C} + 160 H.$$

Mit N. 18 folgt hieraus:

$$113) \quad 50 b \mathfrak{B}_g. + (860b - 24c) O = b \mathfrak{P}. + c \mathfrak{C}. \\ + (500b - 12c) \check{C} + (160b - 10c) H.$$

Soll hier aller Kohlenstoff erspart werden, so ist

$$500b = 12c;$$

oder

$$\text{bei } b = 3,$$

$$c = 125;$$

also

$$114) \quad 150 \mathfrak{B}_g. + 770 H = 3 \mathfrak{P}. + 125 \mathfrak{C}. + 420 O.$$

Ist Sauerstoff nicht abtrennbar, so ist

$$860b = 24c,$$

oder

$$215b = 6c;$$

folglich bei $c = 215$,

$$b = 6.$$

Also ist

$$115) \quad 300 \text{ Bg.} + 1190 \text{ H} = 6 \text{ P.} + 215 \text{ C.} + 420 \text{ C.}$$

Nach diesen beiden Gleichungen wäre die Bildung der Cellulosen und des Proteines von Blattgrün abhängig. Da jene aber die vorherrschende Masse der Pflanze bilden, so ist die Bildung der Proteine und des Blattgrünes nur neben der Cellulosenbildung denkbar. Uebrigens erscheint nach diesen beiden Gleichungen das Blattgrün als ein vortrefflicher Nahrungsstoff für den Pflanzenfresser.

Wie das Besondere in der Natur unter bestimmten Umständen immer aus dem Allgemeinen hervorgeht, so giebt es auch noch eine Unzahl besondere Pflanzensubstanzen, die gewiss sämmtlich unter bestimmten Umständen aus Protein, oder Cellulosen, oder Pflanzensäuren, Blattgrün und andern allgemeineren Pflanzensubstanzen entstehen. Obgleich nun die neuere Chemie den natürlichen Zusammenhang einer grossen Anzahl dieser besondern Stoffe untereinander durch die Entdeckung organischer Radicale aufgefunden hat, so sind doch für die gemeinen Sinne sowohl, wie für das mathematische Auge die Fäden noch nicht erkennbar, an welchen sie sich aus den allgemeinen Substanzen abwickeln. Die dazwischen liegende Kluft ist bis jetzt nur auf dem Dichterpfad zu überspringen. Damit wollen wir uns nicht befassen.

Sehen wir uns nach den allgemeineren Resultaten um, zu welchen die Untersuchungen von N. 84 bis N. 105 geführt haben, so sind die in den folgenden Nummern hervorgehobenen die wichtigsten.

XLI) Die Organismen nehmen das, was sie brauchen und wie sie es brauchen wo sie es finden und lassen davon nur los, was sie nicht zurückhalten können.

Die Thiere können nicht verhindern, dass der Sauerstoff ihr Protein zerstört, sie bilden es aber aus den brauchbaren Zerstörungsproducten neu. Da sie die dabei gebildete Kohlensäure und den Harnstoff nicht benutzen können, so lassen sie dieselben fort. Die Pflanze bildet ihre allgemeinen Substanzen aus Humusmaterien oder aus Atmosphärilien, wie sie derselben habhaft werden kann. Sie verwendet zur Umbildung dieser Substanzen bloß Wasser; das Unbrauchbare stösst sie continuirlich bei Mangel an Licht als Kohlensäure, bei Gegenwart von Licht als Sauerstoff ab. Sie trennt Kohlensäure ab, weil sie gewiss ist, andere wieder habhaft zu werden.

XLII) Als nothwendige, allgemeine und continuirliche Excretionen der Vegetabilien erscheinen der Sauerstoff und das Protein in den Früchten und Blättern.

Nach den obigen Gleichungen muss immer Sauerstoff abgetrennt werden, wenn keine Kohlensäure abgestossen wird, mag die Ernährung aus anorganischen oder aus organischen Stoffen erfolgen, und umgekehrt muss

immer Kohlensäure abgetrennt werden, wenn kein Sauerstoff abgegeben wird.

XLIII) Die Pflanzen secerniren continuirlich und allgemein Kohlensäure.

Die Secretion der Kohlensäure kann bei den Pflanzen leicht als Excretion erscheinen, weil beide einerlei Richtung nehmen. Indessen darf man nur bedenken, dass die Pflanze keinen Darm zu besitzen braucht, in welchen bei den Thieren alle wichtigen und massenhaften Secretionen zu fernerer Benutzung ergossen werden. Die Pflanze secernirt und excernirt in den Boden und in die Atmosphäre, wo Kohlensäure überall vorhanden ist und von wo sie derselben immer wieder habhaft werden kann, wenn sie derselben bedarf.

In Betreff dieser beiden Nummern darf nicht unerwähnt bleiben, dass jetzt eine allgemeiner bekannt gewordene Thatsache die Erfahrung zweifelhaft macht, nach welcher die nicht grünen Pflanzentheile Sauerstoff anziehen und Kohlensäure austreten lassen sollen. Es sind dies die Erscheinungen, welche die jetzt beliebten Aquarien darbieten, zu denen, wenn ich nicht irre, die erste Idee von *Liebig*, als unmittelbarer Ausfluss seiner Ernährungstheorie, ausgegangen ist. In diesen Aquarien treiben Pflanzen ihre Wurzeln in das Wasser, in welchem allerlei Wasserthiere leben und sich in diesem Wasser wohlbefinden, ohne dass dasselbe erneuert zu werden braucht und in denen man höchstens das durch Verdunstung fortgehende durch Nachgiessen ergänzt.

Wenn nun die Beobachtung richtig wäre, dass nicht grüne Pflanzentheile Sauerstoff anziehen und Kohlensäure abgeben, so trügen die Pflanzen hier nicht wenig bei, den Wasserthieren das Leben zu gefährten, da sie ihnen nicht nur den zum Athmen nöthigen Sauerstoff schmälern und endlich ganz entziehen müssten, sondern sie brächten auch mehr von der ihnen gefährlichen Kohlensäure mit ihren Athmungswerkzeugen in Verkehr, als durch sie allein geschehen würde. Dennoch entsteht in den Aquarien kein Mangel an Sauerstoff und die Kohlensäure scheint den Thieren keinen Nachtheil zuzufügen, während doch auch bekannt ist, dass bei Wasser, welches längere Zeit steht, der Gehalt an atmosphärischer Luft verringert wird und sich nicht von selbst erneuert. Die Erfahrung aber steht zu fest, dass die in Aquarien benutzten Thiere Sauerstoff verbrauchen und Kohlensäure abstoßen; es muss also an der andern Erfahrung Etwas nicht in Richtigkeit sein. In meinem Aquarium, das aus einem gläsernen cylinderförmigen Gefäß von zwei Fuss Durchmesser und einen Fuss Höhe besteht, befinden sich circa 50 Pfund Wasser, Wasserpflanzen und kleine Fische, welche letztere zusammen etwa sieben Loth wiegen. So lange ich dasselbe besitze, ist das Wasser (vom Monat August bis jetzt im October) nur dreimal erneuert worden, weil aufgelöste Humussubstanzen dasselbe gefärbt hatten und dennoch befinden sich alle Fische wohl. Nach den Erscheinungen, welche Aquarien darbieten, müssen noth-

wendig die Wurzeln ebenfalls Sauerstoff abgeben und Kohlensäure anziehen, sonst müsste das Leben der Thiere in kurzer Zeit in Gefahr gerathen. Hier bietet sich also für Experimentatoren interessantes und wichtiges Material zu neuen Versuchen dar. Die bei unsern Untersuchungen entwickelten Gleichungen sagen natürlich nur, was möglicher Weise geschehen kann, nicht aber was nothwendig geschehen muss. — Ueber das Eine oder das Andere hat allein die Erfahrung zu entscheiden.

XLIV) Die Sauerstoffanziehung steht nach N. 108 bei den Pflanzen so wenig in nähern Beziehungen zur Kohlensäuresecretion, wie dies bei den Thieren der Fall ist.

Nach 108 kann sich z. B. aus Protein unter Sauerstoffverbrauch Chlorophyll bilden, ohne dass Kohlensäure abgetrennt wird. Dies folgt auch aus N. XLII. und XLIII.

XLV) In Betracht der Stoffausgiebigkeit der Kohlensäure und der Humussubstanzen können die Pflanzensäuren nur Uebergangsstufen der Kohlensäure in die allgemeinen Pflanzensubstanzen sein.

Wir schliessen vorläufig hiermit unsere Untersuchungen über die Ernährung der Organismen, die, mit der mathematischen Sonde unternommen, zu Resultaten geführt haben, welche sehr beträchlich von denen abweichen, die die Physiologen aus einseitigen Gesichtspunkten und aus isolirten Thatsachen vorherrschend nach dem Princip

„post hoc, ergo propter hoc“

gewonnen haben und die wie ihre Grundlagen in keinem andern als nur künstlichen Zusammenhang stehen und in keinen andern als einen solchen gebracht werden können. So gewonnene Wissenschaft wird sich nie in der Zeit behaupten können — die folgende zerstört immer wieder, was die vorhergehende gebaut hat. Man vermeidet es sorgsam, so gewonnene Resultate mit mathematischen zu vergleichen, die allen Jahrtausenden trotzen, wenn sie auf richtigen Grundlagen gewachsen sind und die höchstens der Zeit darin Rechnung tragen, dass sie zuweilen ein veraltetes Kleid mit einem modernen vertauschen.

Resumé.

Das Besondere in der Natur entwickelt sich immer aus dem Allgemeinen; niemals findet das Umgekehrte statt. Es können daher auch Naturstudien nur selten zu allgemeinen Wissen über die Natur führen, wenn vom Besondern in der Natur ausgegangen wird. Kenntnisse werden wohl auf diesem Weg in grosser Menge erlangt, das Wissen aber, das auf demselben gewonnen wird, ist immer ein sehr dürftiges. Dies gilt von dem ärztlichen und anderem Wissen überhaupt, insbesondere aber von der Ernährung der Organismen. Bei meinen Untersuchungen ist versucht worden, die Fäden aufzufinden, welche vom Allgemeinen zum Besondern führen. Als Führerin hat neben guten Erfahrungen die Mathematik gedient. Es giebt keinen Grund, dieselbe von der Hand zu weisen; im Gegentheil giebt es kein allgemeines Naturwissen, an welchem sie nicht einen wesentlichen Antheil hätte. Sie allein bedingt überall die wissenschaftliche Physionomie, wo es sich

um allgemeineres Wissen handelt. Die Chemie z. B., als jüngerer Zweig der Naturwissenschaften, verdankt ihre wissenschaftliche Physionomie vorzüglich der Mathematik.

Die Mathematik kann nur da eine nützliche Führerin werden, wo bereits die Zahl festen Grund und Boden gewonnen hat. Ist dieser Boden vorhanden, so handelt es sich blos noch darum, den an die Mathematik gerichteten Fragen eine Fassung zu geben, die sowohl ihrer Natur, als dem Wesen des zu erörternden Gegenstandes entspricht. Werden solche Fragen in allgemeiner Form an sie gerichtet, so wird sie über denselben Gegenstand oft mehrfache Auskunft ertheilen. Welches die bessere ist, darüber hat die Erfahrung zu entscheiden. Die Mathematik kann die Erfahrung weder entbehrlich machen wollen, noch entbehrlich machen sollen; denn sie selbst ist — und zwar die allgemeinste — Erfahrungswissenschaft; soll sie führen, so muss sie an Erfahrungen anknüpfen können; wohin sie aber führt, muss durch die Erfahrung geprüft werden.

Die Ernährung der Organismen ist ein Gebiet der Physiologie, auf welchen durch die heutige organische Chemie die Zahl längst so gepflegt ist, dass bei betreffenden Fragen der Mathematik ein Recht zusteht, Sitz und Stimme dabei sich anzueignen. Von der organischen Chemie ist längst hinreichend festgestellt, dass die wichtigsten bei der Ernährung der Organismen in Be-

tracht kommenden Substanzen die allgemeine mathematische Form

1) $Cc Hh Oo Nn$
haben und dass in dieser Form nicht nur c , h , o und n bei verschiedenen Substanzen die verschiedensten numerischen Werthe haben, sondern auch, dass bald n , bald o und n , bald h und o , bald h und n sich annulliren, wobei bloß zu bemerken ist, dass die Koefficienten c , h etc. immer ganze Zahlen sind und dass der Einfachheit wegen zwischen den Producten Cc , Hh , Oo und Nn das Additionszeichen ausgelassen ist.

Nach dem von mir eingeschlagenen Weg wird zunächst nach den Zusammenhang der allgemeinsten Ernährungserscheinungen zu fragen sein. Die allgemeinsten Vorgänge bei der Ernährung aber sind, dass jeder Organismus, so lange er lebt, continuirlich Stoffe von Aussen einführt und andere dahin ausführt. Es handelt sich also zunächst um die Frage, in welchen Beziehungen stehen die Ausfuhrstoffe zur Materie des organischen Körpers und zu den Einfuhrstoffen? Diese Frage bezieht sich auf Thiere und Pflanzen; sie muss also für die einen und für die andern besonders beantwortet werden. Die Thiere sowohl als die Pflanzen lassen sich in eine Reihe anordnen, deren Glieder nach und nach nicht nur immer mehr Organe enthalten, sondern auch immer vollkommener entwickelte Organe. Da es unmöglich ist, jene Frage für alle Glieder dieser Reihe zugleich zu beantworten, so wird es sich weiter um die

neue Frage handeln: An welchen Gliedern soll dies zunächst geschehen? An höher entwickelten Organismen sind alle besondern Lebenserscheinungen schärfer getrennt, als bei niedern, es werden sich also die vollkommensten Organismen zur nächsten Beantwortung der ersten Frage am besten eignen und zwar aus demselben Grunde für das Thier am allernächsten.

Beim höherorganisirten Thier, sowie auch beim Menschen, ist erfahrungsgemäs das Blut die Achse, um welche sich alle Ernährungserscheinungen drehen. Die Einfuhrstoffe gehen ins Blut und die Ausfuhrstoffe kommen aus dem Blute. Die Einfuhrstoffe sind organische und unorganische, wie es die Ausfuhrstoffe sind.

Erfahrungsgemäs geschieht die Einfuhr der organischen Stoffe und des Wassers periodisch und nur die des Sauerstoffes ist continuirlich. Die Ausfuhr aber ist nach allen Seiten continuirlich. Diese Erfahrung führt schon zu einer allgemeinen Lösung der ersten Frage. Da es nämlich Thatsache ist, dass die Qualität der Ausfuhrstoffe sich nicht ändert, wenn auch die aussetzenden Perioden der Einfuhr die möglichste Länge erhalten, so können die Ausfuhrstoffe höchstens nur theilweise die Einfuhrstoffe enthalten; die grössere Masse derselben muss von der Masse des Thieres herrühren. Wird die Einfuhr organischer Stoffe möglichst lange verzögert, so nimmt in dieser Periode die Gesamtmasse des Thieres continuirlich ab, ohne dass die übrigen Lebenserscheinungen dabei wesentlich verändert werden.

Der Verlust an Thiersubstanz trifft hierbei zunächst am auffallendsten die Fettmasse. Aus diesen Erfahrungen folgt unmittelbar, dass die organisirte und nicht organisirte Substanz des Thieres continuirlichen Zerstörungen und Neubildungen unterliegt. Die continuirlichen Zerstörungen folgen aus der continuirlichen Ausfuhr und der Gewichtsabnahme der Gesamtmasse; die Neubildungen müssen aber nothwendig geschehen, weil sonst nicht das Wesen der gesammten Lebenserscheinungen bei lange verzögerter Einfuhr von organischen Stoffen gleichbleiben könnte. Da aber bei allen diesen Vorgängen nur die Sauerstoffeinfuhr continuirlich ist, so geschehen alle Zerstörungen und Neubildungen unter Einfluss des Sauerstoffes.

Wenn die Einfuhr organischer Stoffe lange verzögert wird und dennoch die Wiederherstellung der Organe ebenso continuirlich geschieht, als sie zerstört werden, so kann der Wiederaufbau derselben natürlich nur durch die Trümmer des Zerstörten vermittelt werden. Dies aber setzt voraus, dass nur solche Stoffe zur Ausfuhr gelangen, die durchaus zu einer nützlichen Verwendung zu Lebenszwecken untauglich sind.

Wenn jetzt noch die allgemeine Thatsache berücksichtigt wird, dass die continuirlichen Ausfuhrstoffe beim Menschen und den höchst organisirten Thieren ihrer Hauptmasse nach aus Kohlensäure, Harnstoff und Wasser

bestehen und dass der Harnstoff unter Umständen leicht in kohlen saures Ammoniak zerfällt, so lässt sich zunächst wenigstens die continuirliche Zerstörung in ihrem Zusammenhang mit der continuirlichen Sauerstoffzufuhr und der continuirlichen Ausfuhr auf einen besondern mathematischen Ausdruck bringen. Es ist nämlich:

$$\begin{aligned} \text{Cc Hh Oo Nn} &= \text{Cc Hh Oo Nn} + \text{H}_{3n} - \text{H}_{3n}, \\ &= \text{Cc H} (h - 3n) \text{Oo} + n\text{NH}_3, \\ &= c\ddot{\text{C}} - 2c\text{O} + (h - 3n) \dot{\text{H}} - (h - 3n) \text{O} \\ &\quad + n\text{NH}_3, \end{aligned}$$

also:

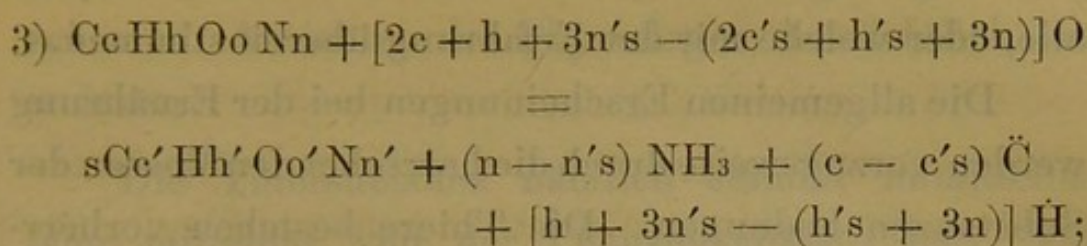
$$\begin{aligned} 2) \text{ Cc Hh Oo Nn} + (2c + h - 3n) \text{O} \\ &= \\ &c\ddot{\text{C}} + (h - 3n) \dot{\text{H}} + n\text{NH}_3, \end{aligned}$$

d. h. wenn allgemeine Thiersubstanz durch Sauerstoff zerstört wird, so zerfällt sie in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak.

Bei allen chemischen Bewegungen vereinigen oder trennen sich Substanzen. Demnach lässt sich auch der Vorgang organischer Neubildung auf einen allgemeinen mathematischen Ausdruck bringen, der die allgemeinen Ernährungserscheinungen repräsentirt. Ist nämlich

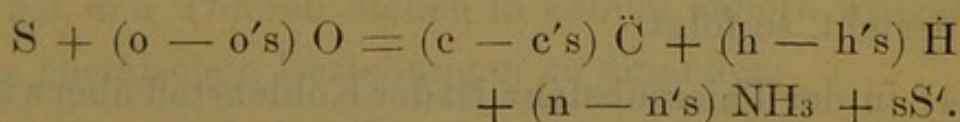
$$\begin{aligned} \text{Cc' Hh' Oo' Nn'} + (2c' + h' - 3n') \text{O} \\ &= \\ &c'\ddot{\text{C}} + (h' - 3n') \dot{\text{H}} + n'\text{NH}_3 \end{aligned}$$

so ist



d. h. ist Cc Hh Oo Nn der Rest einer durch den Sauerstoff zerstörten Substanz Cc' Hh' Oo' Nn', so kann diese aus jenem ebenfalls unter den allgemeinen Erscheinungen der Sauerstoffzufuhr, der Kohlensäure-, Wasser- und Ammoniakzufuhr sich neu erzeugen.

Ein verständiger Einwand lässt sich gegen die Benutzung dieser Gleichung zur Lösung specieller physiologischer Fragen, die sich auf die Ernährung beziehen, nicht machen, wenn sie ihrer Natur gemäss gestellt und ihre Aussagen richtig verstanden werden. Fragt man z. B. ob bei der Ernährung eines Thieres die Substanz S' aus der Substanz S hervorgehen kann, so wird man haben



Man wird aber die Antwort als eine Verneinung auf die geschehene Frage anzusehen haben, wenn $(o - o's)$, oder $(c - c's)$, oder $(n - n's)$, oder zwei, oder alle diese Differenzen negativ werden; dies aus dem einfachen Grund, weil zur Ernährung eines Thieres weder Kohlensäure, noch Ammoniak verwendbar sind und andererseits beim Thiere niemals Sauerstoff als Ausfuhrartikel erscheint. Sollte aber eine mehrfache Bildung von S' aus S als mög-

lich angezeigt werden, so wird man untersuchen, ob alle, oder welche mit der Erfahrung übereinstimmen.

Die allgemeinen Erscheinungen bei der Ernährung werden vorzugsweise durch die herrschenden Massen der Substanzen bedungen. Die Thiere bestehen vorherrschend aus Protein und Fettkörpern, die Pflanzen aus Proteinkörpern, Cellulosen und Holzsubstanz. Bei den Thieren ist das Protein vorherrschend, bei den Pflanzen ist es die Holzsubstanz; in den für die thierische Ernährung wichtigen Pflanzentheilen sind es die Cellulosen, welche das Protein weit überwiegen. Nun ist im Protein

$$\text{Cc} > \text{Oo} > \text{Nn} > \text{Hh},$$

also ist im Protein der Kohlenstoff vorherrschend; im Fett ist

$$\text{Cc} > \text{Hh} > \text{Oo},$$

also ist auch im Fett der Kohlenstoff vorherrschend. Da die Thiersubstanz wesentlich aus Protein und Fett besteht, so folgt

4) in der Thiersubstanz ist der Kohlenstoff überwiegend.

Im Holz und den Cellulosen ist

$$\text{Oo} > \text{Cc} > \text{Hh}.$$

Bei den Pflanzen überwiegt das Holz und die Cellulosen die Proteinkörper vielfach, es folgt hieraus

5) in der Pflanzensubstanz ist der Sauerstoff überwiegend (Seite 24 und 25).

Diese beiden wichtigen — aus unscheinbaren Ungleichungen gewonnenen — Resultate führen sogleich

zu andern unzweifelhaften Resultaten, die von den herrschenden Ansichten der Physiologen beträchtlich abweichen.

Die Thiersubstanz nämlich stammt unmittelbar oder mittelbar von der Pflanzensubstanz her. Nun herrscht in der Thiersubstanz der Kohlenstoff, in der Pflanzensubstanz der Sauerstoff vor. Soll daher Thiersubstanz aus Pflanzensubstanz gebildet werden, so muss Sauerstoff zur Ausfuhr gelangen. Dies aber kann nur durch Kohlen- und Wasserstoff vermittelt werden. Es folgt also hieraus

6) die Pflanzenfresser bilden ihre Substanz aus Pflanzensubstanz, indem sie davon den überschüssigen Sauerstoff mit Kohle und Wasserstoff verbunden in Form von Kohlensäure und Wasser abtrennen und ausführen.

Hieraus folgt unmittelbar von selbst:

7) die Sauerstoffeinfuhr und die Kohlensäureausfuhr bei den Thieren stehen in keinen nähern wesentlichen chemischen Beziehungen zu einander;

8) die thierische Wärme steht in den allerentferntesten Beziehungen zu dem eingeführten Sauerstoff;

9) der Pflanzenfresser führt unter sonst gleichen Verhältnissen mehr Kohlensäure und Wasser aus als der Fleischfresser, weil dieser keinen Ueberschuss an Sauerstoff zu entfernen hat.

Die Proteinkörper haben eine bedeutend grössere Verwandtschaft zum Sauerstoff als die stickstofffreien

Körpern, die bei der Ernährung zu berücksichtigen sind. Es muss daher angenommen werden:

10) der von den Thieren verbrauchte Sauerstoff wird in seiner Hauptmasse von den Proteinkörpern angezogen.

Im Pflanzenfresser häufen sich unter Umständen schnell Fettmassen an, die in den Einfuhrstoffen nicht nachweisbar sind.

11) Es müssen also die im Pflanzenfresser sich aufhäufenden Fettmassen aus den stickstofffreien Pflanzensubstanzen entstehen.

Da in den stickstofffreien Einfuhrstoffen der Sauerstoff, im Fett aber der Kohlenstoff vorherrschend ist, so kann der überflüssige Sauerstoff aus jenen nur in Form von Kohlensäure und Wasser austreten, um in dieses überzugehen (N. 6 Seite 179). Es folgt hieraus

12) die stickstofffreien Körper werden unter Abscheidung von Kohlensäure und Wasser in Fett verwandelt.

In der Blutmasse finden sich keine stickstofffreien Körper, die mit denen aus der Pflanzenwelt identisch wären. Wenn aber diese (nach N. 11 und 12) schon vor ihrer Einfuhr ins Blut so beträchtlichen Veränderungen unterworfen sind, was könnte wohl berechtigen anzunehmen, dass die aus der Pflanzenwelt stammenden und sehr leicht in chemische Bewegungen kommenden Proteinkörper vor ihrer Einfuhr solchen Veränderungen nicht unterworfen wären, sondern unverändert zum

erneuten Aufbau der zerstörten Organe verwendet würden? Man nimmt als ausgemacht an, dass der ins Blut eingeführte Sauerstoff bei dessen Umlauf zum Theil an alle Organe trete. Das Protein der Pflanzen ist also schon im Darm vor seiner Einfuhr ins Blutsystem nicht gegen den Einfluss des Sauerstoffes gesichert. Es folgt hieraus

13) auch die Proteinkörper der Pflanzen sind auf den Einfuhrwegen ins Blut des Thieres der Zerstörung ausgesetzt.

Da weiter alle Organe aus Proteinkörpern aufgebaut werden und diese fortwährenden Zerstörungen durch den eingeführten Sauerstoff ausgesetzt sind, das Pflanzenprotein aber schon während der Einfuhr verändert wird, so folgt hieraus

14) das Thier muss Proteinquellen in sich selbst enthalten.

Protein kann nur aus stickstoffhaltigen Substanzen gebildet werden (N. 3 Seite 177). Dem Thiere stehen aber keine andern derartigen Substanzen zur Verfügung als die Trümmer zerstörten Proteines. Dies bedingt:

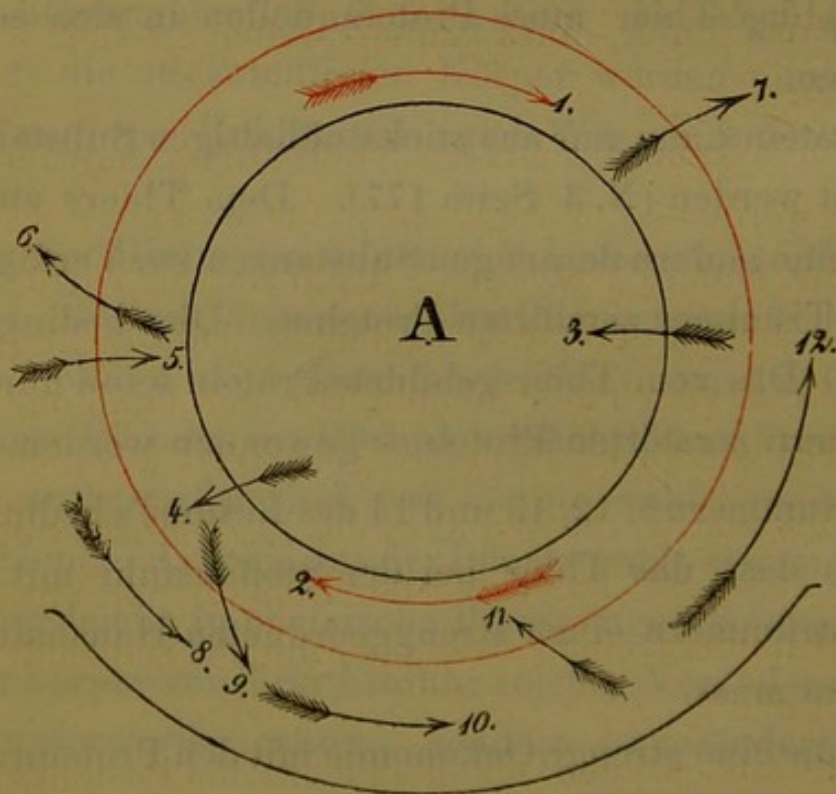
15) Das vom Thier gebildete Protein kann nur aus Trümmern zerstörten Proteines gewonnen werden.

Die Nummern 8, 12, 13 und 14 des Resumé's bedingen,

16) dass das Thier bei der Stoffausfuhr mit den Proteintrümmern einen strenggeordneten Haushalt unterhalten muss.

Ohne eine strenge Oekonomie mit den Proteintrümmern ist das Bestehen eines Pflanzenfressers, wie viel

weniger eines Fleischfressers undenkbar. Der letztere ist fast fortwährend dem Zufall anheim gegeben und muss lange Zeit vergeblich Kraft und List aufwenden, die für ihn nöthigen organischen Einfuhrstoffe zu erlangen, während er den continuirlichen Zerstörungen des Sauerstoffes an seinen Organen und Blutsubstanzen nicht ausweichen kann. Aehnlichen Zufälligkeiten sind viele Pflanzenfresser, z. B. im Winter, ebenfalls ausgesetzt. Wo soviel organisirt ist, wie beim Menschen und den Thieren der obern Klassen, da sind gewiss auch für eine Oekonomie der stickstoffhaltigen Substanzen Einrichtungen getroffen. Dies ist in der That so. Entkleidet man das gesammte Ernährungssystem von allen Specialitäten, so lässt sich dasselbe unter folgendem Schema zur Anschauung bringen



In dieser Figur enthält A die sämmtlichen zu ernährenden Organe; der durch den rothen Kreis abgegrenzte Raum ist für das Blut, aus welchem sich alle Organe ernähren; die rothen Pfeile deuten die Richtung seiner Bewegung zu besondern Organen an; die in diesen Raum dringenden Pfeile bezeichnen die Orte der Stoffeinfuhr, die aus ihm herausgehenden die Orte der Stoffausfuhr. Der 4te Pfeil vertritt die zerstörten Organe die als Lymphe dem Blute zugeführt werden. Hier schon zeigt es sich unzweifelhaft, dass auch bei der Organisation auf Oekonomie im Verbrauch der stickstoffhaltigen Materien sorgfältige Rücksicht genommen ist. Die zerstörten Organe werden aufs Neue zur Blutbildung verwendet, sonst würden sie aus- und nicht eingeführt werden. Diese Rücksicht auf die ökonomische Benutzung der stickstoffhaltigen Substanzen zeigt sich aber auch noch in dem Umstand, dass nicht alle Ausfuhrstoffe unbenutzt bleiben; der 9te Pfeil bezeichnet denjenigen Theil derselben, die als Secretionen sich in den Darm ergiessen, um zum Theil noch einmal im Chylus (11ter Pfeil) als Einfuhrstoffe benutzt zu werden. (Das Nähere über dieses Schema ist Seite 26 etc. besprochen.) Aus diesen Umständen folgt also, da Proteintrümmer wiederholt als Einfuhrstoffe benutzt werden,

17) das Thier muss Mittel besitzen, Proteintrümmer in Protein zu verwandeln.

Der Umstand endlich, dass der Sauerstoff auf denselben Wegen zur Einfuhr gelangt, auf welchen die Kohlensäure ausgeführt wird, macht es wahrscheinlich:

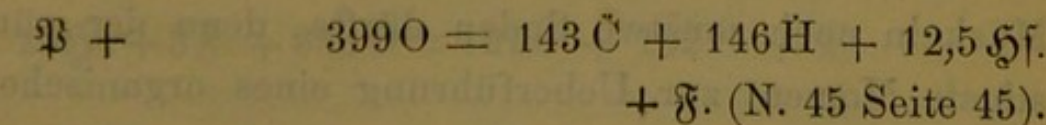
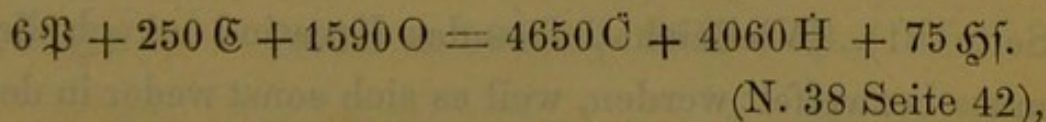
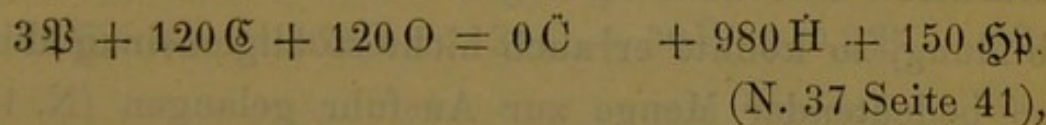
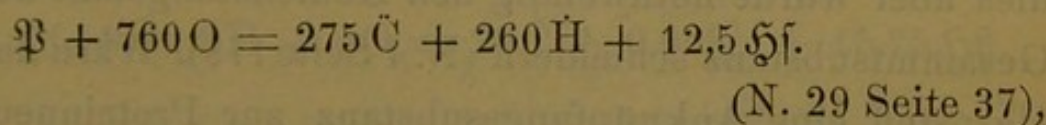
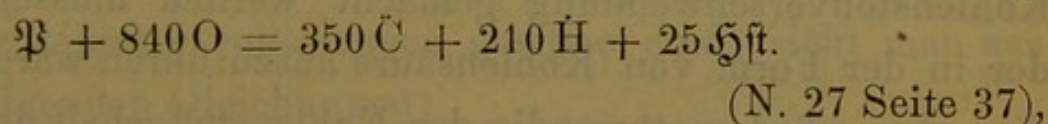
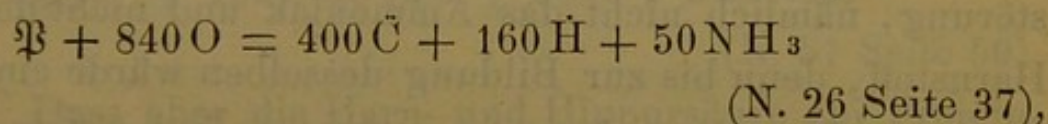
18) dass die Sauerstoffeinfuhr zum Theil von mechanischen Beziehungen zur Kohlensäure und vielleicht zum Theil von den Gesetzen der Endosmose abhängig ist (N. 7 und 8 Seite 179).

Dies sind die allgemeinen Objecte und Principien, welche meinen Untersuchungen als Grundlage gedient haben. Ich komme nun zu den speciellern Ergebnissen derselben und ich bemerke hier nur noch, dass die im Folgenden vorkommenden chemischen Zeichen, welche in den zur leichten Vergleichung zusammengestellten Gleichungen enthalten sind, Seite 30 ihre Erklärung haben.

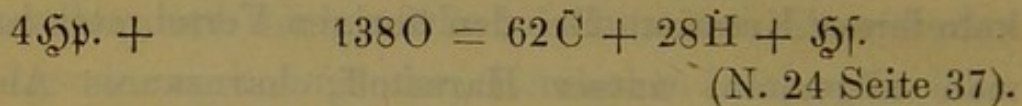
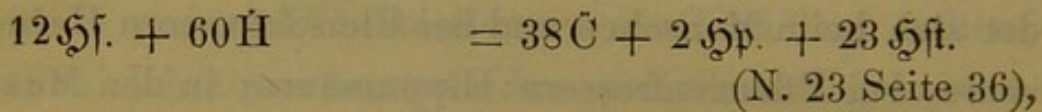
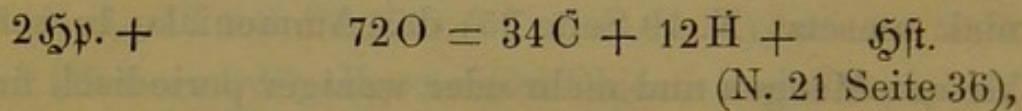
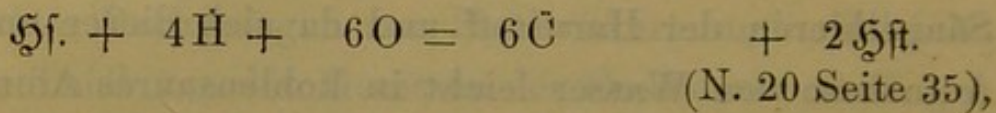
Da nothwendig das Thier Proteinquellen in sich selbst enthalten muss (N. 14 Seite 181) und das vom Thier gebildete Protein nur aus Proteintrümmern erzeugt werden kann (N. 13 Seite 181), die nach der Sauerstoffeinwirkung auf Protein entstehen (N. 10 Seite 180), so fragte es sich bei den speciellern Untersuchungen der Ernährungsvorgänge, welche Proteintrümmer entstehen überhaupt durch die Einwirkung des Sauerstoffes auf Protein und welche davon werden zur Proteinneubildung benutzt?

Was die Arten der Proteintrümmer betrifft, so sind bis jetzt keine andern bekannt, als solche, die sich entweder constant, oder periodisch im Harn zeigen. Zu den constanten gehört beim Menschen und bei den Säugethieren der Harnstoff und da sich dieser unter Aufnahme von Wasser leicht in kohlensaures Ammoniak umsetzt (N. 19 Seite 35) das Ammoniak; in sehr kleinen Mengen und mehr oder weniger periodisch findet sich beim Menschen und bei Fleischfressern Harnsäure, bei Pflanzenfressern Hippursäure; in den Muskeln ferner Kreatin. Bei den übrigen Vertebraten hat man allgemein, ausser Harnstoff, harnsaures Ammoniak.

Die Art und Weise, wie diese Trümmer aus Protein entstehen können, erhellt aus den Gleichungen

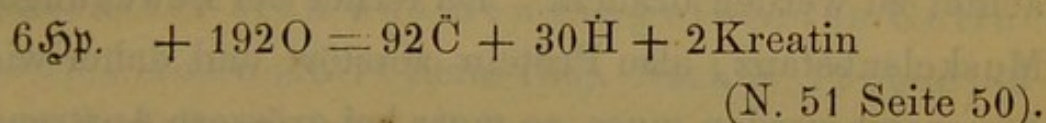
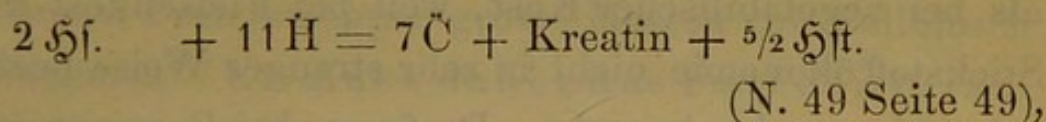
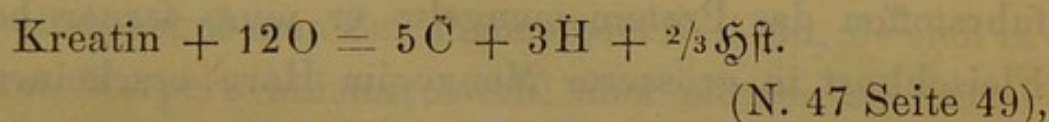


Dass aber der Harnstoff und das Ammoniak die Endglieder, Harnsäure, Hippursäure und Kreatin aber Zwischenglieder der Proteinzerstörung durch den Sauerstoff sind, erkennt man aus:

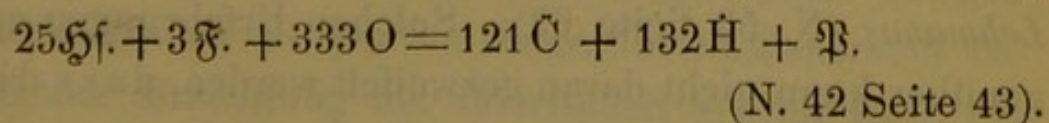
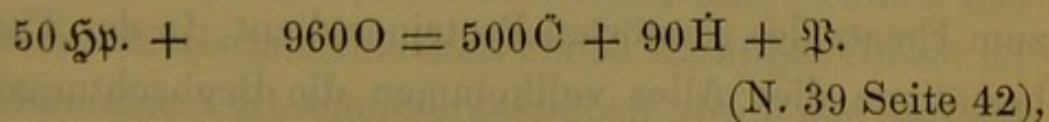
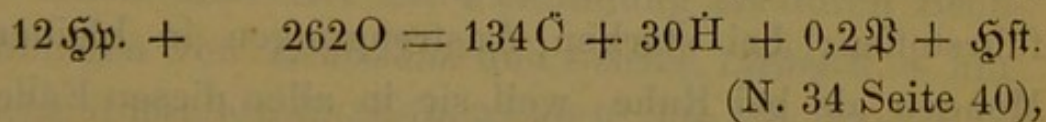
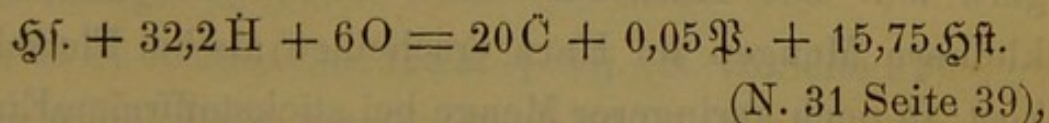


Die Proteinneubildung muss nothwendig an einen oder an mehrere dieser Proteinreste anknüpfen. Welche sind dies? Gewiss nicht die letzten Glieder der Zerstörung, nämlich nicht das Ammoniak und nicht der Harnstoff, denn bis zur Bildung desselben würde eine Kohlenstoffverschwendung gemacht werden müssen, der in der Form von Kohlensäure auszuführen wäre; dies aber würde nothwendig den Kohlenstoffgehalt der Gesamtsubstanz schmälern (N. 4 Seite 178). Wäre der Harnstoff eine Anknüpfungssubstanz zur Proteinneubildung, so konnte er auch nicht so allgemein und in so bedeutender Menge zur Ausfuhr gelangen (N. 16 Seite 181). Vielleicht ist es das Kreatin? Auch dies muss bezweifelt werden, weil es sich sonst weder in den Muskeln noch sonstwo finden dürfte, denn der günstigste Moment zur Ueberführung eines organischen

Stoffes in einen andern, ist der Moment seiner Bildung. Es ist nicht anzunehmen, dass dieser Moment unbenutzt vorübergelassen wird, da eine einmal zur vollständigen Entwicklung gekommene Substanz viel schwerer in eine andere überzuführen ist. Es bleiben daher bloß noch diejenigen Reste übrig, die ausser im Harn nirgends gefunden werden. Dies ist mit der Harn- und Hippursäure der Fall. Kreatin ist wahrscheinlich nur eine entferntere Stufe der Proteinzerstörung, dies folgt aus



Dass aber die Harn- und Hippursäure zur Proteinneubildung vollkommen geeignet sind, sieht man aus folgenden Gleichungen:



Die Proteinneubildung ist hiernach am ausgiebigsten, wenn bei der Umbildung der Harn- und Hippursäure kein Harnstoff erzeugt wird. Da keine andern Proteinreste gekannt sind, als die Harn- und Hippursäure, aus welcher Protein gebildet werden könnte, so müssen diese es sein, aus welchen das zerstörte Protein sich immer wieder erzeugt. Ist dies der Fall, so muss sich nach den in Bezug auf den Stickstoff nothwendig zu befolgenden Oekonomieprincipien (N. 16 Seite 181) der Harnstoff im Harn vermindern, wenn unter den Einfuhrstoffen das Protein mangelt; er muss ferner bei Fleischkost in grösserer Menge im Harn erscheinen, als bei vegetabilischer Kost, weil bei Fleischkost die Stickstoffökonomie nicht in sehr strenger Weise beobachtet zu werden braucht. Da ferner bei Bewegungen Muskelsubstanz, also Protein zerstört und daher wiederersetzt werden muss, so muss bei grössern Anstrengungen sich der Harnstoff im Harn vermindern, weil in diesem Fall die Stickstoffökonomie nothwendig zu steigern ist. Die Harnsäure muss bei Pflanzenkost in kleinern Mengen im Harn erscheinen als bei Fleischkost; in noch geringerer Menge bei stickstofffreien Einfuhrstoffen; bei starken Anstrengungen in kleinern Mengen als bei Ruhe, weil sie in allen diesen Fällen zum Ersatz des zerstörten Proteines dient. In der That bestätigen dies Alles vollkommen die Beobachtungen *Lehmanns* (N. 53 Seite 62). Solchen Erfahrungen gegenüber kann nicht daran gezweifelt werden, dass die

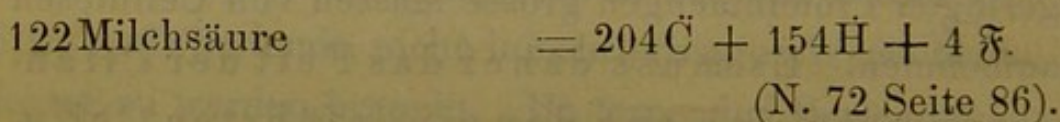
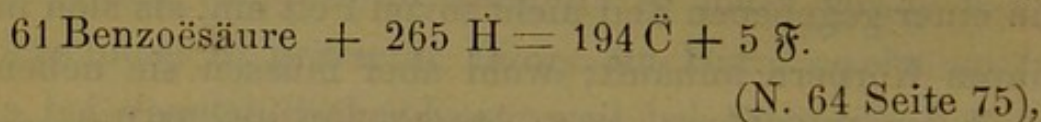
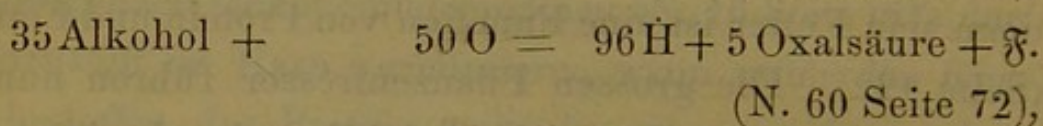
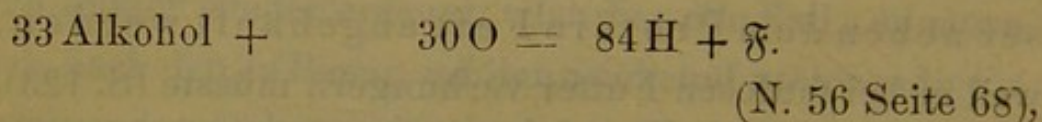
Proteinneubildung bei den Thieren aus der Harnsäure und Hippursäure bewirkt wird.

Da beim Fleischfresser die Proteinneubildung aus Harnsäure geschieht und dabei nach der letzten der vorhin zusammengestellten Gleichungen Fett erforderlich ist (N. 42 Seite 43), so muss im Pflanzenfresser neben dem Protein Fett angehäuft werden, weil er bei fettlosen Futter verhungern müsste (S. 123), denn sein Futter ist eine Function von Protein und Fett (Seite 122). Die grossen Pflanzenfresser führen nun in einer gegebenen Zeit nicht soviel Fett ein, als sich in ihren Körpern anhäuft; wohl aber müssen sie neben geringen Proteinmengen grosse Massen von Cellulosen aufnehmen. Es muss daher das Fett der Pflanzenfresser sich aus den eingeführten Cellulosen bilden (N. 11 Seite 180). Nach N. 12 Seite 180 kann dasselbe aus den Cellulosen nur unter Abtrennung von Kohlensäure und Wasser entstehen. Wie dies in speciellerer Weise zu denken ist, zeigt die Gleichung

$$61 \text{ C.} = 204 \text{ C} + 154 \text{ H} + 4 \text{ F.} \quad (\text{N. 15 Seite 32}).$$

Auch diese Art der Fettbildung ist durch Beobachtungen von *Tiedemann* und *Gmelin*, *Liebig* u. a. hinreichend festgestellt (Seite 33 etc.). Da nun einmal das Fett im thierischen Haushalt ein so wichtiges Object ist und an eine Verbrennung desselben, sowie der übrigen stickstofffreien Körper im eingeführten Sauerstoff behufs der Erzeugung der thierischen Wärme im Ernst

Niemand denken kann (N. 7. und 8. Seite 179), so ist es wahrscheinlich, dass alle stickstofffreien Stoffe in Fett verwandelt werden. Die folgenden Gleichungen zeigen die specielle Art und Weise, wie dies bei einzelnen dieser Körper geschehen kann. Es ist



Der Umstand, dass der Sauerstoff auf denselben Wegen ins Blut gelangt, auf welchen die Kohlensäure ausgeführt wird (N. 18 Seite 184) und derselbe in keinen wesentlichen chemischen Beziehungen zu der ausgeführten Kohlensäure steht (N. 7 Seite 179), macht es wahrscheinlich, dass die Anziehung desselben vom Blute von den Gesetzen der Endosmose und den physikalischen Eigenschaften der Kohlensäure abhängt. Dies geht auch aus einer Summe von Thatsachen theilweise hervor, die Seite 70 etc. untersucht sind und die unerklärt bleiben müssen, wenn nicht das Gesetz existirt, dass die Sauerstoffeinfuhr abnimmt, wenn die Kohlensäureanhäufung im Blut zunimmt, und

umgekehrt, dass jene zunimmt, wenn diese abnimmt (X. Seite 77).

Durch das eben besprochene Gesetz erklären sich eine Menge wichtiger Erscheinungen, die bisher der Physiologie unzugänglich waren, z. B. die grössere oder geringere Arbeitsfähigkeit und Lebensdauer der Thiere (IV. Seite 56). Thiere, die mehr Kohlensäure ausführen als andere, sind dauerhafter und arbeitsfähiger als diese. Der Pflanzenfresser ist daher dauerhafter als der Fleischfresser, denn beim Fleischfresser wird Kohlensäure fast nur bei der Proteinzerstörung und Proteinneubildung erzeugt; beim Pflanzenfresser kommt aber noch diejenige hinzu, welche bei der Umwandlung der Cellulosen in Fett von diesen abgetrennt werden muss, d. h. der Pflanzenfresser erzeugt unter denselben Umständen mehr Kohlensäure als der Fleischfresser (N. 9 Seite 179, VIII. und IX. Seite 66). Durch dieses Plus von Kohlensäure hat der Pflanzenfresser ein Schutzmittel gegen den seine Blut- und Muskelsubstanz zerstörenden Sauerstoff; er ist daher dauerhafter und arbeitsfähiger als der Fleischfresser. Auf dieselbe Weise ist der Mann dauerhafter und arbeitsfähiger als eine Frau unter sonst gleichen Umständen (XIII. Seite 82). Das Zuchtrind ist dauerhafter als das Zuchtpferd, weil dies bei Haferfütterung verhältnissmässig mehr Protein und weniger Cellulosen einführt, daher auch weniger Kohlensäure erzeugt und deshalb der zerstörenden Wirkung des Sauerstoffes mehr aus-

gesetzt ist, als jenes (Seite 99). Thiere, welche ihre Kohlensäure in die Atmosphäre ausführen, sind weniger dauerhaft als solche, welche ihre Kohlensäure an Wasser abgeben, weil das Wasser ein den Zutritt des Sauerstoffes erschwerendes Mittelglied zwischen Thier und Atmosphäre ist. Auf diese Weise sind Wasserthiere dauerhafter als Landthiere; Fische sind dauerhafter als Säugethiere und Vögel; der Fleischfresser gedeiht bei Pflanzenkost, während der Pflanzenfresser bei Fleischkost verhungert (Seite 99) etc.

Das Futter, selbst bei den Fleischfressern, ist im Allgemeinen eine Function von Protein, Fett und Cellulosen (Seite 123), die wir allgemein mit N (c', f', p') bezeichnet haben und das den Säuglingen allemal in dieser Form geboten werden muss. Die Mütter und Ammen müssen daher in der Milch neben Protein (Käse) und Fett (Butter) auch Cellulosen (Milchzucker) ausführen. Der Milchzucker kann nur aus Fett erzeugt werden, denn im Blute sind andere stickstofffreie Substanzen nicht enthalten (XIV. Seite 84). Es ist nämlich

$$5 \text{ C.} + 90 \text{ H.} + 510 \text{ O.} = 132 \text{ Milchzucker (N. 70 Seite 84).}$$

Auch bei der Milchzuckerbildung aus Fett ist das zuletzt erwähnte Gesetz (X. Seite 77) wirksam. Bekanntlich hängt die Verbindung und Trennung zweier Substanzen nicht bloß von ihrer chemischen Verwandtschaft ab, sondern es wirken hierbei auch ihre Massen. Nun hat im Allgemeinen das Fett eine geringere Verwandtschaft zum Sauerstoff als die Proteinkörper; wer-

den daher im Blut die Proteinmassen vermindert und die des Fettes vermehrt, so kann der Einfluss des Sauerstoffes auf das Fett nicht ausbleiben und dies um so weniger, als dasselbe bei seiner grossen Oberfläche, die es bei seiner grossen Vertheilung darbietet, leicht Wasser aufnimmt, wodurch es für die Einwirkung des Sauerstoffes noch zugänglicher wird. Die Ausfuhr von Protein als Käse ist aber Thatsache. Aber nicht blos die Massenverminderung des Proteines im Blute wirkt begünstigend für die Milchzuckerbildung, sondern es wird auch durch die Proteinausfuhr die Kohlensäure im Blut vermindert und dadurch ein vermehrter Zutritt von Sauerstoff zum Blute bewirkt.

Das Thier und der Mensch müssen mit den Proteintrümmern einen geordneten Haushalt führen (N. 16 Seite 181). Wie dies besonders geschehen kann, lassen die folgenden Gleichungen bemerken. Es ist

$$\begin{aligned}
 & p\beta. + (840 p - 6\eta) O \\
 & \quad = \\
 & (350 p - 6\eta) \ddot{C} + (210 p + 4\eta) \dot{H} + \eta \mathfrak{H}f. + (25 p - 2\eta) \mathfrak{H}ft. \\
 & \quad \quad \quad (N. 28 Seite 39), \\
 & p\beta. + c\mathfrak{C}. + (840 p + 24 c - 72 h) O \\
 & \quad = \\
 & (350 p + 12 c - 34 h) \ddot{C} + (210 p + 10 c - 12 h) \dot{H} \\
 & \quad + 2 h \mathfrak{H}p. + (25 p - h) \mathfrak{H}ft. \quad (N. 35 Seite 41).
 \end{aligned}$$

Nach diesen Gleichungen wird die Harnsäurebildung mit dem Wachsthum von η vermehrt und die Harnstoff-erzeugung vermindert; dasselbe findet mit h in Bezug

auf die Hippursäure statt. Da aber die Proteinbildung von der Harnsäure und Hippursäure abhängig ist, so wird η und h mit dem Proteinmangel oder Ueberfluss zu- und abnehmen (siehe die Beobachtungen *Lehmann's* N. 53 Seite 62). Welche Mittel aber angewendet werden η und h wachsen oder abnehmen zu lassen (N. 17 S. 183), ist kein Gegenstand der Mathematik; jedenfalls sind es psychische Kräfte, durch welche diese Aenderungen bewirkt werden (N. XXXVI. Seite 143). Aber auch diese Verhältnisse lassen bemerken, dass die Harnsäure sowohl als die Hippursäure im Moment ihrer Bildung in Protein übergeführt werden; denn wäre dies nicht der Fall, so würde der fortgesetzte Einfluss des Sauerstoffes auf diese Säuren dieselben in Harnstoff überführen, wie sich dies aus den Seite 186 zusammengestellten Gleichungen erkennen lässt, wobei h und η wiederum verkleinert würden. Es wäre also ein sehr ungeeignetes Experiment, wenn man, um die hier entwickelte Theorie zu prüfen, einen Pflanzenfresser mit Hippursäure und einen Fleischfresser mit Harnsäure und Fett füttern, oder diese Stoffe auf anderen Wegen in ihr Blut bringen wollte. —

Es ist nicht ohne Interesse, dass die Pflanzenfresser Hippursäure bilden, blos weil sie neben dem Protein viel Cellulosen einführen. Man erkennt dies sogleich, wenn in der letzten der vorigen Gleichungen $c = 0$ gesetzt und ihr die Form

$$p\beta. + 72 (11,7 p - h) O$$

=

$$34 (10,3 p - h) \ddot{O} + 12 (17,5 p - h) H + 2 h \mathfrak{H}p.$$

$$+ (25 p - h) \mathfrak{H}t.$$

ertheilt wird. Man sieht von selbst, dass unter solchen Verhältnissen eine erhebliche Stickstoffökonomie gar nicht möglich ist; denn gesetzt sie sollte bis an die äussersten Grenzen getrieben werden, so würde mit

$$h = 25 p$$

nicht nur der Sauerstoff, sondern auch die Kohlensäure negativ, und damit ist die Bildung der Hippursäure unmöglich (Seite 177). Diese äusserste Stickstoffökonomie ist nur möglich bei dem Inhalt der vorigen Gleichung. Die Bildung der Hippursäure hängt also von der Proteinzerstörung neben Cellulosen ab. Ohne diese würde Harnsäure gebildet werden.

Wenn aus der Hippur- und Harnsäure das zerstörte Protein neugebildet und alle stickstofffreien Körper in Fett verwandelt werden, so deutet ausser dem Harnstoff und dem Kreatin im Harn jede andere organische Substanz daselbst einen pathologischen Zustand an (XI. Seite 81), der um so bedeutender ist, je grösser die Mengen dieser Substanzen sind. Die Harnsedimente haben daher niemals eine critische Bedeutung; wohl aber können sie im Allgemeinen manchen Aufschluss über den Verlauf der ihnen zu Grunde liegenden pathologischen Zustände geben.

Die Erscheinung der Harn- und Hippur-

säure im Harn deutet immer an, dass die Proteinneubildung auf irgend eine Weise gestört oder unterbrochen ist. Wo viel Harnsäure oder viel Hippursäure längere Zeit im Harn ausgeführt werden, verliert die Gesamtmasse des Körpers continuirlich. Wir sehen daher beim Typhus, bei Schwindsuchten etc., wo viel Harnsäure ausgeführt wird, Abmagerung eintreten. Es giebt hiernach Krankheiten, bei welchen der Sauerstoffeinfluss mehr oder weniger begünstigt ist (XII. Seite 81) und deren diätetische Behandlung sich leicht aus den Seite 189 und 190 zusammengestellten Gleichungen mit X. Seite 77 ergibt.

Das Nahrungsmittel ist eine Function von Protein, Fett und Cellulosen; die Excretionsmasse ist eine Function derselben Stoffe, ebenso die Körpersubstanz mit Ausnahme der Cellulosen (Seite 121 etc.). Soll daher die Körpermasse für kleine Zeitabschnitte sich gleichbleiben, so müssen soviel Stoffe in den Nahrungsmitteln eingeführt, wie in der Excretionsmasse ausgeführt werden. Es steht hiernach die Excretion in geradem Verhältniss zur Thiermasse, mag das Thier hungrig oder gesättigt sein (VII. Seite 61). Nach der Mahlzeit muss sich die Kohlensäureexcretion etc. vermehren, die Sauerstoffanziehung vermindern.

Die thierische Wärme steht in den allerentferntesten Beziehungen zu den eingeführten Sauerstoff (N. 8 Seite 179), dagegen in den aller-

nächsten zur Kohlensäure und Wasserausfuhr (Seite 109). An eine Verbrennung des Kohlen- und Wasserstoffes der stickstofffreien Körper im eingeführten Sauerstoff, Behufs der Erzeugung der thierischen Wärme, kann Niemand ernstlich denken, wenn ernicht in der Wahl der Thatsachen zur Begründung einer solchen Theorie höchst einseitig und bei der Ableitung derselben aus diesen Thatsachen höchst willkürlich und gewaltsam verfährt. Schon *Lavoisier*, der Begründer dieser Ansicht, hat gefunden, dass auf diese Weise weniger Wärme erzeugt wird, als das Thier in der That besitzt. Aus den spätern Experimenten, besonders von *Dulong* und *Despretz*, hat sich dasselbe ergeben, wenn auch durch die Bemühungen dieser Männer die Theorie *Lavoisier's* bedeutend verbessert worden ist. Noch spätere Bemühungen diese Theorie zu vervollkommen, verdienen nach keiner Seite hin Vertrauen, obgleich man herausgebracht hat, dass bei dieser angeblichen Verbrennung sogar mehr Wärme erzeugt würde, als die Thiere bemerken lassen. Allein schon dieses Plus von Wärme bereitet den Physiologen ebensogrosse Verlegenheiten als jenes Minus. Der Umstand, dass der Sauerstoff auf denselben Wegen in's Blut, wie die Kohlensäure aus dem Blute gelangt, macht es mehr als wahrscheinlich, dass die angezogene Sauerstoffmenge von den Gesetzen der Endosmose mit abhängig ist; das grössere specifische Gewicht und die leichtere Löslichkeit der Kohlensäure in wässrigen Flüssigkeiten (wie

das Blut) den specifisch leichtern und weniger löslichen Sauerstoff gegenüber, ist vielleicht schon hinreichend das Gesetz X. Seite 77 zu begründen, das auch bei der thierischen Wärme nicht übersehen werden darf. Die Nothwendigkeit aber, dass der Pflanzenfresser Sauerstoff aus der Pflanzensubstanz abtrennen muss, um dieselbe in Thiersubstanz zu verwandeln, da in dieser der Kohlenstoff, in jener der Sauerstoff vorherrscht (N. 4 und 5, Seite 178) und er dies nur indirect in Form von Kohlensäure und Wasser thun kann, beweist, dass ein grosser Theil der ausgeathmeten Kohlensäure und des abgetrennten Wassers direct nichts mit der thierischen Wärme zu schaffen haben, denn beide sind, nur in anderer Anordnung ihrer Elemente, schon in der Pflanzensubstanz enthalten gewesen und daher nicht in Folge des angezogenen Sauerstoffes durch Verbrennung von Kohle und Wasserstoff entstanden. Der andere Theil von Kohlensäure und Wasser, der sich beim Pflanzenfresser unter Einfluss des Sauerstoffes bei der Proteinzerstörung und Proteinneubildung erzeugt, ist unter sonst gleichen Umständen geringer als beim Fleischfresser und dennoch haben beide eine im Allgemeinen gleiche Wärme. Die Unwahrheit der Theorie *Lavoisier's* geht sonst noch aus einer Menge Thatsachen hervor (Seite 103 und 104). Kurz wir besitzen bei sehr ausgedehnten Kenntnissen über die thierische Wärme noch nicht das geringste Wissen über dieselbe und die Physiologen haben auch nicht die geringste Aussicht

auf ein solches, wenn sie nicht neben dem Experiment den ausgedehntesten Gebrauch von der analytischen Mathematik und besonders der analytischen Mechanik bei hierhergehörigen Fragen machen, denn es ist offenbar, dass die thierische Wärme ein Ausfuhrproduct ist, welches bei einer Summe mechanisch-chemischer Arbeiten an der organischen Substanz entsteht, die mit einer Verbrennung in dem Sinne wie sie in unsern Oefen geschieht, nicht die entfernteste Aehnlichkeit hat.

Nachdem einmal die Ueberzeugung gewonnen war, dass die Proteinneubildung bei den Fleischfressern aus Harnsäure und Fett, bei den Pflanzenfressern aus der Hippursäure geschieht, war es leicht, aus den bei den mathematischen Voruntersuchungen gewonnenen Gleichungen (Seite 30 etc.) zwei allgemeine Gleichungen aufzustellen, welche die Ernährungsvorgänge beim fleisch- und pflanzenfressenden Säugthiere repräsentiren (V. Seite 53 und VI. Seite 58). Aus diesen aber liessen sich leicht die identischen Gleichungen für die fleisch- und pflanzenfressenden Vögel (XVIII. und XIX. Seite 116), sowie aus diesen die identischen Gleichungen für die fleisch- und pflanzenfressenden Amphibien und Fische (XX. und XXI. Seite 118) ableiten. Die allgemeine Richtigkeit dieser Gleichungen zeigt sich daran, dass die Kohlensäure- und Wasserausfuhr den Wärmeverhältnissen und die Proteinzerstörung und Proteinneubildung der Dauerhaftigkeit und Arbeitsfähigkeit

dieser Thiere entsprechen. Das fleischfressende Säugthier führt nach diesen Gleichungen in der Kohlensäure und dem Wasser weniger Sauerstoff aus, als es einführt (VIII. Seite 66); der Pflanzenfresser dagegen führt mehr Sauerstoff aus, als er einführt (IX. Seite 66), dasselbe Resultat hat sich für die Pflanzenfresser aus den Ungleichungen Seite 178 ergeben (N. 9 Seite 179). Die auf den Pflanzenfresser bezüglichen Gleichungen und Ungleichungen sprechen Etwas aus, das gegen die experimentelle Erfahrung ist. *Dulong* und *Despretz* haben nämlich, bei Pflanzenfressern sowohl als bei Fleischfressern, gefunden, dass der in der Kohlensäure ausgeführte Sauerstoff weniger beträgt, als der eingeführte. Allein aus denselben Untersuchungen hat sich auch das wichtige Resultat ergeben, dass das Verhältniss des ausgeführten Sauerstoffes gegen den eingeführten bei verschiedenen Thieren ein sehr verschiedenes ist, während doch ihre Wärme nur wenig abweicht. Es beweisen also die Experimente dieser Forscher gar nicht was sie beweisen wollen. Aus meinen Untersuchungen ergiebt sich, dass die Ausfuhr des Sauerstoffes sich im Allgemeinen nach dem Futter richtet und dass kleine Pflanzenfresser in dieser Beziehung gegen grosse sehr beträchtliche Unterschiede darbieten und den Fleischfressern ähnlich sein müssen (XXX. und XXXI. Seite 126).

Dies etwa sind die wichtigsten Ergebnisse unserer Untersuchungen in Betreff der Seite 173 gestellten Frage, soweit sie höher organisirte Thiere betrifft. Wir wollen jetzt das Wichtigste noch zusammenstellen, was sich in Rücksicht dieser Frage auf die Pflanzen bezieht.

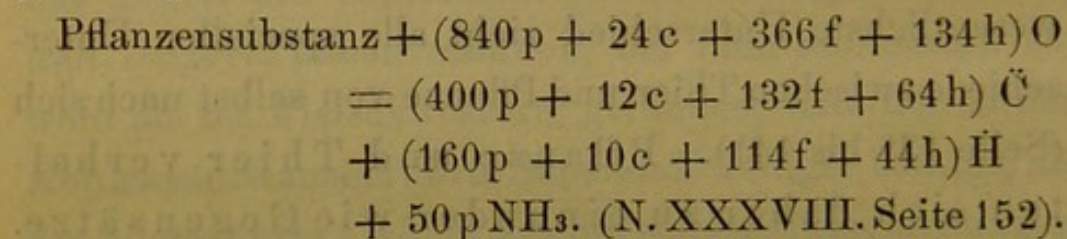
Das Verhältniss des Nahrungsmittels zum Organismus bedingt zunächst den allgemeinsten und wesentlichsten Unterschied zwischen Thier und Pflanze. Bei den Vegetabilien befindet sich die Pflanze im Nahrungsstoff; bei den Animalien dagegen der Nahrungsstoff im Thier (Seite 138). Dieser wesentlichste Unterschied zieht alle speciellen Unterschiede zwischen Thier und Pflanze von selbst nach sich (Seite 138 bis 141). Pflanze und Thier verhalten sich daher zu einander wie Gegensätze.

In Rücksicht der Substanzverhältnisse der Organismen ist der Unterschied, dass die Pflanze auch anorganische, das Thier aber nur organische Materie zu assimiliren vermag, darin begründet, dass der Pflanze wegen der sehr geringen Anzahl von besondern Organen, die sie besitzt, mehr psychische Kräfte zu Gebote stehen, welche zur Umwandlung des Stoffes mitwirken können, wie dem Thiere und dem Menschen (N. XXXVI. Seite 143 und 144).

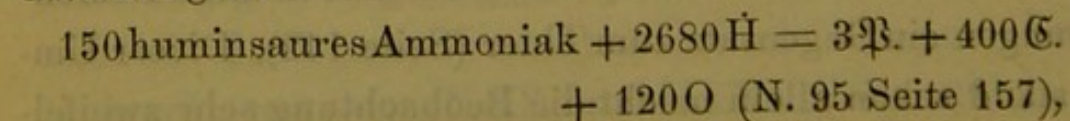
Wie schon bemerkt, ist die Pflanze in allen Beziehungen ein Gegensatz zum Thier (Seite 142). Dieser Umstand schon allein macht die Beobachtung sehr zweifel-

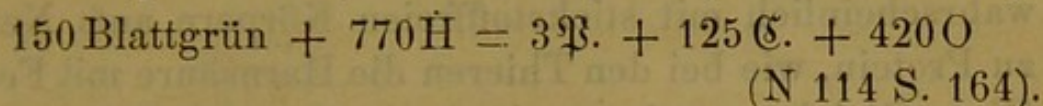
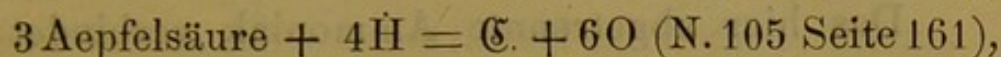
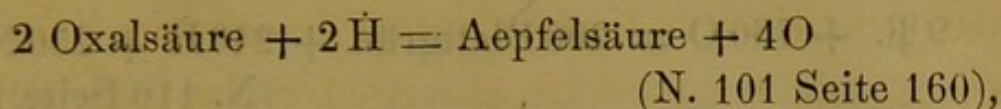
haft, dass nicht grüne Theile der Pflanzen Sauerstoff anziehen und Kohlensäure abstossen sollen. Es stehen dieser Erfahrung die Erfahrungen sehr schroff gegenüber, die an den jetzt beliebten Aquarien gemacht werden, nach welchen auch die nicht grünen Theile der Pflanzen Sauerstoff abgeben und Kohlensäure aufnehmen müssen (Seite 168 etc.).

Wird angenommen, dass die Pflanze ihren ganzen Stoff aus anorganischen Substanzen bildet, so muss sie nothwendig Sauerstoff in grossen Mengen abgeben. Es erhellt dies aus

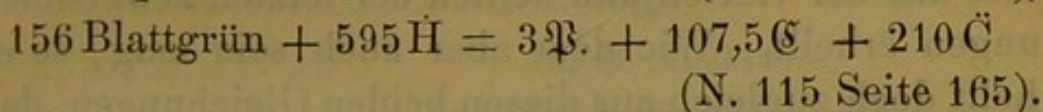
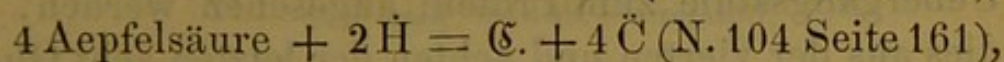
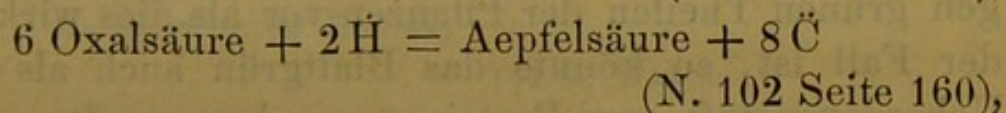
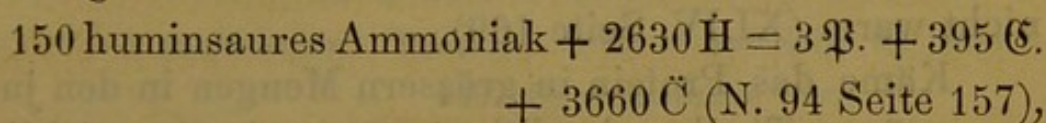


Der Umstand, dass eine Sauerstoffausscheidung, wie sie diese Gleichung nothwendig macht, gar nicht erfahrungsgemäss ist, zeigt hinreichend, dass die Pflanzen nicht ihre ganze Substanzmasse aus anorganischen Stoffen bilden. Die Pflanzen ernähren sich daher auch aus organischen Substanzen (Seite 148 bis 150). Sie haben in dieser Beziehung bloss Wasser aufzunehmen, dies mit den organischen Substanzen zu verbinden und den überschüssigen Sauerstoff abzutrennen. Dies ergiebt sich aus folgenden Gleichungen:



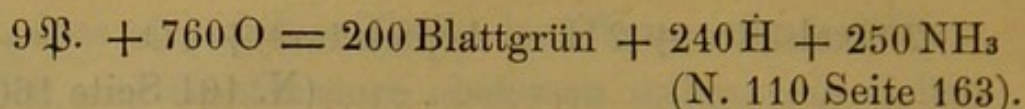


Gehört in der That die Kohlensäureabscheidung bei der Ernährung mit zu den normalen Verrichtungen der Pflanzen, so gestalten sich diese Gleichungen auf die folgende Weise:



Diese acht Gleichungen stimmen allerdings im Allgemeinen mit den Beobachtungen *Saussure's* überein. Sind also die Kohlensäureausscheidungen der letzten vier Gleichungen als normal anzusehen, dann gelten die allgemeinen Resultate N. XLI. Seite 166, XLII. Seite 167, sonst nicht.

Die Pflanzen nehmen ohne Zweifel Sauerstoff auf, weil sie es nicht verhindern können (XLI. Seite 166). Dieser Sauerstoff aber geht wie bei den Thieren an das Protein und zerstört dasselbe. Das Blattgrün ist wahrscheinlich ein Rest der Proteinzerstörung durch den Sauerstoff. Es lässt sich dies an der folgenden Gleichung bemerken:



Das hier abgetrennte Ammoniak verbindet sich wahrscheinlich mit stickstofffreien Körpern aufs Neue zu Protein, wie bei den Thieren die Harnsäure mit Fett. Diese Gleichung zeigt noch, dass, bei den Pflanzen so wenig, wie bei den Thieren, die Sauerstoffanziehung mit der Kohlensäureabscheidung in einem wesentlichen Zusammenhang steht. Die Pflanzen ziehen Sauerstoff an und werden dennoch nicht warm (XLIV. Seite 169).

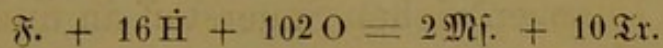
Käme das Protein in grössern Mengen in den jungen grünen Theilen der Pflanzen vor als dies wirklich der Fall ist, so könnte das Blattgrün auch als eine Uebergangsstufe zum Protein angesehen werden, wie dies aus der vierten und achten der letzten acht Gleichungen erhellt. Wie dem aber auch sein mag, so erhellt doch zugleich aus diesen beiden Gleichungen, dass das Blattgrün ein vorzüglicher Nahrungsstoff für Thiere und Menschen ist. Es geht ferner aus diesen acht Gleichungen hervor, dass die Pflanzen immer Wasser mit den Substanzen verbinden müssen, die ihnen zur Nahrung dienen.

Es ist endlich feststehende Thatsache, dass die Pflanzen zu ihrer Massenvergrösserung Kohlensäure verwenden. Die nächsten Uebergangsstufen der Kohlensäure zu den allgemeinen Pflanzensubstanzen aber sind jedenfalls die Pflanzensäuern (N. XLV. Seite 169, N. 98 Seite 159).

Es wird dies genügen, die grosse Menge abweichender Ergebnisse meiner Untersuchungen darzuthun. Viele andere werden sich bei ihrem Studium noch ferner bemerkbar machen.

Verbesserung.

Die Gleichung N. 66 auf Seite 80 ist mit



zu vertauschen. Hiernach muss es auf Seite 81 heissen:

1002 Gewichtstheile Fett

zerfallen unter Einfluss von

144 G. Wasser

und 816 G. Sauerstoff,

in

162 G. Milchsäure

und 1800 G. Traubenzucker.

Die erste, die in der Geschichte der Kunst
als eine neue Epoche bezeichnet werden kann,

ist die Renaissance, die im 15. und 16. Jahrhundert
in Italien begann und sich dann über ganz Europa
verbreitete. Sie ist eine Zeit der Erneuerung
und der Entdeckung neuer Wege der Kunst.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.

Die Renaissance ist eine Zeit der Entdeckung
neuer Wege der Kunst, die in der Renaissance
ihren Höhepunkt erreichte.