Ueber die

Quellen der Lebenskräfte.

Von

Prof. F. Hoppe-Seyler
in Tübingen.

Berlin, 1871.
C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung.
Carl Habel.

So mannigfaltig die Gestaltungen der Erdoberfläche sich darstellen, so verschieden sind die Kräfte, deren Wirken sie zunächst ihre Entstehung verdanken und durch welche sie noch fortdauernde Veränderung erleiden. Alle diese Kräfte aber, deren Thätigkeit wir unterscheiden, müssen sämmtlich hergeleitet werden, wenn wir vielleicht von den hinsichtlich ihres Ursprungs etwas zweifelhaften vulcanischen Erscheinungen absehen, von den Licht- und Wärmestrahlen der Sonne; denn diese setzen und erhalten Luft- und Meeresströme in Bewegung, erheben den Wasserdampf von der Oberfläche von Land und Meer in die Atmosphäre; sie sind auch der Urquell des Lebens der Organismen.

Wenn uns die geologischen Forschungen lehren, daß ein sehr bedeutender Theil der geschichteten Felsmassen ihre Entstehung der Arbeit zahlloser niederer Organismen verdankt, wenn wir die enormen Steinmassen bewundern, die z. B. in der Umgebung des Fassathals in Südtyrol von Korallenthieren aufgethürmt sind, so können wir uns wohl versucht fühlen, der Betheiligung des organischen Lebens eine sehr bedeutende Rolle in der Summe von Arbeit, die unausgesetzt an der Erdoberfläche schafft, soweit sie nicht in Eis erstarrt oder als regenlose Wüste todt liegt, zuzuschreiben; reiflichere Ueberlegung wird diese Täuschung zerstören und uns überzeugen, daß nur ein kleiner Theil der in den Son-

nenstrahlen der Erde zugetragenen Kräfte in das feine Getriebe des Lebens der Organismen eingreift, ja es stellt sich als Lebensbedingung für Thiere und Pflanzen heraus, daß gewaltige Luft- und Wassermassen in steter Bewegung erhalten werden, daß somit sie nur unter dem Schutze stärkerer Kräfte gedeihen als sie selbst besitzen.

Ergiebt sich nun der Theil der Kraftsumme, welcher von der Sonne den Organismen zukommt und in ihnen thätig ist, als ein relativ geringer, so ist er doch hinreichend, um allmälig eingreifende Veränderungen an der Oberfläche hervorzubringen; es imponiren die in den Organismen hervorgerufenen Thätigkeiten nicht durch ihre Großartigkeit, im höchsten Maße aber durch die Mannigfaltigkeit der Umwandlungen, so daß man noch bis vor wenigen Jahrzehnten die in ihnen thätigen Kräfte als verschieden von den in der nicht organisirten Natur, um mich so auszudrücken, wirkenden ansah, diesen die Lebenskräfte gegenüber stellte.

Wenn schon die Wirkungen der Sonnenstrahlen in der Kraft des Sturmwindes, dem Leuchten der Blitze, dem Rollen des Donners, der Wucht des aus den Wolken und von den Bergen herabstürzenden Wassers verschiedenartig erscheinen, ist doch die Verwandlung eine viel weiter gehende im Wachsthum der Pflanze, der Wärme unseres Blutes, dem Schlagen unseres Herzens, der Arbeit der Dampfmaschine, der Explosion des Schießpulvers u. s. w.

Versuchen wir, soweit dies bei unsern jetzt in vielen wichtigen Punkten noch sehr mangelhaften Kenntnissen möglich ist, die Sonnenstrahlen zu verfolgen, wie sie Leben bringen, erhalten, zerstören.

Verlassen wir an einem schönen Sommertage das lärmende Treiben einer großen Stadt, so erquickt uns in Feld und Wald

die tiefe Ruhe. Unsere Sinne empfinden außer dem Sonnenlicht, seinen Farbenwandlungen und Schattencontrasten an dem uns umgebenden friedlichen Bilde kaum Bewegungen, die unsere Aufmerksamkeit fesseln und unseren Gedanken bestimmte Richtung aufzwingen könnten, aber die Ruhe ist dennoch nur eine scheinbare. Wald, Feld und Wiese arbeiten unausgesetzt, wenn auch nicht bemerkbar für unsere Sinne; ein Strom von Wasserdampf ergießt sich von den Pflanzen in die Atmosphäre, wieder ersetzt in ihnen durch Aufnahme von Wasser aus dem Boden; fortdauernd, so lange das Sonnenlicht sie bescheint, nehmen die Pflanzen Kohlensäure aus der Luft und dem Boden auf und verwandeln sie in Stoffe, die zu ihrem Bau und Wachsthum beitragen, während ein Theil des aus der Kohlensäure abgetrennten Sauerstoffs in die Atmosphäre ausgehaucht wird. Nur in dem Wachsthum der Masse finden wir für die in der Luft vegetirende Pflanze einen ersichtlichen Beweis ihrer Thätigkeit, während grüne Wasserpflanzen auch die Entwickelung von Sauerstoff erkennen lassen. Trifft nämlich das Sonnenlicht die letzteren, so beobachtet man bei genauerer Prüfung bald die Entstehung kleiner Gasbläschen an ihrer Oberfläche, die allmälig wachsend sich endlich loslösen und an die Oberfläche des Wassers heraufsteigen, während an ihrer Stelle bald neue Bläschen an der Pflanze erscheinen. Das Wasser löst Sauerstoffgas nicht so reichlich auf wie Kohlensäure, die Bläschen, welche sich bilden und an die Wasseroberfläche aufsteigen, enthalten den Theil von Sauerstoffgas, der in der Pflanze gebildet, aber im Wasser nicht bald gelöst ist. Sehr kleine grüne im Wasser schwimmende Pflänzchen werden durch die sich bildenden Gasblasen oft an die Oberfläche des Wassers gezogen und sie verlassen dieselbe erst dann wieder, um sich auf den Boden hinabzusenken, wenn sie dem Sonnenlicht entzogen werden und die Bildung von Sauerstoffgas hiermit ihr Ende erreicht hat.

Die Arbeit, welche in der grünen Pflanze vollzogen wird durch Einwirkung des Sonnenlichtes, ist nach unsern jetzigen Vorstellungen das Fundament, auf dem sich das Leben der sämmtlichen Organismen entwickelt. Wir sind nicht im Stande, die Umwandlung von Kohlensäure und Wasser zu organischer Substanz und freiem Sauerstoffgas, wie sie im Laboratorium der grünen Pflanze vor sich geht, künstlich auf dem Wege, der in der Pflanze zu diesem Ziele führt, zu erreichen.

Die chemischen Arbeiten der letzten Jahrzehnte haben Mittel und Wege gefunden, eine nicht unbedeutende Anzahl von Stoffen, welche früher nur als Producte des Pflanzenlebens bekannt waren, aus den Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff zusammenzusetzen, wir können ferner mit Hülfe von Sonnenlicht Sauerstoffgas aus Chlorwasser und andern Chlorverbindungen entwickeln, aber alle diese Methoden sind trotz ihrer scheinbaren Einfachheit nicht im Entferntesten mit den in den grünen Pflanzen eintretenden Wirkungen des Sonnenlichtes zu vergleichen. Nur durch die energischsten chemischen Kräfte sind wir im Stande Kohle von Sauerstoff zu trennen und die Kräfte, welche wir für alle diese Processe benutzen, sind schließlich immer den Pflanzen, also der Umwandlung entnommen, welche Kohlensäure und Wasser in der Pflanze durch Sonnenlicht erleiden.

Ob die ganze Quantität von Kohle und Kohlenstoffverbindungen, welche außer der Kohlensäure an der Erdoberfläche sich findet, der Thätigkeit der Sonnenstrahlen in grünen Pflanzen unterlegen hat, wissen wir ebensowenig als wir Kenntniß darüber besitzen, ob vor der Thätigkeit grüner Pflanzen bereits Sauerstoff in der Atmosphäre vorhanden gewesen. Seitdem in Meteorsteinen Kohlenwasserstoffverbindungen aufgefunden sind und man sich überzeugt hat, daß in sehr hohen Hitzegraden Sauerstoff von Kohle und Wasserstoff abgetrennt werden kann, ist es sehr wahr-

scheinlich geworden, daß die Erde bereits Kohle auch in anderer Verbindung als in der Kohlensäure und auch freies Sauerstoffgas in der Atmosphäre durch die erstarrende Erdkruste vom feurig flüssigen Inhalte geschieden, enthalten habe, aber diese Stoffe sind für das Leben der Organismen unerreichbar oder ohne Bedeutung, und das freie Sauerstoffgas unzureichend für dasselbe, ja verschwindend klein gegen die Mengen von Sauerstoff, die nach den Befunden der Kohlenlager und der Reste von Pflanzen in den verschiedenen Gesteinsschichten seit unendlichen Zeiten von den Pflanzen in die Atmosphäre übergegangen sind. Die Atmosphäre verdankt ihre Zusammensetzung, ihren großen Gehalt an Sauerstoff den grünen Pflanzen und die Kräfte, die zur Bildung des Sauerstoffs verwendet werden, entnehmen dieselben den Sonnenstrahlen, die Umwandlung ist eine rein chemische, die Kräfte, welche sie ausführen, sind dagegen dem Licht und der Wärme entnommen.

Chemische Umwandlungen erscheinen unendlich mannigfaltig, es ist schwer eine klare Uebersicht über sie zu gewinnen, aber gerade in der Hinsicht, auf die es hier allein ankommt, kann man sie mit Entschiedenheit in 2 große Gruppen trennen, nämlich in solche, bei denen Wärme oder Licht oder mechanische Bewegung oder Electricität oder mehre von ihnen gleichzeitig gewonnen, und in solche, bei denen solche Bewegungen vernichtet werden.

Nur durch Aufwand von Kräften können wir Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen, vereinigen wir dagegen die beiden genannten Gase, indem wir nur einen Punkt ihres Gemisches erhitzen, so erfolgt Explosion, Licht und Wärmeentwickelung. Ein Stück Phosphor, leicht gerieben, entzündet sich im Sauerstoffgase, verbrennt mit strahlendem Licht und bedeutender Wärmeentwickelung, das weiße schneeartige Product dieser Ver-

brennung, die Phosphorsäure kann nur unter Anwendung von bedeutenden chemischen Kräften und Wärme wieder so zerlegt werden, daß freier Phosphor wieder erhalten wird. Man könnte nach diesen beiden angeführten Beispielen, denen ich noch zahlreiche weitere an die Seite setzen könnte, wähnen, daß bei der Vereinigung verschiedener Elemente stets Kraft frei werde, zu ihrer Trennung dagegen Aufwand von Kraft erforderlich sei, andere Beispiele beweisen jedoch evident, daß dies nicht nothwendig der Fall ist. Jodstickstoff, ein dunkelgrauer fester Körper, zersetzt sich mit heftiger Explosion in die Elemente, aus denen er besteht, wenn man ihn nur mit einer Federfahne berührt oder eine Fliege sich darauf niederläßt.

Die angeführten Beispiele sind zwar sehr einfacher Natur und werden häufig demonstrirt, aber sie sind nicht Jedem so bekannt in ihrem Verhalten wie z. B. das Schießpulver, Schießbaumwolle, Zündmasse der Zündhütchen. Diese explosiven Substanzen werden durch einen Schlag oder durch Erhitzung eines Punktes ihrer Masse zur heftigen Explosion gebracht und es ist Jedem einleuchtend, daß die Kraft der Explosion weitaus bedeutender ist als der Schlag des Hahns am Percussionsgewehr, der Stoß der Nadel im Zündnadelgewehr gegen die Zündmasse. Die bei der Explosion entwickelte Kraft kann nur herstammen aus der chemischen Umwandlung, welche die explosive Substanz erleidet. Ebenso einleuchtend wie in diesen Beispielen ist der Gewinn an Kraft in Licht und Wärme bei der Verbrennung von Kohle oder Holz in Sauerstoffgas oder sauerstoffhaltiger atmosphärischer Luft, und es wird dem entsprechend umgekehrt nicht Wunder nehmen, daß wir nur mit Hülfe der stärksten chemischen Kräfte oder der höchsten Hitzegrade im Stande sind, Kohle und Sauerstoff, wenn sie sich einmal vereinigt haben, wieder von einander zu trennen. Es würde zu weit führen hier näher auf dies höchst interessante

Grenzgebiet von Chemie und Physik, dem diese Beispiele entnommen sind, einzugehen, eine sorgfältigere Prüfung würde zeigen, daß bei jeder chemischen Umwandlung eine Anwendung von Kraft zur Trennung der vorher verbundenen Atome und zu ihrer Bewegung erforderlich ist, daß aber in der genannten Gruppe von explosiven und diesen ähnlichen Stoffen der Verbrauch von Kraft sehr klein ausfallen kann gegenüber dem Gewinn; es werden die angeführten Beispiele genügend erläutert haben, daß bei chemischen Umwandlungen, chemischen Processen, wie man zu sagen pflegt, entweder Gewinn oder Verlust an Kraft eintritt und eine Verbindung, die wie die Kohlensäure bei Verbrennung von Kohle in Sauerstoffgas bei ihrer Entstehung starke Kraftentwickelung hervorruft, auch durch starke Kraftanstrengung allein wieder in ihre Bestandtheile zerlegt werden kann.

Das Leben jedes Thiers und jeder Pflanze ist nur ein für das Verständniß schwer zu entwirrendes und doch sicher in einander greifendes Getriebe von chemischen Umwandlungen, von denen die einen Kräfte verbrauchen, die andern Kräfte frei werden lassen, alle Kräfte aber, die in den Organismen concurriren, sind in letzter Instanz ebenso wie die aller explosiven Substanzen, unserer Heizungen und Lichtentwickelungen auf den einen Proceß der Umwandlung von Wasser und Kohlensäure in organische Stoffe und freies Sauerstoffgas durch Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die grüne Pflanze zurückzuführen. Diese allein ist die Lieferantin von Kohle, Holz, Eisen, Stahl, Schwefel, sie gewährt fast alle Kräfte, die wir uns zu kriegerischen und friedlichen Zwecken dienstbar gemacht haben. Wind- und Wassermühle nehmen weniger indirect die Kräfte der Sonnenstrahlen in Benutzung, als es die Dampfmaschine thut, die mit Kohle und Sauerstoff geheizt wird; wir können durch die Kraft jener Mühlen Lasten hoch hinaufheben, Wasser auf einen Berg hinaufpum-

pen und zu einer Zeit, wo es wünschenswerth ist, die Lasten wieder hinabfallen lassen und hierbei mechanische Kraft, auch durch Reibung Wärme gewinnen, wir können also wie in der Kohle und im Sauerstoff chemische, so auch durch Wind- und Wassermühlen mechanische Kraft aufbewahren, man ist auch im Stande auf chemischem Wege Kraft von den Sonnenstrahlen zu entnehmen und aufzubewahren. Mehre Salze schmelzen beim leichten Erwärmen, essigsaures Natron kann leicht durch die Sonnenstrahlen zum Schmelzen in seinem Krystallwasser gebracht werden und die so erhaltene Flüssigkeit kann man sehr tief erkalten lassen, wenn man sie vor Staub und Berührung fremder Körper schützt, ohne daß sie erstarrt; wirft man dann einen kleinen Krystall hinein, so erstarrt die ganze Masse in kurzer Zeit und läßt die von der Sonne aufgenommene Wärme wieder frei werden. Chlorsilber wird durch das Licht der Sonne zersetzt, vereinigt man die getrennten Elemente wieder, so wird Wärme frei. Es ist also ersichtlich, daß die Umwandlung von Kräften der Sonnenstrahlen in andere Kräfte, besonders auch ihre Aufspeicherung den grünen Pflanzen nicht allein eigen ist. Der berühmte Mechaniker Ericson hat selbst mittelst der Sonnenstrahlen geheizt eine Dampfmaschine in Thätigkeit gesetzt, aber keins der genannten mechanischen oder chemischen Hülfsmittel hat Aussicht practisch der Pflanze sobald Concurrenz zu machen hinsichtlich der technischen Benutzung, und was die lebenden Organismen anlangt, fehlt uns jede Idee darüber, wie es möglich wäre an Stelle der grünen Pflanze durch andere Hülfsmittel die Nahrung zu gewinnen, die sie mit den erforderlichen Kräften versorgen kann.

Wie ergiebig die Quelle der Kräfte ist, die uns aus der Thätigkeit in den grünen Pflanzen entspringt, ist ersichtlich aus einer Berechnung, die ich einer Zusammenstellung in Liebig's be-

rühmtem Werke über Agriculturchemie im Wesentlichen entnehme. Ein würtembergischer Morgen Land, mag er mit Holz, oder als Wiese mit Gras oder als Feld mit Getreide bestanden sein, producirt in einem Jahre in Holz, Stroh, Heu, Blättern, Früchten durchschnittlich 1261 Pfund Kohlenstoff und giebt dem entsprechend an die Atmosphäre in demselben Zeitraume 3362 Pfund Sauerstoff ab. Verbrennt man diese Quantität Kohle wieder mit Sauerstoff zu Kohlensäure, so ergiebt dieser Proceß mindestens 4729 Millionen Wärmeeinheiten, d. h. eine Kraft, die im Stande ist 1,203,000 Centner 100 Fuß hoch zu heben. Die Berechnung ist zu niedrig angesetzt, in Wirklichkeit ist die Kraft, welche 1261 Pfund Kohle in Holz entspricht, etwas größer als der Werth, welcher hier angenommen ist. Die Kraft aber, welche bei dieser Verbrennung frei wird, giebt nur eine Vorstellung von dem Theile der aus den Sonnenstrahlen aufgenommenen Kraftmenge, welche die Pflanze nicht bei ihrem eigenen Leben wieder verbraucht hat; wie groß der eigene Bedarf ist, läßt sich schwer ermessen.

Die Kräfte, welche die Pflanzen bei ihrem Wachsthum theils in ihrer eigenen Körpersubstanz, theils im Sauerstoff der Atmosphäre aufspeichern, vergleichbar der gespannten Feder einer aufgezogenen Uhr, werden von ihr selbst und einer großen Zahl von lebenden Wesen, auch vom Menschen, in Beschlag genommen zur Ausführung von Arbeiten, deren Mannigfaltigkeit erstaunlich ist. Um in diesem Labyrinthe einen Faden zu behalten, wird es gerathen sein, die Substanzen der Pflanzen und den Sauerstoff der Atmosphäre in ihren weiteren Schicksalen getrennt zu betrachten. Ich wähle zunächst die Verfolgung der Umwandlungen der organischen Stoffe, weil dieser Weg, freilich durch verschiedene Verzweigungen, uns schließlich den des Sauerstoffs finden läßt und wir hier wieder eine Vereinigung aller dieser Wege erreichen, und ich will aus der großen Zahl der in den Pflanzen gebildeten

Stoffe nur einige wenige, die uns gerade die wichtigsten erscheinen, herausnehmen, um an ihnen die weiteren Verwandlungen zu verfolgen. Diese Stoffe: Stärkemehl, reine Holzfaser oder Baumwolle, Leinwand, Papier, Fett, z. B. Olivenöl, Mohnöl u. s. w., ferner Eiweißstoffe sind Jedem bekannte Körper, und wenn man auch die Eiweißsubstanzen in den Pflanzen nicht so augenscheinlich auftreten sieht wie im Ei und im Fleische, ist doch ihre Gegenwart in allen lebenden Pflanzentheilen und besonders in den Samen eine ausgemachte Sache.

Die sämmtlichen genannten Substanzen werden von dem Sauerstoff der Atmosphäre nicht verändert, sobald sie rein und getrennt sind von andern Substanzen, mit denen sie in den Pflanzen vergesellschaftet gefunden werden, aber in den Pflanzen selbst erleiden sie, auch wenn diese nicht mehr lebend sind, allmälige Veränderungen, die man zum Theil der Fäulniß zuschreibt, Veränderungen, welche wir als Gährungen allgemeiner bezeichnen können. Die Bezeichnung Gährung ist dem gewöhnlichen Sprachgebrauch entnommen und wird vor allem angewendet für die Umwandlung des Zuckers im Traubensafte, der Bierwürze, der Branntweinmaische zu Alkohol und Kohlensäure bei der Bereitung von Wein, Bier, Branntwein, kann aber wegen Analogie der Vorgänge für alle die Umwandlungsprocesse der genannten Körper und noch vieler anderen dienen. Zu einer Gährung gehört, wie es eben von der Weingährung bekannt ist, eine gährungsfähige Substanz, z. B. der Zucker des Traubensaftes, außerdem ein Gährungserreger, ein Stoff der die Zersetzung veranlaßt, eine Hefe oder Ferment, und endlich 3) ist nothwendig erforderlich viel Wasser, 4) eine mäßig warme Temperatur. Durch Kälte oder Hitze oder Wasserentziehung, Entziehung des Gährungserregers können alle Gährungen sofort unterdrückt werden. Das Geheimnißvolle der Gährungen besteht in der Einwirkung

des Fermentes, da sich dasselbe bei der Umwandlung, die es in einem andern Körper erregt, selbst gar nicht zu verändern scheint, und daher im Stande ist, eine relativ sehr große Quantität gährungsfähiger Substanz in andere Stoffe umzuwandeln.

Eine sehr einfache Gährung erleidet das Stärkemehl in den lebenden Pflanzen sowie in den verschiedensten Nahrungsmitteln, die wir von ihr entnehmen. Trocken gemahlenes Weizenmehl ist reich an Stärkemehl, enthält ein Ferment neben vielen andern Stoffen, aber keinen Zucker. Rührt man Weizenmehl mit Wasser an, läßt einige Minuten stehn und filtrirt dann, so ist die klare abfiltrirte Flüssigkeit zuckerhaltig, und der Zuckergehalt des Mehlbreis steigt fortdauernd beim Stehn, indem nämlich durch das Ferment, welches im Weizen enthalten ist, das man Diastase genannt hat, allmälig mehr und mehr Stärkemehl in Zucker und Gummi umgewandelt wird. Man könnte hier einwenden, das sei ein Zersetzungsproceß, der nur in der todten Substanz verlaufe, das ist aber nachweisbar nicht der Fall, denn wenn wir ein Weizenkorn keimen lassen, wandelt sich im lebenden Samenkorn das Stärkemehl in Zucker und Gummi um; das Malz, gekeimte Gerste, schmeckt süß und schleimig von dem Zucker und Gummi, welches in den lebenden Pflanzen beim Keimungsprocesse gebildet ist. Es ist dieser Proceß von größter Bedeutung für die Entwickelung der Pflanze, das Stärkemehl löst sich bekanntlich nicht in kaltem Wasser und quillt darin nur wenig, Gummi und Zucker lösen sich darin, ziehen das Wasser an und halten es fest, werden also in der keimenden Pflanze Gummi und Zucker gebildet, so entzieht sie dem Boden Wasser und schwillt selbst an. Derselbe Vorgang steht im nächsten ursächlichen Zusammenhang mit dem Treiben des Saftes in den Holzpflanzen im Frühjahre. Auf derselben Umwandlung beruht die Brauchbarkeit des Stärkemehls als Nahrungsmittel für Menschen und Thiere.

Genießt ein Thier Stücke einer Pflanze, die stärkemehlhaltig sind, so wird es meistens wohl auch Ferment zugleich einnehmen, um das Stärkemehl in Gummi und Zucker zu verwandeln, denn beide finden sich meist zusammen, aber oft neben viel Stärkemehl sehr wenig Ferment. Die Kartoffeln enthalten außerordentlich viel Stärkemehl und geringe Spuren von Diastase. Für uns und alle höheren Thiere ist es ganz gleichgültig, ob wir Ferment genießen; wir kochen sogar meist die stärkemehlreiche Nahrung, und wenn sie Ferment enthalten hat, wird dies durch das Kochen zerstört; wir haben den größeren Vortheil, daß das Stärkemehl durch das Kochen hochaufquillt und leichter dann von neu hinzukommendem Fermente angegriffen wird; das Ferment brauchen wir nicht zu genießen, da uns dies im Mundspeichel und besonders in der Flüssigkeit, welche die Bauchspeicheldrüse, durch die Nerven vom Eintritt der Speise in Mund und Magen telegraphisch benachrichtigt, prompt und in überreicher Fülle absondert, enthalten ist. Gummi und Zucker sind löslich in Wasser, Gummi wird durch längere Einwirkung des Ferments, besonders bei der hohen Temperatur in warmblutigen Thieren mehr und mehr auch in Zucker umgewandelt, der dann leicht in das Blut und die Säftemasse aufgenommen wird, während das Stärkemehl für sich ohne diese Umwandlung als Nahrungsmittel für Thiere nicht angesehn werden könnte. Die Bierbrauerei und Branntweinbrennerei benutzen die Einwirkung der Diastase auf das Stärkemehl, um den Zucker zu bilden. Bei dem chemischen Processe der Umwandlung von Stärkemehl in Gummi und Zucker wird etwas Wärme frei, ohne daß eine Spur von Sauerstoff aufgenommen wird. Gummi und Zucker erleiden leicht weitere Veränderungen, aber durch den Sauerstoff der Luft werden sie nicht angegriffen. Besonders leicht geschieht die Umwandlung des Zuckers in Milchsäure, wenn

er in genügend verdünnter wässriger Lösung mit einem Fermente zusammentrifft, welches ihn in dieser Weise verändern kann; er theilt diese Eigenschaft mit dem Zucker in der Milch, doch geht der letztere diese Gährung noch leichter ein. Das Ferment, welches diese Umwandlung bewirkt, ist in der Milch bereits enthalten, ist ihr aber ebenso wenig eigenthümlich, wie dem keimenden Gerstenkorne die Diastase. Eine große Anzahl niederer Organismen werfen sich begierig auf den Zucker, wo sie ihn finden, und zersetzen ihn mit dem Ferment, welches sie enthalten, und so finden wir in der Milch, wenn sie nur kurze Zeit an der Luft gestanden hat, bald sehr kleine Körperchen, welche wachsen und sich vermehren, deren Keime aus der Luft in die Milch gefallen sind, und hier den Boden für ein kräftiges Gedeihen gefunden haben, die Milch wird mehr und mehr sauer, der Käsestoff gerinnt endlich durch die gebildete Säure und der Zucker ist schließlich vollständig in Milchsäure umgewandelt. Es ist allgemein bekannt, daß dieser Vorgang, von allen andern Einflüssen abgesehen, in warmer Temperatur schneller verläuft als in kühler, daß einige Tropfen saurer Milch der süßen beigemischt, die Zersetzung dieser beschleunigen, und die Erklärung dieser Beschleunigung ergiebt sich aus dem reicheren Gehalt an Ferment in der bereits sauer gewordenen Milch. Kaum scheint es jedoch vorzukommen, daß die Gährung glatt in dieser Weise vor sich geht, daß der Zucker völlig in die ihm gleich zusammengesetzte Milchsäure umgewandelt wird, vielmehr wird durch gewisse aus der Luft hineinfallende Pilzkeime der Zucker zum Theil so gespalten, daß jedes Theilchen in zwei gleiche Theile zerlegt wird (auch jedes kleinste Theilchen der Milchsäure ist halb so schwer als ein kleinstes Zuckertheilchen), diese dann aber sofort weiter zerlegt, nämlich in Kohlensäure und in Alkohol. Wie außerordentlich leicht der Traubenzucker und Stärkezucker diese zuletzt erwähnte

Umwandlung schon bei gewöhnlicher Temperatur erfahren, ist so bekannt wie die Erscheinungen, welche dieselbe mit sich bringt: das Aufschäumen, das Verschwinden des süßen Geschmacks der Flüssigkeit; weniger bekannt und nur bei der Gährung sehr großer Quantitäten deutlich wahrnehmbar ist die Wärmeentwickelung, welche die Gährung begleitet. Die noch gährende Flüssigkeit ist stets trübe von aufwirbelnder Hefe, nach beendeter Gährung lagert sich die Hefe auf dem Boden des Gefäßes ab, die Flüssigkeit klärt sich allmälig vollkommen. Die Quantität Hefe, welche sich bei der Gährung des Weintraubensaftes oder der Bierwürze bildet, ist sehr bedeutend, obschon ihre Anfänge unsichtbar waren und es sogar scheinen kann, als sei die Hefe bei der Gährung aus dem Traubensaft selbst entstanden. Schon seit langer Zeit ist es bekannt, daß die Wein- und Bierhefe aus lebenden kleinen Wesen besteht, die sich im Traubensafte oder Biere während der Gährung entwickeln und vermehren, es ist nur fraglich, ob die Gährung erregenden kleinen Organismen einer Gattung und einer Art zugehören, oder ob sie, wie es nach zahlreichen neueren Untersuchungen scheint, verschieden von einander sind. Durch sehr zahlreiche Versuche ist festgestellt, daß ohne die Hefe die beschriebene Zersetzung des Zuckers nicht eintritt, daß aber in der Luft besonders in Wohnungen oder auf den Straßen von Städten Keime von Hefe als Staub enthalten sind. Pasteur hat aus der Luft von Paris solchen Staub gesammelt und mit demselben die Alkoholgährung hervorgerufen. Da nun eine sehr geringe Menge von Hefe im Stande ist, eine große Quantität von Zucker in Alkohol, Kohlensäure, Spuren anderer dem Alkohol verwandter Stoffe, ein Wenig Bernsteinsäure und Glycerin überzuführen, ist es unzweifelhaft, daß die Hefe ein Ferment enthält, welches diese Umwandlung bewirkt, und daß bei ihrem Wachsthum, ihrer Vermehrung auch das Ferment vermehrt

wird. Die Hefenpilze, um sie so zu nennen, schließen sich in allen diesen Hinsichten sehr nahe denen an, welche sich in der Milch, wenn sie im offenen Gefäße an der Luft steht, ansiedeln und wie sie sich noch in zahlreichen andern Gährungen finden. Die Wein- und Bierhefe enthält außerdem noch ein Ferment, welches Rohrzucker in Trauben- und Fruchtzucker umwandelt.

Die Gährungen des Stärkemehls sind hiermit noch nicht zu Ende, die Milchsäure kann durch Gährung umgewandelt werden in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoffgas, der Alkohol kann übergehn in der Essiggährung in Essigsäure, die letztere Gährung findet aber unter Theilnahme von Sauerstoff statt und wir wollen sie daher vorläufig außer Acht lassen.

Fette und Oele werden durch Fermente gleichfalls verändert, sie gehen mit Wasser Verbindung ein und zerfallen dann in Glycerin und Säuren, aber diese Umwandlung ist nur nachweisbar bei der Verdauung von Fetten im Darmcanale höherer Thiere, außerdem als Begleiterscheinung der Fäulniß in Krankheiten und beim längeren Liegen von Leichen in kalkhaltigem Wasser. Ueber die Veränderung der Fette im lebenden Organismus, dem Thier sowie der Pflanze, wissen wir noch so gut wie gar nichts, denn die gewöhnliche Angabe, daß das Fett durch den Sauerstoff in Kohlensäure und Wasser zerlegt werde, ist wohl nicht mehr als eine Redensart.

Die Umwandlungen der Holzfaser sind höchst interessant und von hoher practischer Wichtigkeit, aber sie haben sich für die chemische Erkenntniß sehr spröde erwiesen. Leinwand, Baumwolle und Papier sind viel resistentere Stoffe als Stärkemehl. Die beiden ersteren halten die Behandlung mit kochendem Wasser aus, ohne ihre Festigkeit, ihre Form zu verlieren. Durch Fäulniß, sagt man, verliere das Holz seine Festigkeit, ebenso die Leinwand; auch die Gewinnung der Leinwand aus Flachs und Hanf beruhe auf einer

Zerstörung von Holzfaser in ähnlicher Weise. Daß Holz unter Wasser der Einwirkung von Fäulniß sehr lange widersteht, ist sicher erwiesen, nur an den Stellen, wo Luft (also Sauerstoff) und Wasser gleichzeitig einwirken, wird es schnell zerstört. Daß dennoch durch Fermente eine Lösung der Holzfaser geschehen kann, dafür spricht einmal das Verschwinden der Zellenwände in kranken Kartoffeln und die Verdaulichkeit derselben im Magen der Wiederkäuer; es ist nachgewiesen, daß Kühe Zeitungspapier verdauen und davon (natürlich nicht allein) ernährt werden, diese Thatsache ist von mehren Forschern bestätigt worden, es scheint sogar auch im menschlichen Darmcanale Holzfaser in feiner Vertheilung gelöst zu werden.

Es bleibt besonders noch übrig, die Gährungen der Eiweißkörper zu schildern, leider sind aber die Veränderungen dieser Körper in höheren Pflanzen noch kaum Gegenstand der Untersuchung gewesen, und ich muß mich daher auf das beschränken, was wir von ihren fermentativen Umwandlungen in Thieren und bei der sog. Fäulniß wissen. Vom Speichel des Mundes werden die Eiweißstoffe gar nicht afficirt, aber sobald sie in den Magen höherer Thiere gelangen, erwartet sie eine Flüssigkeit, die bei Blutwärme ihre Umwandlung nicht allein in leicht in Wasser lösliche, sondern auch leicht durch die Wandungen des Darmcanals hindurchdringende Stoffe ausführt; außer einem bis jetzt nur in krankhaft veränderten Organen gefundenen Eiweißstoffe werden allmälig alle hierhergehörigen Substanzen in der angegebenen Weise verändert, ebenso Sehnengewebe, Leim, Knorpel. Was von Eiweißstoffen der Magenverdauung noch entgangen sein sollte, wird im Darme durch die Fermente des Saftes der Bauchspeicheldrüse gelöst und umgewandelt. Die Einwirkung der Fermente des Magensaftes und der Bauchspeicheldrüse sind nicht gleich, das des Magensaftes wirkt

nur bei Gegenwart freier Salzsäure oder Milchsäure, das der Bauchspeicheldrüse in nicht saurer Lösung, die Substanzen dagegen, in welche sie die Eiweißstoffe umwandeln, scheinen bis auf das erste Product der Einwirkung des Magensaftes die nämlichen zu sein, wenn auch die Wirkung des Bauchspeichels viel schneller weitere Zerlegung hervorruft und eine viel reichlichere Bildung von Stoffen, die den Eiweißsubstanzen nicht mehr zugehören, nämlich von Leucin und Tyrosin veranlaßt. Die Gährungen, welche im Magen und Darmcanale des Menschen und der Thiere vor sich gehn, hat man stets scharf getrennt zu halten gesucht von den Vorgängen der Fäulniß, gewiß mit Recht soweit es die saure Magenverdauung anlangt, aber wohl mit Unrecht hinsichtlich der Verdauung im Dünndarme. Die Körper, in welche hier die Eiweißstoffe umgewandelt werden, sind die nämlichen, wie wir sie durch Fäulniß hervorgebracht finden, nur mit dem Unterschiede, daß bei der länger dauernden Fäulniß höchst übelriechende Stoffe, Schwefelwasserstoff, Buttersäure u. s. w. entstehn, welche nach kurzer Verdauung durch den Saft der Bauchspeicheldrüse nicht zu finden sind, bei länger fortdauernder Einwirkung aber stets reichlich auftreten, auch nachweisbar im Darmcanale um so reichlicher entstehn, je größere Quantitäten von Eiweißstoffen eingenommen sind und je längere Zeit sie im Darmcanale verweilen. Die Fäulniß der Eiweißstoffe tritt nie von selbst ein, wenn nicht das dazu nöthige Ferment hinzugebracht wird, aber es giebt niedere Organismen von sehr geringer Größe, nur bei starker Vergrößerung mit dem Mikroskope zu beobachten, Vibrionen oder Bacterien genannt, deren Keime in der Luft allgemein verbreitet sind und von denen viele oder wenige in der Fäulniß fähige Flüssigkeiten, wenn diese an der Luft stehn, sehr bald hineingelangen, sich dort entwickeln zu gegliederten dünnen Stäbchen und nun die Fäulniß, d. h. die Zersetzung der Eiweißstoffe ver-

anlassen. Wir finden sonach bezüglich der Fäulniß der Eiweißstoffe sehr ähnliche Verhältnisse, wie wir sie bei der Umwandlung von Zucker durch Hefe in Alkohol und Kohlensäure besprochen haben, jedoch mit dem Unterschiede, daß wir in faulenden Flüssigkeiten die kleinen lebenden Wesen durch ein wenig Carbolsäure tödten können, ohne daß die Fäulniß deshalb stillsteht, während die Weinhefe nicht getödtet werden kann, ohne daß zugleich die Alkoholbildung stillstände. Der französische Chemiker Pasteur, dem wir viele schöne Untersuchungen über Gährungen verdanken, beging darin einen Irrthum, daß er das Leben bestimmter niederer Organismen mit den einzelnen Processen der Gährung identificirte, und dieser Irrthum ist noch jetzt so verbreitet, daß man ihn als fast allgemein herrschend ansehn muß. Man würde bei strenger Durchführung dieser Idee viele von den oben beschriebenen Gährungen als eine besondere Classe chemischer Umwandlungen von den Gährungen abtrennen, da bei diesen ein Zweifel nicht obwalten kann, daß niedere Organismen bei ihnen nicht thätig sind. Nur bezüglich der Weinhefe ist man noch nicht im Stande gewesen, eine Trennung von Ferment und lebendem Organismus auszuführen, sowie man auch leider noch nicht im Stande ist, die Umwandlung von Zucker zu Alkohol und Kohlensäure auf einfache Weise ohne Ferment zu bewerkstelligen, während man fast die sämmtlichen übrigen Zerlegungen, welche die Fermente leisten, auch durch Einwirkung von Wasser, unterstützt entweder von Säuren oder von Alkalien oder von Wärme, zu erreichen gelernt hat. Liebig hat vor Kurzem gezeigt, daß man der Bierhefe durch Wasser ein Ferment entziehen kann, welches Rohrzucker in Frucht- und Traubenzucker umwandelt, aber das Ferment, welches Alkohol bildet, zu isoliren, ist ihm trotz zahlreicher Versuche nicht geglückt. Man mag die Hefe mit etwas Blausäure oder Carbolsäure behandeln, mit etwas Aether

schütteln oder auf 54° erhitzen, stets tritt mit der Aufhebung der Fähigkeit, Alkoholgährung zu erregen, auch der Tod der Hefe zusammen. Mag nun aber die Constitution des Fermentes in der Hefe noch so zart und empfindlich sein, wir dürfen es, auch wenn es uns nicht so bald gelingen soll dasselbe zu isoliren, nur als einen Bestandtheil der Hefepilzzellen ansehn; wir kennen Bestandtheile der Hefe und Umwandlungen, die sie ausführen, die nichts mit dieser Thätigkeit zu thun haben; der Stoff, welcher die Gährung des Zuckers bewirkt, ist also nicht identisch mit der ganzen Hefe.

Wirken aber die kleinen Pilze und andere Organismen auf gährungsfähige Substanzen durch die in ihnen enthaltenen Fermente, so können wir für sie dieselbe Betrachtungsweise anwenden wie für die Pflanzen und die höheren Thiere. In allen Organismen finden sich Gährungserreger, sie bedürfen derselben zu ihrer Ernährung, zur Umwandlung der Nahrungsmittel, mögen sie nun diese Gährung erregen in ihrem eigenen Leibe oder an ihrer Oberfläche. Die niedern Organismen besitzen keinen Darm, sie verdauen an ihrer Oberfläche, mag dieselbe eine Haut darstellen, welche einen flüssigen Inhalt umschließt, oder wie bei zahlreichen niedern Thieren eine weiche, sich bewegende, die Form oft ändernde Schleimmasse, welche mit Fortsätzen, die sie aussendet, feste Substanzen umschließen, in ihr Inneres für einige Zeit hineinziehen und dort vielleicht durch Fermente zu ihrer Ernährung verändern kann, ganz auf die nämliche Weise wie die Lymphkörperchen in unserem Blute es ausführen. Es ist ohne Zweifel widersinnig anzunehmen, daß der einfache chemische Proceß einer Gährung das ganze Leben eines Organismus darstelle, denn der letztere wächst und vermehrt sich, es vermehrt sich dieselbe Substanz, welche die Umwandlung bewirkt und dies kann unmöglich

durch denselben Vorgang geschehen, welcher activ die Gährung leitet.

In höheren Pflanzen und Thieren sind diese Gährungsprocesse im Wesentlichen vorbereitende Umwandlungen, für die niedrigsten Organismen dagegen sind sie die Quellen für die Kräfte, welche sie zu andern chemischen Thätigkeiten nöthig haben, und zwar deshalb die einzigen möglichen Quellen wenigstens für eine bestimmte Zeit ihres Lebens, weil sie ihr Leben während dieser Gährungen bei völligem Ausschluß von freiem Sauerstoff führen und das Sonnenlicht auf sie ohne Wirkung ist. Die Weinhefe lebt, wächst und vermehrt sich bei Ausschluß von Licht im dunkeln Fasse, durch die bei der Alkoholgährung sich stürmisch entwickelnde Kohlensäure wird jede Spur von Sauerstoff ausgetrieben, die sich etwa vorher in der Zuckerlösung befunden haben mochte. Dabei bildet die Hefe Holzfaser (Cellulose), Fett und bedarf für diese Arbeit einen Zuschuß von Kraft, der ihr nur aus der Umsetzung von Zucker in Alkohol und Kohlensäure erwachsen kann. Es ist bereits hervorgehoben, daß Wärme bei dieser Zersetzung frei wird.

Faulende Flüssigkeiten, erfüllt von sich bewegenden Bacterien, kann man in Glasröhren durch Zuschmelzen derselben an beiden Enden so einschließen, daß kein Luftzutritt stattfindet und man doch mit dem Mikroskope die Bacterien von Zeit zu Zeit untersuchen kann. Dieselben wachsen und theilen sich innerhalb der geschlossenen Glasröhren und zeigen sich lebend und fäulnißerregend, wenn man sie nach einem Monat oder noch längerer Frist aus ihrem Gefängniß befreit.

Eine interessante Art von Einsiedlern, die man wohl auch hierher rechnen darf, haben die Untersuchungen des Schlammes vom Meeresboden im atlantischen Ocean von der enormen Tiefe

von 5000 bis 25,000 Fuß kennen gelehrt. Der englische Anatom Huxley fand diesen Schlamm belebt von einer ziemlich formlosen sich bewegenden Gallert, einem der primitivsten Organismen, den er Bathybius Haeckelii genannt hat. Kenner des Lebens in den Tiefen des Meeres hatten in diesen Abgründen einen völligen Mangel an Organismen zu finden geglaubt. Das Sonnenlicht ist bei 1000 Fuß Tiefe im Meere fast völlig absorbirt, der Sauerstoffgehalt des Meerwassers nimmt nach der Tiefe zu mehr und mehr ab, und wenn es auch noch an directen Bestimmungen des Sauerstoffgehaltes im Meerwasser der angegebenen bedeutenden Tiefen fehlt, ist doch aus allen bisherigen Untersuchungen des Gasgehaltes im Allgemeinen und des Kohlensäuregehaltes in großen Tiefen sowie des Sauerstoffgehaltes in geringeren anzunehmen, daß Huxley's Bathybius keinen Sauerstoff erhält.

Es entsteht nun die Frage, wie sollen wir uns die Ernährung dieses primitiven Wesens vorstellen? In der Nähe der Oberfläche ist aber das Meer so reich an Thieren, daß fortdauernd Reste derselben in hinreichender Quantität von ihnen losgelöst zum Meeresboden sich senken werden, deren weitere Spaltung durch Fermente dann die Lebensquelle des Bathybius allein darstellen kann.

Findet bei jeder Gährung, was freilich für viele des bestimmten experimentellen Nachweises noch bedarf, ein Freiwerden von Kräften statt, so ist es erklärlich, daß dieselben von den niedern Organismen so sehr benutzt werden, und daß in solchen gährenden Flüssigkeiten von allen hineinfallenden Keimen diejenigen am kräftigsten sich entwickeln und in dem Kampf um das Dasein die andern verdrängen, welche das wirksamste Ferment besitzen und für ihre Vegetation in Wassergehalt der Flüssigkeit, Temperatur u. s. w. die passendsten Verhältnisse finden.

Man kann einwenden, daß die Kraftentwickelung bei den

Gährungen eine sehr geringe und unzureichend sei zur Ausführung der Arbeiten, welche wir in diesen niederen Organismen ausgeführt finden, nämlich Holzfaser- und Fettbildung in der Hefe, mechanische Bewegung des Körpers in den Bacterien und den Bathybius. Unzweifelhaft sind die freiwerdenden Kräfte im Vergleich mit denen, welche eine Verbrennung organischer Substanz mit Sauerstoff hervorbringt, äußerst gering, aber es ist auch eine der häufigsten Erscheinungen bei mechanischen und chemischen Vorgängen, daß schwache Kräfte vereinigt entweder der Zeit nach oder auf eine kleine Masse von Substanz wirkend einen großen Effect hervortreten lassen. Wie häufig beobachtet man beim Hinabgießen von Wasser, daß kleine Tropfen viel höher hinaufspritzen als das Wasser beim Eingießen hinunter gefallen war. Als chemisches Beispiel dieser Erscheinungen kann die Bildung von Kohle und Ruß bei der Verbrennung von Holz dienen. Kohle giebt bei der Verbrennung viel größere Kraftentwickelung als das gleiche Gewicht Holz; während bei der unvollkommenen Verbrennung ein Theil des Holzes vollkommen verbrennt und die dieser Verbrennung entsprechende Wärmemenge frei giebt, nimmt ein Theil des Holzes noch Kraft von derselben auf und verwandelt sich in Stoffe von größerem Heizwerth als das Holz. In gleicher Weise lassen sich offenbar die Vorgänge in jenen niedern Organismen deuten. Uebrigens wird die Bildung von Stärkemehl, Holzfaser und Fett auch nur geringen Kraftaufwand erheischen.

Das Freiwerden von Kraft bei der chemischen Aenderung organischer Substanzen ohne Verbrennung war lange Zeit unbeachtet geblieben und so hat man auch jetzt kaum darauf Rücksicht genommen, daß es die Quelle der Kräfte ganzer Organismen sein könne, daß auch für höhere Thiere diese Entwickelung von Kräften bereits eintreten und verwendet werden kann bei dem

Statthaben der Spaltungsprocesse nicht im Blute, Drüsen, Muskeln allein, sondern schon im Darmcanale.

Es wäre nun aber unrichtig, wenn man glauben wollte, die der Hefe verwandten niedrigen Organismen seien wegen dieses kümmerlichen Lebens weder Thiere noch Pflanzen, sondern bildeten für sich eine besondere Abtheilung im ganzen System der Organismen. Es wäre dies unrichtig einmal, weil diese niedern Organismen unter andern Verhältnissen, nämlich unter Einwirkung des Sauerstoffs, ihr Leben auf eine höhere Stufe erheben können und ferner weil es höhere Organismen giebt, die wieder unter besondern Verhältnissen ein eben so kümmerliches Leben führen.

Das Leben des Menschen und der meisten höchsten Thiere ist von so bestimmten Normen geleitet, daß Schwankungen der chemischen Zersetzungen und der damit verbundenen Kraftentwickelungen nur innerhalb ziemlich enger Grenzen stattfinden können. Alles erscheint im Leben derselben auf das Complicirteste regulirt und Schwankungen compensirt. Aber schon bei einer Anzahl Säugethieren ist ein Leben nach doppeltem Typus möglich, alle Thiere, welche einen Winterschlaf haben, erniedrigen in diesem merkwürdigen Zustande ihre Körpertemperatur, verzehren in demselben keine Nahrungsstoffe und die ganzen chemischen Processe, die in ihrem Körper stattfinden, sind in Summa weit geringer als in derselben Zeit im wachen Zustande, dem entsprechend sind auch mechanische Bewegungen nur in ganz geringem Maße vorhanden. Die Larvenzustände wirbelloser Thiere zeigen Aehnliches, besonders auffallend sind aber die Zustände, in welche Würmer gerathen, welche im Fleische und andern Organen höherer Thiere leben, wie Blasenwürmer und Trichinen, welche eingekapselt als Eremiten im selbstgewählten Gefängniß keine andere Möglichkeit für die Aufnahme von Nahrung haben, als das

Durchschwitzen derselben durch die verhältnißmäßig dicken Capseln, welche sie umgeben und die zum Theil noch durch Ablagerungen von kohlensaurem Kalk (eine wirkliche Kalktuffbildung) fast undurchdringlich werden. Daß das Hindurchschwitzen ernährender Flüssigkeit hier gering sein muß, ist einleuchtend, insbesondere aber muß der Zutritt von Sauerstoff erschwert sein. Dieselben Thiere aus ihrem Gefängniß befreit in günstigere Verhältnisse gebracht, wobei ihnen auch der Zutritt von Sauerstoff erleichtert ist, entwickeln sich höher und vermehren sich. Ebenso scheint bei den Hefearten eine viel höhere Ausbildung und die Fruchtbildung von dem Zutritt von Sauerstoff abzuhängen.

Wir haben die Bildung organischer Stoffe in den grünen Pflanzen unter Einwirkung der Sonnenstrahlen, dann einige der Veränderungen verfolgt, welche sie — sei es in der Pflanze in der sie sich bildeten, sei es nachdem sie aus derselben herausgetreten, von andern Organismen durch Gährungen erleiden. Ohne daß der Sauerstoff sich betheiligte, ist bei den Gährungen ein kleiner Theil der aus den Sonnenstrahlen aufgenommenen Kraft frei geworden, in vielen Fällen stufenweise indem eine Gährung der andern folgte. Das Stärkemehl der Pflanze wurde unter Aufnahme von Wasser und Freiwerden von Wärme in Zucker, dieser wieder unter Freiwerden von Wärme in Alkohol und Kohlensäure umgewandelt. Im Körper von Menschen oder von Thieren wird der Zucker in die Säftemasse vom Darmcanal her übergeführt und — verschwindet hier. Man sagt, er werde vom Sauerstoff verbrannt. Die Fette werden gleichfalls ebenso wie die Eiweißstoffe und ihre im Darme gebildeten Zersetzungsproducte in die Säftemasse aufgenommen und verschwinden in gleicher Weise oder werden in einer Weise umgewandelt, die chemisch zu verfolgen noch nicht gelungen ist. Es kann aber nicht bezweifelt werden, daß sie im Blute und innerhalb der Lymphdrü-

sen, Leber, der Muskeln, weitern Umwandlungen durch Gährungsvorgänge unterliegen jedenfalls treffen sie aber hier überall mit Sauerstoff zusammen und es entspinnen sich zugleich die mannigfaltigsten Processe, bei denen der Sauerstoff wenn auch nicht primär betheiligt ist.

Wie gelangt aber der Sauerstoff in das Innere des Körpers? Wir wollen hier nicht näher auf die allerdings äußerst interessanten mannigfaltigen anatomischen und mechanischen Vorrichtungen eingehen, durch welche der Mensch und die verschiedenen Klassen von Thieren mit Sauerstoff ihren Körper versorgen, es möge genügen anzugeben, daß nur äußerst geringe Mengen von diesem Gase aus der umgebenden Luft durch die noch so zarte Haut des Menschen aufgenommen wird, daß fast der ganze Bedarf an Sauerstoff durch die Lungen dem Körper geliefert wird. In den feinsten Verzweigungen der Blutgefäße der Lunge wird vom Blute Sauerstoff aufgenommen und dagegen an die Lungenluft Kohlensäure nebst Wasserdampf abgegeben.

Als vor ziemlich genau 100 Jahren von Priestley und Scheele der Sauerstoff entdeckt und seine Betheiligung am Leben der Thiere erkannt war, schloß der berühmte französische Chemiker Lavoisier aus mehren Versuchen, die er anstellte, daß die in den Körper aufgenommenen Nahrungsmittel in demselben ebenso durch den Sauerstoff verbrannt würden, wie wir sie trocken im Ofen mit diesem Gase verbrennen können, und er meinte ferner, daß diese Verbrennung in der Lunge stattfinde. Diese letztere Ansicht blieb über 30 Jahre lang die herrschende, bis durch den vor Kurzem verstorbenen, bedeutenden Berliner Physiker Magnus nachgewiesen wurde, daß das Blut in der Lunge Sauerstoff aufnimmt in eine lockere Verbindung, und daß beim Hindurchströmen des Blutes durch die feinen Blutgefäßverzweigungen in den verschiedensten Organen des Körpers ein bedeutender Theil dieses

Sauerstoffs verschwindet, so daß das zur Lunge zurückkehrende Blut der Venen nur geringen Gehalt an solchem durch die Luftpumpe aus dem Blute entfernbaren Sauerstoffgase zeigt. Seitdem hat man durch viele Untersuchungen die sichere Ueberzeugung gewonnen, daß das Blut sich in der Lunge mit Sauerstoff sättigt, so daß es dann überall hin, wohin das Herz es treibt, einen Ueberschuß von Sauerstoff zur Disposition stellt; das Blut kehrt noch etwas sauerstoffhaltig zur Lunge zurück, um sich von Neuem mit Sauerstoff zu beladen. Man kann sonach sagen, daß der Mensch und alle Thiere mit rothem Blute im Ueberfluß von Sauerstoff leben, aber sie bedürfen seiner auch fortwährend, wenige Minuten der Unterbrechung des Athmens genügen, den ganzen disponiblen Sauerstoff aus dem Blute verschwinden zu lassen, und den Erstickungstod herbeizuführen. Wäre das ganze Blut eines erwachsenen Menschen mit Sauerstoff in der Lunge gesättigt, ein Fall, der nie eintritt, da mindestens die Hälfte des Blutes stets in den Venen sich befindet, so würde dies Blut, zu 10 Pfd. angenommen, noch nicht einmal drei Schoppen Sauerstoffgas enthalten, das Gewicht des enthaltenen Sauerstoffgases würde nur 1,6 Gramme betragen, der Mensch verbraucht aber für sein Leben im Laufe von 1 Stunde durchschnittlich 31 Gramme Sauerstoff, in jeder Minute also ½ Gramm; da nun jene angenommene Sättigung des Blutes in Wirklichkeit nicht vorhanden ist und wir nur etwa die halbe Sättigung als sicher vorhanden annehmen dürfen, würde schon in der zweiten Minute Mangel an Sauerstoff eintreten, wenn plötzlich das Athmen unterbleibt. Ist aber das Blut mit Sauerstoff gesättigt, wenn es die Lunge verläßt, und treibt das Herz das in ihm enthaltene Blut in jeder Minute 72 mal durch die Lunge, so würde, wenn in dem zur Lunge zurückkehrenden Blute kein Sauerstoff mehr vorhanden wäre, das Blut 2,933 Liter Sauerstoff aus der geathmeten Luft

aufnehmen können, eine Quantität, welche 4,2 Gramm wägt, das Blut würde somit unter den gewöhnlichen Verhältnissen den einzelnen Provinzen des Körpers etwa 8 mal so viel Sauerstoff bringen können, als diese gebrauchen.

Obwohl also der Mensch in einem Tage 1,5 bis 2 Pfd. Sauerstoff verzehrt, mehr als er abgesehen vom Wasser von irgend einem Nahrungsmittel zu sich nimmt, ist doch, wenn er zufällig einmal mehr brauchen sollte, auch dafür gesorgt und wir ersehen daraus, daß der Verbrauch von Sauerstoff im Körper nicht abhängt von der Zufuhr desselben; von diesem einzig überall steuerfreien Nahrungsstoff ist der Ueberfluß im gesunden Zustande stets vorhanden.

Seitdem von Schönbein entdeckt war, daß der Sauerstoff der Luft, der sich gegen unsere Nahrungsmittel ganz indifferent zu verhalten scheint, durch verschiedene, auch durch organische Stoffe in einen viel energischer wirkenden Stoff, den er Ozon genannt hat, umgewandelt wird, hat man sich viel Mühe gegeben, eine derartige Bildung von Ozon auch im Blute nachzuweisen. Es schien dieselbe höchst wahrscheinlich, besonders da man an allen fein zertheilten feuchten Gegenständen die Bildung von Ozon in der Luft nachzuweisen vermag, es ist aber bis jetzt nicht gelungen im Blute Ozon aufzufinden. Da die Processe der Verbindung mit Sauerstoff bei niedern Thieren, welche kein rothes Blut besitzen, ebenso verlaufen wie bei höheren, wird das Blut, speciell sein rother Farbstoff, der Sauerstoff in lockere chemische Verbindung aufnimmt, überhaupt nur als das Reservoir anzusehen sein, aus dem größere Mengen von Sauerstoff allen Organen zugebracht werden können, als es ohne dasselbe möglich wäre.

Welche Vorgänge schließlich den Sauerstoff mit den durch die verschiedenen Gährungen aus dem Stoff, welche die Pflanze

gebildet hatte, hervorgegangenen Producten vereinigen, ist uns unbekannt; ich unterlasse es die mannigfaltigen Vermuthungen anzuführen, welche man darüber angestellt hat, und will nur hervorheben, daß sie sehr complicirter Natur sein müssen. Auch im erwachsenen Menschen oder Thiere werden nicht entsprechend einer vollkommenen Verbrennung die ganzen Kräfte frei, welche bei der Abtrennung des Sauerstoffs von den organischen Stoffen in der Pflanze aufgestapelt wurden, sondern wie bei einer unvollständigen Verbrennung sich Ruß bildet, der noch mit Vortheil verbrannt werden kann, bilden sich hier Fette und eine dem Stärkemehl verwandte Substanz, welche in den Zeiten der Armuth an Nahrung durch ihre Zerstörung die Lücken in der Ernährung ausfüllen können.

Die Kräfte, welche bei den chemischen Umwandlungen besonders der Verbindung der organischen Stoffe mit Sauerstoff frei werden, bieten insofern große Mannigfaltigkeit, als wir neben der mechanischen Bewegung durch die Muskeln und der reichlich frei werdenden Wärme bei electrischen Fischen Electricität und bei mehren niedern Thieren, z. B. unsern Leuchtwürmchen ein phosphorescirendes Leuchten auftreten sehen. Beide Thätigkeiten, die Electricität und Phosphorescenz, sind aber doch so selten, daß wir sie hinsichtlich der quantitativen Schätzung der frei werdenden Kräfte ohne Bedenken bei Seite lassen können. Es bleiben dann übrig — Wärme und mechanische Bewegung. Die letztere, welche so sehr in die Augen fällt, daß wir das Leben eines Menschen nach ihr beurtheilen, nicht zweifeln daß Jemand lebt, wenn er seine Glieder, seine Augen bewegt, spricht, und wenn diese Thätigkeiten auch suspendirt wären wie im Schlafe, doch in den mechanischen Bewegungen der Athmungsorgane und des Herzens Kraftentwickelungen erkennen, diese mechanischen Thätigkeiten sind den Thieren durchaus nicht allein eigen. Wir

finden sie in den niedrigsten Organismen der Bacterien, ebenso in dem Bathybius Huxleys, ebenso innerhalb der mikroskopischen Zellen der Pflanzen. Das bekannte Beispiel der Mimosa pudica, die auf einen ihr zukommenden Reiz durch leichte Berührung ihre Blätter aneinanderlegt und ihre Zweige senkt, zeigt, daß bei den Pflanzen ähnliche Vorrichtungen existiren, wie wir sie bei Menschen und Thieren in den Empfindungsnerven, den Nerven der Muskeln und den Muskeln selbst besitzen, und es ist erwiesen, daß diese Vorrichtungen nicht etwa dieser einen Pflanze allein zugehören, sondern sehr verbreitet sind.

Besonders auffallend ist es, daß diese Bewegungen bei Menschen und höheren Thieren größtentheils der Willkühr unterworfen zu sein scheinen. Wir können arbeiten, Lasten heben, weite Wege zurücklegen, also unsern Körper weit tragen und können statt dessen dieselbe Zeit über unsere Muskeln in Unthätigkeit lassen. Alle diese Thätigkeiten entsprechen den chemischen Zersetzungen in den Muskeln und wir kennen zwar noch nicht den chemischen Proceß, welcher zur Zusammenziehung des Muskels erforderlich ist, wissen aber 1) daß bei der Zusammenziehung des Muskels Milchsäure gebildet, daß dann mehr Sauerstoff als in der Ruhe eingeathmet und mehr Kohlensäure als in der Ruhe durch die Lunge ausgeathmet wird. Die Thätigkeit der Nerven bei diesen Processen scheint nur dem Druck des Fingers zu entsprechen, der die gespannte Feder im Gewehre löst und die Patrone zur Verbrennung bringt, der chemische Proceß der Verbrennung der Patrone ruft die mechanische Thätigkeit hervor, welche die Kugel aus dem Gewehrlauf herausschleudert. Ein besseres Bild giebt wohl die Entzündung einer Pulvermine durch einen electrischen Funken. Wie in diesen benutzten Vergleichen müssen in den Muskeln die Spannkräfte bereits vorhanden sein, sie müssen völlig parat sein und ein Anstoß genügen, um den

chemischen Proceß und damit die mechanische Bewegung eintreten zu lassen. Die Nerven bringen nur den Anstoß hervor, wir können die Nerven unthätig machen und durch einen Stich, Stoß, durch electrischen Strom und andere Reizmittel doch den Muskel zur Zusammenziehung bringen. Die größere Menge von Sauerstoff, welche in das Blut aufgenommen wird während der Arbeit der Muskeln, macht es wahrscheinlich, daß die Verbindung von Sauerstoff mit organischen Stoffen die Kraft liefert für die Thätigkeit in den Muskeln. Vermindert man die Zufuhr von Sauerstoff zu einem Muskel, so wird der Muskel schwach, schließlich gelähmt, bei Vergiftungen, in denen die Aufnahme von Sauerstoff in der Lunge verhindert ist, tritt Lähmung der ganzen Muskulatur ein. Nichtsdestoweniger fehlt es auch nicht an Beobachtungen, welche gegen eine directe Betheiligung des Sauerstoffs bei dem chemischen Proceß, welcher den Muskel zur Zusammenziehung bringt, sprechen. Auch nach möglichst vollständiger Entfernung des Sauerstoffs aus den Muskeln durch die vollkommenste Luftpumpe zieht sich der Muskel, wenn er gereizt wird, noch zusammen und wie ich früher hervorgehoben habe, zeigen niedere Organismen trotzdem, daß das Hinzutreten von Sauerstoff unmöglich ist, mechanische Bewegungen, die, wenn sie nicht mit denen der Muskeln identisch sind, ihnen doch sehr nahe stehen. Es ist hier noch ein bedeutendes Räthsel zu lösen.

Die mechanischen Thätigkeiten, obwohl so deutlich in die Augen fallend, ergeben sich aber als ein geringer Theil der Kräfte, welche durch chemische Umwandlungen im Menschen oder Thiere frei werden, bei Weitem der größte Theil, nach ungefährer Schätzung etwa 6mal so viel als in der mechanischen Bewegung, tritt als frei werdende Wärme auf und deshalb ist auch seit Lavoisier im Ganzen und Großen der Vergleich des thierischen Lebens mit einer Verbrennung noch immer festgehalten worden.

Die Quellen beider, der Muskelkraft und der Wärme, scheinen dieselben zu sein. Längere Zeit hatte man geglaubt in den stickstoffhaltigen Substanzen, den Eiweißstoffen speciell, die Körper suchen zu müssen, welche dem Muskel seine Kraft verleihen bei ihrer chemischen Zersetzung, während man der Zersetzung von Zucker und Fett die Rolle der Wärmeentwickelung zuschrieb. Eine große Zahl von Untersuchungen hat sich mit diesem Gegenstande beschäftigt und das Resultat ergeben, daß der arbeitende Mensch oder das arbeitende Thier bei dieser Muskelanstrengung nur sehr unbedeutend oder gar nicht mehr von Eiweißstoffen verbraucht als in der Ruhe, obwohl Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung während der Arbeit sehr gesteigert sind. Es ist sonach wahrscheinlich, daß der Verbrauch an Eiweißstoffen deshalb eine sehr geringe Steigerung bei der Arbeit erfährt, weil die aus Eiweißstoffen bestehenden Muskeln bei ihrer Thätigkeit eine Abnutzung erfahren und durch Neubildung ersetzt werden. Es ist auch bekannt, daß die Muskeln bis zu einem gewissen Grade vermehrt und vergrößert werden bei ihrer Thätigkeit. Ueberhaupt ist die Einführung von Eiweißstoffen unerläßlich zum Ersatz der bei den chemischen Processen abgenutzten Bestandtheile, der Fermente besonders und der Aufstapelung von Nahrungsmaterial als Fett und stärkeartige Substanz; es ist hierzu eine bestimmte Quantität täglich erforderlich, die nicht vermindert werden kann, ohne das Leben herabzudrücken, während eine Steigerung der Einnahme von Eiweißstoffen auch eine Vermehrung der Zersetzungen im Darme, sowie der Aufnahme von Sauerstoff in das Blut und der Bildung von Wärme veranlaßt; nur ein kleiner Theil wird unter solchen Verhältnissen zur Fettbildung verwendet. Reichliche Einführung von Fett und von Zucker besonders steigert die im menschlichen Körper vor sich gehenden chemischen Processe und begünstigt die Bildung von Fett, ohne daß diese Stoffe sich direct

an dieser Ablagerung zu betheiligen scheinen. Eine wesentliche Steigerung der mechanischen Bewegung, nämlich der Muskelthätigkeit, ist durch reichliche Speise nicht zu erreichen, wenn man das typische Maaß überschreitet, dagegen wird die Wärmeproduction vergrößert, so lange die genossenen Nahrungsmittel die nothwendigen Umwandlungen erleiden und schließlich hinreichend mit Sauerstoff versorgt werden, der durch seine Verbindung mit ihren Bestandtheilen die hauptsächlichste Wärmeentwickelung veranlaßt. Wir hatten gesehen, daß das Blut im Stande ist, die nöthige Sauerstoffmenge zu liefern bei ruhigem Puls für eine 8mal so große Quantität organischer Stoffe, als sie im normalen Zustande verlangt wird. Trotz der hiermit ersichtlichen Verschiedenheit in der Ernährung und der Production von Wärme ist doch die Temperatur des Blutes ziemlich genau regulirt, offenbar durch Nerveneinflüsse, welche nicht allein Herz und Athmung, sondern auch die Zustände der Haut in ihrer Gewalt haben und den Wärmeverlust in gleichem Grade zu steigern vermögen, wie die Production zunimmt, und umgekehrt bei ungenügender Production zur Deckung des Deficits die Arbeit der willkührlichen Muskeln kräftig in Beschlag nehmen, da bei dieser Thätigkeit nicht blos mechanische, sondern auch Wärmebewegung frei wird, und zwar im Wesentlichen durch Vereinigung von Sauerstoff mit den bei der Muskelthätigkeit gebildeten Stoffen. Wir zittern, athmen tief und klappern mit den Zähnen, bekommen Gänsehaut, setzen uns in Bewegung, wenn wir frieren ohne doch krank zu sein. In fieberhafter Krankheit ist diese Regulation völlig gestört.

Mögen diese zum Theil aphoristischen Darlegungen genügen, dem Leser eine Uebersicht über ein Gebiet zu geben, welches in allen seinen Theilen das wichtigste Forschungsfeld der physiologischen Chemie bildet. Wir haben verfolgt, wie aus der Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die grüne Pflanze organische Stoffe

und freier Sauerstoff entsteht und wie im thierischen und pflanzlichen Leben die mannigfachsten Umwandlungen allmälig die Kräfte frei werden lassen, welche der grüne Farbstoff der Pflanzen der Bewegung des Licht- und Wärmeäthers entlehnte, um ihr schönes Gebäude aufzurichten. Sämmtliche lebende Wesen wetteifern in der Verwerthung der aufgestapelten Spannkräfte, so verschiedenartig auch die Benutzung ist, die sie davon machen. Die in den lebenden Wesen als freie Bewegung, mechanische oder Wärmebewegung hervortretenden Kräfte bilden nur einen kleinen Theil der von den Pflanzen gebundenen, denn wie bereits gesagt, die ganze Industrie zehrt an demselben Vorrath.

(659)

Druck von Gebr. Unger (Th. Grimm) in Berlin, Friedrichsstr. 24.

an dieser Ablagerung zu betheiligen scheinen. Eine wesentliche Steigerung der mechanischen Bewegung, nämlich der Muskelthätigkeit, ist durch reichliche Speise nicht zu erreichen, wenn man das typische Maaß überschreitet, dagegen wird die Wärmeproduction vergrößert, so lange die genossenen Nahrungsmittel die nothwendigen Umwandlungen erleiden und schließlich hinreichend mit Sauerstoff versorgt werden, der durch seine Verbindung mit ihren Bestandtheilen die hauptsächlichste Wärmeentwickelung veranlaßt. Wir hatten gesehen, daß das Blut im Stande ist, die nöthige Sauerstoffmenge zu liefern bei ruhigem Puls für eine 8mal so große Quantität organischer Stoffe, als sie im normalen Zustande verlangt wird. Trotz der hiermit ersichtlichen Verschiedenheit in der Ernährung und der Production von Wärme ist doch die Temperatur des Blutes ziemlich genau regulirt, offenbar durch Nerveneinflüsse, welche nicht allein Herz und Athmung, sondern auch die Zustände der Haut in ihrer Gewalt haben und den Wärmeverlust in gleichem Grade zu steigern vermögen, wie die Production zunimmt, und umgekehrt bei ungenügender Production zur Deckung des Deficits die Arbeit der willkührlichen Muskeln kräftig in Beschlag nehmen, da bei dieser Thätigkeit nicht blos mechanische, sondern auch Wärmebewegung frei wird, und zwar im Wesentlichen durch Vereinigung von Sauerstoff mit den bei der Muskelthätigkeit gebildeten Stoffen. Wir zittern, athmen tief und klappern mit den Zähnen, bekommen Gänsehaut, setzen uns in Bewegung, wenn wir frieren ohne doch krank zu sein. In fieberhafter Krankheit ist diese Regulation völlig gestört.

Mögen diese zum Theil aphoristischen Darlegungen genügen, dem Leser eine Uebersicht über ein Gebiet zu geben, welches in allen seinen Theilen das wichtigste Forschungsfeld der physiologischen Chemie bildet. Wir haben verfolgt, wie aus der Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die grüne Pflanze organische Stoffe

und freier Sauerstoff entsteht und wie im thierischen und pflanzlichen Leben die mannigfachsten Umwandlungen allmälig die Kräfte frei werden lassen, welche der grüne Farbstoff der Pflanzen der Bewegung des Licht- und Wärmeäthers entlehnte, um ihr schönes Gebäude aufzurichten. Sämmtliche lebende Wesen wetteifern in der Verwerthung der aufgestapelten Spannkräfte, so verschiedenartig auch die Benutzung ist, die sie davon machen. Die in den lebenden Wesen als freie Bewegung, mechanische oder Wärmebewegung hervortretenden Kräfte bilden nur einen kleinen Theil der von den Pflanzen gebundenen, denn wie bereits gesagt, die ganze Industrie zehrt an demselben Vorrath.

Druck von Gebr. Unger (Th. G