

4. *Le Gallois* über die thierische Wärme.
(Aus den *Annales de chimie et de physiques*. T. IV.
1817.)

In einem frühern Aufsatze ¹⁾ verglich ich die Erhaltung, welche die enthaupteten und durch Einblasen von Luft in die Lungen am Leben erhaltenen Thiere erleiden, mit der, welche in derselben Zeit nach dem Tode bei Thieren von derselben Art und demselben Gewichte eintritt, und untersuchte die Hauptbedingungen. Man hatte in England behauptet, daß die Erhaltung in beiden Fällen ungefähr gleich sey, ungeachtet das enthauptete Thier das Oxygen der eingeblasenen Luft einfaugt und Kohlensäure ausstößt, daß das enthauptete Thier selbst etwas schneller erkalte als das todte Thier, und dies von der Entziehung des Wärmestoffs durch die eingeblasene Luft hergeleitet. Hieraus schloß man ferner, daß die thierische Wärme keinesweges in den Lungen erzeugt werde, und die Thiere durch das Athmen Wärme verlieren, nicht aber erhalten. Die Resultate meiner Untersuchungen waren:

1) In der That erkalten die enthaupteten, und durch Lufteinblasen am Leben erhaltenen Thiere beträchtlich, behalten aber doch im Allgemeinen, vorzüglich wenn man gewisse Thiere, z. B. Katzen, nimmt, eine um 1—3° Centigrad. höhere Temperatur als todte Thiere; 2) um bis auf denselben Grad zu erkalten, verlieren diese Thiere in einer gegebenen Zeit bedeutend mehr Wärme als die todten, mithin kann man, selbst wenn man annimmt, daß die Temperatur bei beiden gleich tief sinkt, daraus nicht schliessen, daß sich in den erstern keine Wärme entwickelt; 3) Einblasen von Luft in die Lungen unverletzter und ganz gesunder Thiere allein bringt ihre Temperatur herab, und man kann, wenn man dieses Verfahren eine Zeitlang fortsetzt, sie vor Frost tödten; 4) Alles, was das Athmen erschwert, hat dieselbe Wirkung und man kann daher z. B. ein Thier zum Erkalten bringen, wenn man es ausgestreckt auf dem Rücken liegen läßt, ja, durch

lange

1) Dieser hat sich nicht in den Papieren des Verstorbenen gefunden.

lange Fortdauer dieser Lage sogar tödten. Hieraus folgte also, daß mit Erkaltung immer zugleich Störung des Athmens verbunden war, allein die Hauptfrage war, ob, wenn ein Thier erkaltet, die dabei beobachtete Störung des Athmens immer mit einer Verminderung der Einsaugung von Oxygen und der Bildung von Kohlensäure verbunden ist, und ob diese Verminderung mit dem Grade des Erkaltens parallel läuft? Ihre Lösung ist der Gegenstand des gegenwärtigen Aufsatzes. Gern hätte ich zu bestimmen gewünscht, ob ein Thier beim künstlichen Athmen weniger Sauerstoff verbraucht als beim natürlichen, allein dies läßt sich durch bestimmte Versuche nur sehr schwer ausmitteln. Die Veränderungen, welche ein Thier in einer gegebenen Luftmenge, in welcher es sich befindet und natürlich athmet, hervorbringt, sind zwar leicht zu erkennen, allein dies ist nicht der Fall, wenn es nur durch Einblasen von Luft athmet, und nicht in einem verschlossenen Gefäße isolirt werden kann. Die beschwerlichen und zusammengesetzten Vorrichtungen, welche man in dem letztern Falle anwenden mußte, um die durch das Thier in der Luft hervorgebrachten Veränderungen zu bestimmen, würden nothwendig viele Irrthümer veranlassen. Deshalb wandten wir unsere Aufmerksamkeit auf andere Umstände, unter welchen die Störung des Athmens Erkaltung hervorbringt¹⁾.

Eines der einfachsten und leichtesten Mittel hiezu ist unter andern das fortgesetzte Ausstrecken eines Thieres auf dem Rücken. Es wurde daher auszumitteln gesucht, ob hierbei weniger Oxygen verbraucht wird, als wenn das Thier frei ist, und ob um so viel weniger verbraucht wird, als die Erkaltung beträchtlicher ist, indem ich überzeugt war, daß, wenn unter dieser Bedingung die Erkaltung mit dem Oxygenverbrauch im geraden Verhältniß steht, dasselbe immer bei gestörtem Athmen, mithin auch beim Athmen durch Lufteinblasen Statt finden muß.

1) Seit dieser Aufsatz vorgelesen wurde, hatte Herr *Legallois* eine Vorrichtung angewandt, die sich zu Ausmittlung der Veränderung eignet, welche die eingeblasene Luft erleidet, allein das Resultat seiner Untersuchungen ist nicht bekannt worden.



Die Versuche wurden anfangs mit 30 — 40 Tage alten Kaninchen und unter der pneumatischen Wasserwanne angestellt, jedes Thier beständig einem doppelten Versuche unterworfen, einmal völlig frei unter die Glocke gesetzt, das andre Mal auf dem Rücken ausgestreckt und an allen vier Füßen an ein Bret geheftet. Gewöhnlich verfloßen zwischen beiden Versuchen nur 2 Tage, und absichtlich wurde der Anfang bald mit dem einen, bald mit dem andern gemacht. Die mit Wasser angefüllte Glocke wurde auf die Platte der Wanne gestellt und eine gläserne Flasche mit enger Mündung und eingeriebenem Stöpsel als Visirmaafs angewandt. Die Flasche wurde verschlossen zweimal in das Wasser der Wanne getaucht, dann alle in ihr enthaltne Luft in die Glocke treten gelassen. Die so erhaltne, und *immer angewandte* Luftmenge betrug 14,890 Cubikcentimeter. Hierauf wurde durch das Wasser eine kleine, dasselbe überragende Holzstütze, und auf dieser das Thier, gleichfalls durch das Wasser, bald frei, bald angebunden, unter die Glocke gebracht. Nach drei Stunden wurden beide durch das Wasser herausgenommen, dann die Glocke senkrecht bis zum gänzlichen Eintauchen des sie schließenden Hahnes in die Wanne gesenkt, hierauf die Flasche erst mit Wasser angefüllt, dann ihre Mündung auf den Hahn der Glocke gesetzt, und so allmählich die Luft aus der letztern übergeführt. Jedesmal wurde die Flasche genau verschlossen, und die Luft und das kalte Wasser, welche darin enthalten waren, heftig unter einander geschüttelt. Dies wurde so lange fortgesetzt, bis das Visirmaafs fast ganz mit der in der Glocke enthaltenen Luft angefüllt war, und nur noch eine geringe Menge Wasser enthielt, hierauf der Stand des Wassers dem Visirmaafs und der Wanne gleich gemacht, endlich die Flasche verschlossen, um sie aus der Wanne zu nehmen, und das Wasser, welches zuletzt noch darin enthalten gewesen war, in ein besonderes Gefäß gethan. Auf dieselbe Weise wurde alle, noch in der Glocke befindliche Luft in dieselbe Flasche geführt, und, nachdem auch hier beide auf denselben Stand gebracht worden waren, das noch übrige Wasser zu dem schon bei Seite gesetzten gegossen und mit sehr genauen Wagen gewogen. Da der Barometer- und Thermometerstand unterdessen nicht

merklich variirt hatte, so mußte nothwendig dieses Wasser, dessen Menge sehr leicht durch sein Gewicht zu bestimmen war, die während des Versuches verschwundene Luftmenge geben.

Die zuerst erhaltenen Resultate waren folgende.

Angewandte Luftmenge = 14890 Cubikcentimeter.

Dauer der Versuche = 3 Stunden.

Gewicht der Kaninchen.			Verbrauchte Luft.	
1.	-	436 Grammen.	{	1656,8. frei.
			{	878,8. angebunden.
2.	-	420 -	{	1471,8. frei.
			{	892,8. angebunden.
3.	-	363 -	{	1552,8. angebunden.
			{	1683,0. frei.
4.	-	319 -	{	341,3. angebunden.
			{	155,8. frei.
5.	-	300 -	{	461,8. angebunden.
			{	1197,2. frei.

Die bei den Versuchen verschwundene Luftart war ohne Zweifel Oxygen. Mit Ausnahme des 3ten wurde immer weit mehr Luft von den freien als den angebundenen Thieren verbraucht. In der That liefs sich im Voraus erwarten, dafs ein Thier bei erschwertem Athmen weniger Oxygen verwenden würde als bei freiem, und der geringe Unterschied beim dritten Versuch schien uns von irgend einem Versehen im Verfahren abzuhängen. Um Gewifsheit zu erhalten, wurde nach 14 Tagen die Arbeit wiederholt; allein die Resultate waren verschieden, so dafs wir in noch gröfsere Ungewifsheit geriethen.

Angewandte Luftmenge = 14890 Cubikcentimeter.

Dauer der Versuche = 3 Stunden.

Gewicht der Kaninchen.			Verbrauchte Luft Cubike.	
1.	-	218 Grammen.	{	843. frei.
			{	1091,8. angebunden.
2.	-	367 -	{	1517,4. frei.
			{	1547,8. angebunden.
3.	-	416,5 -	{	1549,8. frei.
			{	1768,8. angebunden.
4.	-	271 -	{	1509,2. frei.
			{	1334,8. angebunden.
5.	-	401 -	{	1563,4. frei.
			{	1489,0. angebunden.



Die Resultate der drei Versuche standen mit den frühern im geraden Gegensatz, nur war die Verschiedenheit zwischen dem Luftverbrauch des freien und des angebundenen Thieres lange nicht so bedeutend, und doch schienen uns die Thatfachen desto sicherer, da wir, aus Furcht vor Versehen bei dem Gasmessen, uns der eudiometrischen Analyse durch Hydrogen zur Prüfung bedient hatten. Die Hauptursache dieser Verschiedenheit konnte eine bedeutende Erhöhung der atmosphärischen Temperatur, von $8 - 10^{\circ}$ Centigr. auf $15 - 19^{\circ}$ seyn, indem außerdem in jeder Hinsicht die vollkommenste Gleichheit Statt gefunden hatte.

Ein andrer, wahrscheinlich auch von der Temperaturverschiedenheit abhängiger Umstand war der, daß bei den ersten Versuchen die angebundenen Thiere, wenn sie hervorgezogen wurden, sehr erschöpft und schwach waren, bei den zweiten dagegen nicht, wenigstens nicht in so hohem Grade.

Hiernach scheint ein Kaninchen bei hoher Temperatur, wo nicht immer, doch oft, etwas mehr Oxygen zu verbrauchen, wenn das Athmen erschwert, als wenn es frei ist. Um zu sehen, ob es sich bei andern Arten eben so verhielt, wurden 2 Katzen von 20 Tagen, die ungefähr 290 Grammen wogen, nach einander mit derselben Luftmenge und dieselbe Zeitlang als die Kaninchen unter die Glocken gebracht. Die eine verzehrte, frei, 1952,2 Cubikcentimeter; am andern Tage angebunden 1595,2; die andre, frei 1922,4 Cubikc.; angebunden 1414,2. Die Temperatur der Atmosphäre war $15 - 19^{\circ}$. Die Katzen schienen sich daher selbst bei etwas hoher Temperatur so zu verhalten wie die Kaninchen bei niedrer.

Da diese Versuche den Zweck hatten, den Grad der Erkaltung eines angebundenen Thieres mit der verbrauchten Oxygenmenge zu vergleichen, so fiel mir ein, daß die Erkaltung vielleicht nicht in allen Fällen Statt finde, und daß es sich damit wohl wie mit der Oxygenverzehrung verhalten könne. Diese Ursache der Erkaltung hatte ich am Ende des Winters, bei höchstens 9° bemerkt, allein, wenn sie vielleicht bei einer höhern Temperatur nicht bei allen Thierarten eintrat, so war es möglich, daß die verschiednen vorhin erzählten Resultate, wenig-



stens in Bezug auf den Hauptgegenstand der Untersuchung, keine weitere Schwierigkeit verursachten. Ich befehlte daher von Neuem Kaninchen im Freien bei $13 - 20^{\circ}$ auf dem Rücken, und fand, daß sie beständig erkalteten, und das Erkalten bei dieser, und selbst einer niedrigeren Temperatur durch Verlängerung des Versuches so weit getrieben werden konnte, daß sie starben. Auch varirte der Grad desselben, am Ende einer bestimmten Zeit, in Thieren desselben Alters, Gewichts, und bei derselben Temperatur. In einigen Fällen betrug es in 3 Stunden über 8° , in andern in 14 Stunden kaum $3,5^{\circ}$, also kaum $\frac{2}{3}$ Grad in der Stunde. Diese Verschiedenheit hing, wie ich fand, hauptsächlich von der Stärke, womit das Thier anfangs angebunden gewesen war, oder dem, während des Versuches Statt findenden Lockerwerden der Bande ab, und immer konnte durch stärkeres Binden das Erkalten beschleunigt werden. Endlich war, wenn der Versuch mehrere Stunden dauerte, das Erkalten in den letzten gewöhnlich schneller, wahrscheinlich, weil das mattenwerdende Thier schwächer athmete.

Diese neuen Untersuchungen bestimmten uns, in demselben Versuche das Erkalten mit dem Oxygenverbrauch zu vergleichen, um auszumitteln, ob nicht der stärkste Oxygenverbrauch dem geringsten Erkalten entspräche. Hiezu mußte die Temperatur am Anfang und Ende des Versuches bestimmt werden, was indessen durch den pneumatischen Apparat nicht genau geschehen konnte, weil das Thier durch das Wasser aus- und eingebracht werden mußte, wodurch die, durch das erschwerte Athmen bewirkte Erkaltung vermehrt, und es unmöglich wurde, den Grad derselben genau zu bestimmen. Es war daher eine andre Vorrichtung nothwendig, wodurch man nach Belieben mit Genauigkeit sowohl den Oxygenverbrauch und die Kohlensäurebildung, als die Temperatur der Thiere bestimmen konnte. Dies wurde durch das *Berthollet'sche* Manometer in Verbindung mit einem sehr vollkommenen *Volta'schen* Eudiometer bewirkt.

In dem erstern wurden die vorigen Versuche so wiederholt, daß wir dasselbe Thier an dem einen Tage frei, am andern angebunden einbrachten. Im Augenblicke des Einführens wurde seine Temperatur dadurch ausgemittelt,

dafs der Thermometer durch eine kleine Hautwunde in der Nähe des Brustbeins zwischen Brust und Schulterblatt eingebracht wurde, zugleich der Barometer die Höhe des Thermometers genommen, welcher in dem Behälter aufgehängt wurde.

Am Ende des Versuches, der gewöhnlich 3 Stunden anhielt, wurde abermals der Thermometer- und Barometerstand und der Skale, welche wir an dem Instrument hatten anbringen lassen, gemessen, die Luftantheile herausgenommen, gleich nachher die Platte abgeschraubt, und die Temperatur bestimmt. Nach Bestimmung der Luftmenge und Absorption der Kohlensäure aus derselben blieb nur die Analyse derselben übrig. Ihr Oxygengehalt wurde durch Verbrennen im *Volta'schen* Endiometer bestimmt, und hiezu Hydrogengas angewandt, welches durch Zink und Salzsäure bereitet war. Für jeden Versuch wurden zwei, einander berichtigende Analysen gemacht. Bei der ersten liefsen wir ein Gemenge von zwei Theilen Luft aus dem Manometer mit einem Theile Hydrogengas verpuffen, und wenn keine Verpuffung Statt fand (was, nach *Humboldt* und *Gay-Lussac* geschieht, wenn das Oxygen nicht $\frac{1}{4}$ des Gemenges bildet), so fügten wir einen neuen Antheil Luft aus dem Manometer oder atmosphärische Luft zu. Bei der zweiten Analyse wurde ein Theil Luft aus dem Manometer, ein Theil atmosphärische, und ein Theil Hydrogengas gemengt, und, um die Reinheit des letztern zu bestimmen, bedienten wir uns seiner vorher immer zur Untersuchung der atmosphärischen Luft.

Auch bei diesem Verfahren ergab es sich meistens, dafs angebundene Kaninchen entweder etwas mehr oder wenigstens eben so viel Oxygen verbrauchten, als freie, und dafs dabey ihre Temperatur doch ungefähr um $2,5^{\circ}$ sank, während sie bei den freien um $0,5^{\circ}$ stieg.

Fünf ähnliche Versuche, wo immer zwei Analysen für einen Versuch gerechnet wurden, stellten wir mit jungen Katzen an. Zweimal absorbirte das angebundene Thier etwas mehr Oxygen als das freie, bei den drei übrigen war die Absorption so gut als ganz gleich. Bei allen blieb die Temperatur des freien Thieres gleich, oder stieg wenig, die des befestigten sank um $1\frac{1}{2} - 2^{\circ}$.

Diese Versuche mit den Katzen interessirten uns besonders. Im pneumatischen Apparat hatten diese Thiere beständig weniger Oxygen absorbirt, wenn sie angebunden, als wenn sie frei waren, und im Manometer absorbirten sie davon mehr oder wenigstens eben so viel. Die einzige merkliche Verschiedenheit bei den Versuchen aber bestand in der angewandten Luftmenge, die in der Glocke des pneumatischen Apparates immer 14,890 Cubikcentimeter, im Manometer 41,720 betrug. Es lag aber am Tage, daß Thiere von derselben Art und Stärke, die in derselben Zeit ungefähr gleiche Oxygenmengen verbrauchten, in einer gewissen Zeit, z. B. einer Stunde, das Verhältniß desselben in der Glocke weit mehr als im Manometer vermindern mußten, und daß, wenn diese Thiere in den beiden Vorrichtungen blieben, die immer zunehmende Verschiedenheit des Oxygeengehaltes nothwendig eine Verschiedenheit in der Erschwerung des Athmens erzeugen mußte. Wirklich fand ich auch bei den Versuchen mit den Katzen, durch Vergleichung des am Ende des Versuches Statt findenden Oxygeengehaltes der Luft unter dem Recipienten und in dem Manometer, daß unter dem erstern die Mittelzahl $\frac{1.0}{1.00}$, im letztern $\frac{1.7}{1.00}$ statt der im Anfange vorhandenen $\frac{2.1}{1.00}$ war.

Angenommen nun, daß die durch Ausstrecken auf dem Rücken bewirkte Erschwerung des Athmens unter der Glocke und im Manometer dieselbe wäre, während die, durch die Oxygenverminderung veranlaßte, unter der erstern weit beträchtlicher war, so hatten die Katzen aus diesem Grunde sehr wahrscheinlich weniger Oxygen verbraucht, wenn sie angebunden als wenn sie frei waren. Hieraus liefs sich dann schließen, daß, um geringere Oxygenverminderung als im freien Zustande zu bewirken, die bloße Erschwerung des Athmens nicht hinreicht, sondern daß diese hinlänglich stark seyn muß, und daß, wenn sie mäßig ist, die Einathmungsbewegungen dadurch so verstärkt werden, daß eben so viel oder selbst etwas mehr Luft in die Lungen tritt, als wenn das Athmen völlig frei ist. Diese Ansicht kam überdies mit der von Herrn *Nysten* überein, welche sich auf Versuche an Kranken gründete, deren Athmen erschwert war.

Drei Versuche mit Hunden bestätigten sie gleichfalls.

Zwei davon wurden an demselben Hunde gemacht. Beim ersten verzehrte er, angebunden, etwas mehr Oxygen als frei. Er war damals nur 16 Tage alt, und wog 615 Grammen. Am Ende des Versuches enthielt die Luft des Manometers $\frac{14}{100}$ Oxygen. Beim zweiten Versuche war das Resultat entgegengesetzt, allein jetzt wog der Hund 1070 Grammen, und hatte das Oxygenverhältniß im Manometer auf $\frac{11}{100}$ vermindert. Der dritte Versuch mit einem Hunde von ungefähr demselben Gewicht als der vorige beim zweiten, gab dasselbe Resultat.

Der Grund, weshalb ein besetztes Thier bald weniger, bald eben so viel oder selbst etwas mehr Oxygen verbraucht als dasselbe, wenn es frei ist, schien also ganz in dem Grade der Erschwerung des Athmens enthalten zu seyn. Ist dieser hoch genug, sey es durch starkes Strecken des Thieres, sey es, weil das Oxygenverhältniß in der geathmeten Luft bedeutend vermindert ist, oder aus beiden Ursachen, die in verschiedenen Verhältnissen verbunden werden können, zugleich, so verbraucht das Thier weniger; ist aber die Athmungserschwerung mäßig, so gelingt es ihm, sie zu überwinden, und es verbraucht dann eben so viel, oder mehr, wenn nicht ein zugleich vorhandner Umstand hindernd wirkt. Ein solcher ist die Anstellung des Versuches in der Glocke des pneumatischen Apparates bei niedriger Temperatur. Durch das hier Statt findende, zu schnelle Erkalten werden die Thiere unfähig, die Erschwerung des Athmens zu überwinden, indem sie dadurch alle Kraft verlieren, wie sich aus dem Zustande von Schwäche ergibt, in welchem sie sich am Ende des Versuches befinden.

Noch war aber eine große Schwierigkeit übrig, die Ausmittlung des Grundes, weshalb ein angebundnes Thier selbst in den Fällen erkalte, wo es mehr Oxygen als im freien Zustande verzehrt. Bei genauer Erwägung aller Umstände schien er darin enthalten zu seyn, daß durch die beständigen Bemühungen zu athmen mehr Wärme verloren geht als beim ruhigen Athmen. In der That werden zwei Thiere, welche in einer gegebenen Zeit gleich viel Oxygen verzehren, dieselbe Menge von Wärme entbinden; bewegt sich aber das eine weit stärker, und

verliert in derselben Zeit mehr Wärme, so muß seine Temperatur tiefer als die des andern sinken, und dies wird selbst dann Statt finden, wenn das erstere etwas mehr Oxygen verzehrt und mehr Wärme gebildet hätte, wenn es durch die dabei gehabtten Anstrengungen mehr verloren als erzeugt haben sollte. Diese Erklärung entspricht den Resultaten aller obigen Versuche sehr wohl. So z. B., wenn man, bei den Untersuchungen über die Kaninchen, eines dieser Thiere im Manometer in Freiheit setzt, und es, im Verhältniß zu seinem Alter und seiner Gröfse das Oxygenverhältniß nicht bis unter $\frac{1}{1000}$ vermindert, so wird sich seine Temperatur nicht nur nicht vermindern, sondern sogar um $\frac{1}{2}^{\circ}$ erheben, weil die Luft im Manometer wärmer als die äußere ist. Ist das Thier aber angebunden, so kann es dieselbe Oxygenmenge als im ersten Falle verzehren, und doch durch die beständigen Anstrengungen zum Athmen erkalten. Werden zwei Kaninchen von demselben Wurf als das vorige frei in den Manometer gesetzt, und verzehren sie ungefähr die Hälfte des Oxygens, so erkalten sie, wenn gleich jedes eben so viel davon verzehrt als das erste. Wird endlich statt zweier ein einziges, aber weit größeres, eingebracht, das frei ist und das Oxygen eben so viel vermindert, als die vorigen beiden, so erkaltet es gleichfalls. Andre Thiere gaben im Manometer dieselben Resultate, sie behalten dieselbe Temperatur, bekommen selbst eine etwas höhere, wenn sie den Oxygeengehalt nur mäßig vermindern, erkalten aber beständig, wenn diese Verminderung weit ansehnlicher ist. Kurz, ein Thier erkaltet beständig, sobald sein Athmen durch irgend eine Ursache, oder ein Zusammentreffen von Ursachen so sehr erschwert wird, daß es sich in einer beständigen Bewegung, um zu athmen, befindet, völlig unabhängig von der Menge des verzehrten Oxygens.

Aus dem Vorigen ergibt sich, daß zwei Mittel vorhanden waren, die Ursache des Erkaltes und seine Beziehung auf die Oxygenverzehrung in ein neues Licht zu setzen, entweder, die Messung und die Vergleichung der von einem Thiere während jedes Versuches verzehrten Oxygenmenge und der *absoluten* Menge des verloren gehenden Wärmestoffes; oder, die Erschwerung des Athmens in



einem solchen Grade, daß das Thier, welche Anstrengungen es auch macht, nicht mehr dieselbe Luftmenge als im normalen Zustande in die Lungen treten lassen kann. Da diese Erschwerung des Athmens verschiedne Grade, vom ersten Augenblicke an, wo die Thiere aufhören, eben so viel als im gefunden Zustande einathmen zu können, bis zur vollkommenen Asphyxie, hat, so fragte es sich, ob sie in diesen verschiednen Zuständen in dem Verhältniß stärker erkalten, als sie weniger Oxygen verzehren. Ich wählte die letztere Methode, und das leichteste und einfachste Mittel, nach Gefallen das Athmen zu erschweren, schien mir die Verminderung der Oxygenmenge der zum Versuch angewandten Luft in bekannten Verhältnissen zu seyn.

Zuerst wurde zu diesem Behuf die Luft des Manometers *verdünnt*. Eine große Glaskugel wurde durch die Luftpumpe von Luft entleert, und nachdem das Thier in den Manometer gebracht worden war, auf die Platte desselben geschoben, dann beide Höhlen durch Oeffnen der Hähne in Verbindung gesetzt. Die Skale des Manometers gab den Grad der Luftverdünnung an. War sie nicht hinlänglich, so wurde die Glaskugel von Neuem von Luft entleert, war sie dagegen zu groß, die Kugel weggenommen, der Hahn geöffnet und sorgfältig so viel Luft eingelassen, bis die Skale den gewünschten Grad der Verdünnung anzeigte. Der Versuch dauerte, wie gewöhnlich, 3 Stunden, worauf wir sorgfältig den Stand der Skale bemerkten. Außerdem wurden am Anfange und Ende aller Versuche alle obenerwähnten Operationen, in Bezug auf den Thermometer, Barometer, Luftprüfung und Temperatur der Thiere vorgenommen.

Man hätte einwenden können, daß die Temperaturverminderung vielleicht weniger von der Oxygenabsorption als der Luftverdünnung selbst herrühre, wodurch sowohl die Lungen- als die Hautausdünstung erleichtert und vermehrt werden konnte. Dies auszumitteln, wurde in einen Manometer, worin sich in verdünnter Luft ein Thier befand, Stickgas, das durch schnelles Verbrennen des Phosphors in einer Glasglocke gebildet worden, so lange eingebracht, bis die Skale auf Null gesunken war. Die Resultate kamen mit denen in verdünnter Luft völlig



überein, und waren auch dann dieselben, als wir zu Anfüllung des leeren Raumes Kohlenäure anwandten. Nur war in dem letztern Falle, wenn die Luft in demselben Verhältniss als in den beiden ersten verdünnt worden war, das Erkalten im Allgemeinen weit gröfser, zugleich die Oxygenabsorption in derselben Zeit weit geringer.

Diese Versuche wurden an vier verschiednen Thierarten, Hunden, Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen angestellt, und jedes Thier immer vergleichend unter viererlei Umständen dem Versuch unterworfen, nämlich 1) in der Luft und dem Drucke der Atmosphäre; 2) der blofs verdünnten atmosphärischen Luft; 3) in einem Gemenge von atmosphärischer Luft und Stickgas, einem Drucke von 76 Centimetern; 4) demselben Drucke in einem Gemenge von atmosphärischer Luft und Kohlenäure. Gewöhnlich wurden, um desto genauer vergleichen zu können, die vier Versuche nach einander, nach Verfluß von einigen Tagen, an demselben Thiere wiederholt.

Die Resultate aller dieser Versuche habe ich in Tabellenform gebracht. Für jede Thierart findet sich eine, senkrecht in 8 Abschnitte getheilte Tabelle. Der erste bezeichnet die Zahl des Versuchs, das Gewicht des Thieres und die im Manometer enthaltene Luftmenge, der zweite das Alter des Thieres; der dritte die Dauer der Versuche. Um desto genauer die Menge des verschwundnen Oxygens und der gebildeten Kohlenäure vergleichen zu können, habe ich das Volum dieser Gasarten bei dem beständigen Drucke von 0,76, und die Temperatur von 20° Centigr. reducirt, und es in Hunderttheilen von der Capacität des Manometers angegeben. Die zur Berechnung dieser Reductionen dienenden Formeln hat Herr *Poisson* nach den Anzeigen des Barometers, der Skale, des Thermometers und mit Rücksicht auf die Elasticität der Dämpfe berichtet. Die vier folgenden Abschnitte enthalten diese Reductionen, nämlich der vierte die im Manometer im Anfange des Versuches enthaltne Oxygenmenge, der fünfte die, welche er am Ende enthielt; der sechste die verschwundne Oxygenmenge, der siebente die Menge der gebildeten Kohlenäure; endlich der achte die Temperatur des Thieres am Anfang und zu Ende des Versuches.



Um die Tabelle nicht zu sehr zu vergrößern, habe ich weder die absoluten Mengen des verschwundenen Oxygens, noch der gebildeten Kohlenäure darauf bemerkt, die man indessen leicht durch Multiplication der Capacität des Manometers mit den in den Reductionsabschnitten enthaltenen Mengen finden kann, welche Hunderttheile des Manometers sind.

Das allgemeine Resultat aller dieser Tabellen ist, daß die größte Erkaltung immer der geringsten Oxygenverminderung entspricht. Das Gegentheil findet nur 1) bei Versuchen Statt, die, unter einander verglichen, nur einen geringen Unterschied im Grade der Erkaltung darbieten, während immer, wenn der Unterschied beträchtlich ist, die Oxygenverminderung beständig verhältnißmäßig geringer ist; 2) sind diese kleinen Abweichungen nur scheinbar, und hängen von der obenerwähnten Ursache ab, der in einigen Fällen stärkeren Erschwerung des Athmens als in andern. So ist z. B. in den Versuchen mit Kaninchen beim 9ten Versuche die Erkaltung bei 0,5, stärker und zugleich die Oxygenabsorption um $\frac{2}{100}$ beträchtlicher als beim 10ten; allein die im Anfange des 9ten Versuches vorhandne Oxygenmenge betrug auch nur $13\frac{1}{100}$, die zuletzt übrige $\frac{5}{100}$, dagegen waren dieselben Zahlen beim 10ten anfänglich $\frac{16}{100}$, zuletzt $\frac{10}{100}$. Die Erschwerung des Athmens und die Athmungsthätigkeit war daher beim 9ten Versuche weit größer als beim 10ten, mithin mußte, bei übrigens gleichen Verhältnissen, das Erkalten stärker seyn. Man muß daher bei Vergleichung der in den Tabellen enthaltenen Versuche nicht bloß die Mengen des verschwundenen Oxygens vergleichen, sondern auch die Erschwerung des Athmens, die zugleich Statt fand, berücksichtigen, und sie nach den Verhältnissen des im Anfange und am Ende der Versuche im Manometer enthaltenen Oxygens schätzen. Auch muß man in jeder Tabelle nur die an demselben Individuum angestellten Versuche vergleichen, denn verschiedene Individuen können, wenn sie gleich von derselben Art und demselben Gewicht sind, verschiedene Oxygenmengen verzehren. Deshalb wurden in jeder Tabelle die Individuen durch horizontale Striche abge-sondert.

Die Erkaltung habe ich mit der Oxygenverminderung, nicht der Kohlen säurebildung verglichen. Die Ursache ergibt sich aus einem Blicke auf den 6ten und 7ten Abschnitt der Tabellen. Einen einzigen Versuch ausgenommen, war die Menge der gebildeten Kohlen säure geringer als die des verzehrten Oxygens und der Unterschied sehr veränderlich, bald sehr unbedeutend, bald sehr beträchtlich. Besonders bemerkenswerth aber ist, daß bei allen den Versuchen, wo wir anfangs eine genau bestimmte Menge Kohlen säure in den Manometer brachten, diese am Ende des Versuchs nicht mehr vollständig vorhanden, mithin etwas davon verschwunden war. So wurde z. B. bei einem Versuche mit einem Kaninchen im Anfange fast $\frac{48}{100}$ Kohlen säure in den Manometer gebracht, und am Ende wenig mehr als $\frac{44}{100}$ gefunden, so daß $3\frac{1}{2}$ fehlte, ohne die zu rechnen, welche das Thier während 3 Stunden gebildet hatte, und die gleichfalls verschwunden war. Bei einem der Versuche mit Katzen waren $34\frac{1}{2}/100$, die wir anfänglich eingebracht hatten, am Ende des Versuches auf weniger als $\frac{31}{100}$ vermindert, mithin, ohne die vom Thiere gebildete zu rechnen, fast $\frac{4}{100}$ verschwunden. Dieses Verschwinden der Kohlen säure in völlig verschlossnen Gefäßen erklärt sich nur durch die Annahme, daß ein, in mit Kohlen säure geschwängelter Luft eingeschlossenes Thier sie einfaugt, und wahrscheinlich rührt von der bedeutenden Verschiedenheit dieser Einfaugung in verschiedenen Fällen der Umstand her, daß zwischen der Menge der am Ende des Versuches gefundenen Kohlen säure und des verschluckten Oxygens kein bestimmtes Verhältniß Statt findet.

Diese Einfaugung der Kohlen säure wurde schon von *Allen* und *Pepys*, so wie von *Nysten* (S. oben S. 250. und S. 266.) bemerkt, und von letzterem durch Versuche nachgewiesen, daß sie durch die Lungen geschehe. Zugleich weisen diese Gelehrten nach, daß diese Erscheinung nur Statt findet, wenn das Thier mehrmals dieselbe Luft athmet, während, wie schon *Menzies* festgestellt hatte, bei einmaligem Athmen derselben Luft die Kohlen säure das verschwundene Oxygen sehr genau ersetzt. Mehrere ältere Versuche unterstützen diese Resul-

tate. In der That bemerkten mehrere Beobachter, daß die Kohlen säurebildung beim Athmen geringer als die Oxygenerzeugung ist, immer aber scheint, bei genauerer Nachforschung, diese Bemerkung nur dann gemacht werden zu seyn, wenn die Thiere sich in verschlossenen Gefäßen befanden. Bekanntlich hatte *Lavoisier* nach Versuchen dieser Art, erstaunt über die Verschiedenheit des Volums beider Gasarten, in seinem zweiten Aufsatze über das Athmen (1785) angenommen, daß nicht alles verschwundene Oxygen zur Erzeugung der Kohlen säure verwandt wird, sondern ein Theil davon mit dem Hydrogen des Blutes sich zu Wasser verbindet, worin ihm viele Physiologen folgten.

Ich kehre zu der Untersuchung der Ursachen der thierischen Wärme zurück. Nach *Brodie* hängt ihre Erzeugung von der Nervenkraft und besonders dem Gehirn ab. Ohne Zweifel hat diese, wie an allen Lebensphänomenen, so auch an diesem, einen sehr wichtigen Antheil, allein dessen ungeachtet sind andre physische und chemische Bedingungen dazu erforderlich. Vorzüglich sind bei der Frage nach dem Ursprunge der thierischen Wärme drei Hauptpunkte zu betrachten, die Quelle oder der Stoff, welche den Wärmestoff liefert, der Ort oder der Heerd, wo er abgesetzt wird, endlich der Mechanismus oder die Kräfte, durch welche er in dem Heerde entwickelt und im Körper verbreitet wird. Daß bei dem letzten Geschäfte die Nervenkraft thätig ist, leidet keinen Zweifel, allein wie und unter welcher Beziehung ist sie es? Ich habe in meinem Aufsatze über die Durchschneidung des Lungenmagennerven gezeigt, daß von dieser Kraft nicht die Verbindung des atmosphärischen Oxygens mit dem Blutkohlenstoff, sondern nur die Bewegungen und alle die Functionen abhängen, welche zur Bewirkung der Berührung zwischen Blut und Luft erforderlich sind.

Das venöse Blut erlangt, indem es in den Lungen durch die Einwirkung des Oxygens arteriell wird, eine größere Wärmefassungskraft, so daß es, ohne Erhöhung seiner Temperatur, alle die Wärme, welche ihm das Oxygen abgiebt, aufnehmen kann.

In dem allgemeinen Haargefäßsystem verändert es dagegen, indem es hier wieder venös wird, von Neuem

seine frühere Wärmecapacität, und tritt die in den Lungen aufgenommene Wärme ab. Auf diese Umwandlung des arteriösen Blutes in venöses, und die, dieselbe begleitende Capacitätsveränderung hat die Nervenkraft einen unmittelbaren Einfluss. Auch steht immer die Wärmeentwicklung im ganzen Körper oder einem einzelnen Theile im geraden Verhältniss mit dieser Kraft, und man sieht daher leicht, dass alles, was die Nervenkraft schwächt, die Temperatur des Thieres zu mindern strebt, eine Thatfache, die in mehrern Krankheiten beobachtet wird. Bei geköpften Thieren ist unstreitig der Rest von Nervenkraft, wodurch sie am Leben erhalten werden, alienirt und in einem Zustande von Schwäche, und dieser Zustand muss einen bedeutenden Einfluss auf die Entwicklung der Wärme in ihrem Haargefäßsystem haben. Uebrigens findet wirklich, wenn diese Thiere sehr geschwächt sind, beinahe gar keine Umwandlung des arteriösen Blutes in venöses Statt, indem diese Flüssigkeit auf ihrem Uebergange aus den Pulsadern in die Blutadern ungefähr dieselbe Farbe als in den erstern behält, und in der Hohlvene fast so hellroth als in der Aorte ist.

Aus dem Obigen ergeben sich folgende Thatfachen:

1) Ein fest auf dem Rücken liegendes Thier erkaltet beständig, aber in verschiedenen Graden, abhängig von der Temperatur der Atmosphäre und der Kraft, womit es ausgestreckt ist.

2) Wird es, so befestigt, in ein verschlossenes Gefäß gebracht, so erkaltet es gleichfalls, wenn sich gleich während des Versuches die Temperatur im Gefäße über die der Atmosphäre erhebt.

3) Die Oxygenmenge, welche es in diesem Zustande daselbst verzehrt, ist in einigen Fällen kleiner, in andern etwas größer als die, welche es im freien Zustande absorbiert haben würde.

4) Diese Verschiedenheiten stehen mit der Temperatur der Atmosphäre, der Kraft, womit das Thier befestigt ist, und der, durch dasselbe selbst bewirkten Verminderung des in den Gefäßen enthaltenen Oxygens im Verhältniss.



5) Diese drei Ursachen können, vereinigt oder jede einzeln, bewirken, daß ein angebundnes Thier *weniger* Oxygen verzehrt als ein freies, wenn a) die Temperatur unter 10° ist, indem dadurch, wegen Beschleunigung und Vermehrung der Erkaltung des Thieres seine Athmungsbewegungen geschwächt werden; b) die Befestigung zu genau ist, indem dadurch gleichfalls diese Bewegungen beschränkt werden; c) das Oxygenverhältniß vermindert wird, indem dadurch das Thier außer Stand gesetzt wird, in einer gegebenen Zeit mehr als eine bestimmte Oxygenmenge zu verbrauchen, so sehr es auch seine Athmungsbewegungen zu vergrößern strebt.

6) Ist aber die Temperatur der Atmosphäre etwas hoch, sind zugleich die Athmungsbewegungen nicht zu sehr beschränkt, und das in dem Gefäße enthaltne Oxygen in einem, den Bedürfnissen des Thieres angemessenen Verhältniß vorhanden, so verbraucht dieses, ungeachtet es erkaltet, oft eben so viel oder selbst etwas mehr Oxygen, als wenn es frei ist und auf seiner Temperatur beharrt. Dies scheint davon herzurühren, daß es durch die Beengung des Athmens zu stärkern Athmungsbewegungen als im normalen Zustande veranlaßt wird, und daß es durch die deshalb Statt findenden Anstrengungen weit mehr Wärme verliert als entwickelt, indem es beim ruhigen Athmen dieselbe Oxygenmenge verbraucht.

7) Ein Thier erkaltet nicht bloß, wenn es befestigt ist, sondern bei jeder Erschwerung des Athmens. Sehr leicht kann dies dadurch bewirkt werden, daß man nach Gefallen den Oxygeengehalt der zum Athmen dienenden Luft vermindert, indem man sie entweder verdünnt, oder Stickgas oder Kohlenäure zusetzt.

8) Die unter allen diesen Bedingungen Statt findenden Athmungserschwerungen hängen von der Oxygenmenge ab, welche sich im Anfange und am Ende der Versuche in den Gefäßen befand, und immer steht das Erkalten mit dem Grade der Erschwerung und des Oxygenverbrauches im zusammengesetzten Verhältniß, so daß, wenn bei zwei verschiednen, mit demselben Thiere angestellten Versuchen, die Athmungserschwerung gleich ist, das stärkste Erkalten der geringsten Oxygenverminderung entspricht, und umgekehrt.

9) Weil

9) Weil die bloße Verdünnung der Luft, wenn sie so weit fortgesetzt wird, daß der Barometer unter 30 Centimeter fällt, zum Erkalten des in ihr athmenden Thieres hinreicht, so ergiebt sich, daß die auf hohen Bergen empfundne Kälte nicht bloß von der Kälte der Luft, sondern außerdem von einer innern, auf das Athmen wirkenden Ursache herrührt.

10) Bei der Asphyxie findet immer Erkalten Statt, und kann, wenn die Asphyxie unvollkommen ist und lange dauert, beträchtlich werden. Bei einer andern Gelegenheit werde ich nachweisen, daß ohne künstliche Wärme alle übrigen Erweckungsmittel fruchtlos sind, und jene oft die Stelle jedes andern Mittels vertreten kann.

11) Der Kohlen säuregehalt in der Luft, welche während eines Versuches angewandt worden war, steht weder mit der Menge des verschwundenen Oxygens, welche die der Kohlen säure gewöhnlich übertrifft, noch mit dem Erkalten des Thieres in bestimmtem Verhältniß. Dies rührt vermuthlich von der Absorbtion eines Theils der gebildeten Kohlen säure durch das Thier selbst her, die selbst in ähnlichen Fällen sehr verschiedene Grade haben kann.

12) Sehr wahrscheinlich rührt die immer sehr große Angst, welche das, selbst in geringem Verhältniß der eingeathmeten Luft beigemengte kohlen saure Gas hervorbringt, vorzüglich von den schädlichen Eigenschaften her, welche es, eingefogen, dem Blute mittheilt.

Es bleiben noch eine Menge von Versuchen über die thierische Wärme anzustellen übrig. Vorzüglich wäre noch ein, alle vorher beschriebnen ergänzender Versuch anzustellen. Thiere von ungefähr demselben Gewicht, aber verschiedner Art, verbrauchen in derselben Zeit sehr verschiedene Oxygenmengen, z. B. ein Kaninchen von 947 Grammen in 3 Stunden nur 2724 Cubikcentimeter, dagegen ein Hund von 917 Gr. 5503 Cubikc.; also etwas mehr als das Doppelte; eine Katze von nur 634 Gr. 3963 Cubikcentimeter. Dennoch beharren alle diese Thiere ungefähr auf derselben Temperatur, eine Erscheinung, die sich mit der Entstehung der thierischen Wärme durch das Athmen nur durch die Annahme vereinigen läßt, daß die, welche mehr Oxygen verzehren, zugleich einen

größern Wärmeverlust erleiden. Das Verhältniß zwischen der Aufnahme und dem Verlust von Wärmestoff in den verschiedenen Thierarten müßte nun durch Versuche ausgemittelt werden, womit ich mich beschäftigen werde.

Jetzt, da man mehrere Mittel zur Temperaturverminderung der Thiere kennt, wäre es, der auf die Medicin zu machenden Anwendungen wegen, wichtig, bei mehreren warmblütigen Thieren zu untersuchen: 1) bei welchem Grade von Erkaltung sie durchaus ohne Rettung sterben müssen; 2) bei welchem sie sich durch Hülfe erholen können, und worin diese Hülfe besteht; 3) bei welchem sie sich auch ohne Hülfe erholen; 4) in welchem Zustande sich, bei diesen verschiedenen Erkaltungsgraden, die Functionen befinden. Ich habe mich überzeugt, daß sechs achtwöchentliche Kaninchen, wenn sie bei 16° atmosphärischer Temperatur 8° Wärme verloren haben, sich nicht von selbst erholten, aber selbst bei einer, um mehrere Grade geringern Temperatur noch durch Erwärmung hergestellt werden konnten.

-
5. *J. Davy* über die, während der Gerinnung des Blutes sich entwickelnde Wärme. (Aus dem London Journal of Arts and Sciences im London med. and phys. Journal. Vol. 37. p. 388—390. und Lond. med. repository. Vol. VII. p. 320—322.)

Die Frage, ob während der Gerinnung des Blutes sich Wärme entwickle, ist von verschiednen Untersuchern verschiedentlich beantwortet worden. Nach *Gordon* ist die Wärmeentwicklung in der That so ansehnlich, daß sie mehrere Grade beträgt. Gegen diese Meinung trat ich in meiner Inauguraldissertation (S. dieses Archiv Bd. I. S. 109 ff.) auf, worauf *Gordon* einige Versuche für seine Ansicht (S. dieses Archiv Bd. 2. S. 317 ff.) bekannt machte. Gegenwärtig will ich nur einige Thatfachen zu dem streitigen Gegenstande liefern, welche ich auf meiner Reise nach Ostindien zu beobachten Gelegenheit hatte. Ich stellte meine Versuche an Schildkröten- und Hayfischblut,