

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

**Theorie des Schlafes.**

Von

**E. Pflüger.**

Nach der von mir aufgestellten Theorie des Lebens<sup>1)</sup> sind die Leistungen der Organe durch Dissociation der lebendigen Materie bedingt, die im Wesentlichen eine besondere Modification von Eiweiss ist.

Ich zeigte durch Versuche, dass die Erregbarkeit ihren nächsten Grund im intramolecularen Sauerstoffe hat und dass sie erlischt, wenn derselbe zur Bildung von Kohlensäure verbraucht ist<sup>2)</sup>. Das bezieht sich ganz speciell auf das centrale Nervensystem, wenn es gewiss auch für alle Organe gilt.

Da die Kohlensäure sich fortwährend intramolecular durch Dissociation bildet, welche Metamerie d. h. Umlagerung der Atome erzeugt, so wandelt sich die hierbei verbrauchte chemische potentielle Energie zunächst in Wärme des neugebildeten Kohlensäuremolecöles um. Diess heisst mit anderen Worten, dass die Atome des Kohlensäuremolecöles mit dem Momente der Bildung desselben in die heftigsten Oscillationen versetzt werden, wie das bei einer Explosion geschieht. Diese intramoleculären Explosionen, die während des Lebens fortwährend ablaufen, erzeugen durch die Fortpflanzung der Stösse auf alle Theile der Molecöle starke Vibrationen aller Atome.

Ich verglich diesen Vorgang mit den singenden Flammen, die ein anschauliches Bild desselben geben.

So stelle ich mir alle lebendige Materie, ganz besonders aber so die graue Substanz des Gehirnes vor. Im wachen Zustande sind diese Vibrationen am stärksten, das Singen der Flammen am lautesten.

Meine Versuche, welche ich an Fröschen anstellte, die des

1) E. Pflüger, Ueber die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. X. pg. 300 u. ff.

2) E. Pflüger, a. a. O. pg. 312 u. ff.

Sauerstoffs für lange Zeit beraubt waren, haben nun gelehrt, dass wenn die Kohlensäurebildung ganz oder fast ganz wegen des vollzogenen Verbrauches des hierzu bestimmten intramolecularen Sauerstoffs erloschen ist, auch das Leben schwindet, d. h. Scheintod eintritt. Bei den Fröschen geht deutlich diesem Scheintod ein Stadium der Trägheit voraus: die Thiere erscheinen wie schlaftrunken. Sobald der Scheintod sich ausgebildet hat, darf man sagen, dass die Uhr des Lebens abgelaufen sei, was für den wirklichen Tod ein unpassender Ausdruck ist. Der Tod ist die Zertrümmerung der Uhr; dieser nach Verbrauch des intramolecularen Sauerstoffes eintretende Scheintod ist nur der nicht aufgezogenen, d. h. der abgelaufenen, sonst wohl erhaltenen Uhr vergleichbar. Denn wir vermochten durch Stunden lang wieder zugeführten Sauerstoff die Erregbarkeit des centralen Nervensystemes auf's Neue herzustellen.

Bei meinen Versuchen erholte sich allerdings, weil die Frösche viel zu lange des Sauerstoffs beraubt waren, das centrale Nervensystem nicht ganz wieder. Wohl aber war diess bei den Versuchen anderer Forscher, die den Scheintod nicht so lange andauern liessen, vollkommen der Fall.

Es scheint mir deshalb keinem Zweifel zu unterliegen, dass eine bestimmte Summe intramolecularen Sauerstoffs insofern die Fundamentalbedingung für den wachen Zustand abgibt, als diese Summe einen bestimmten Werth der Zahl der Explosionen ermöglicht, welche in der Zeiteinheit bei gegebener Temperatur ausgelöst werden können. Ich parallelisire also den durch Mangel an intramolecularem kohlenensäurebildenden Sauerstoff bedingten Scheintod mit dem Schlaf, aus dem er hervorgeht. Dieser Scheintod ist der absoluteste Schlaf, wie er sonst kaum durch ein anderes Beispiel vertreten ist, was ich nachher noch besonders beleuchten will.

Alle bekannten Thatfachen weisen nun darauf hin, dass in der grauen Substanz des Gehirnes höchst labile Zustände vorhanden sind, welche eine sehr starke Dissociation zur Folge haben, die wahrscheinlich die in jedem anderen Organ des Körpers statthabende übertrifft.

Denn bei den Warmblütern und dem Menschen erscheint das Leben keines Organes so abhängig von der Zufuhr des Sauerstoffes wie das des Gehirnes. Ja bei den Fröschen habe ich bewiesen, dass das Gehirn von der Sauerstoffzufuhr abhängiger, als irgend ein anderer Theil des Körpers ist und schneller sich total so weit zer-

setzt, dass keine Restitution mehr möglich ist, obwohl diese für das verlängerte Mark und Rückenmark noch gelingt<sup>1)</sup>.

Im Anschlusse hieran erinnere ich an meine Versuche, aus denen hervorgeht, mit welcher erstaunlicher Geschwindigkeit die graue Substanz des Gehirnes der Warmblüter sogar bei einer wenig über 0° C. betragenden Temperatur unter Säurebildung sich zersetzt<sup>2)</sup>.

Nun bildet das ganze Nervensystem mit Einschluss der Muskeln und wahrscheinlich aller Secretionsdrüsen eine einzige continuirlich zusammenhängende Masse, das von mir sogenannte »animale Zellennetz«. Diese festweichen Massen stelle ich mir aber nicht wie ein wässriges Lösungsgemenge in Hüllen vor, sondern als organisirte, d. h. mit einer Structur behaftete Materie, wenn wir dieses auch mit dem Mikroskop nicht mehr im Einzelnen zu erkennen vermögen, weil es sich um zu feine Verhältnisse handelt. Ich denke mir die lebendigen Molecüle nämlich durch chemische Kräfte kettenartig aneinander geknüpft, so dass sie Fasern bilden, die einzeln verlaufen oder mit anderen anastomosiren. In den Interstitien dieses Fasernetzes nehme ich wirkliche Lösungen an von Salzen, Zersetzungsproducten, ja unter Umständen sogar von Nahrungseiwass, das also noch nicht organisirt ist u. s. w. Die Zahl der Verknüpfungen der Fasern des Netzes wird ganz verschieden an verschiedenen Orten sein. Ich schliesse unter Umständen die Möglichkeit der Umschaltung nicht aus, d. h. dass Molecüle plötzlich sich anders verknüpfen können. Einen optischen Ausdruck gewinnt mein Molecularnetz in der fibrillären Structur der Ganglienzelle, des Axencylinders, der Muskelfaser, der Drüsenzelle. Doch sind diese sichtbaren Fibrillen wohl nur Fascikel noch feinerer Fäserchen. Diese Masse — organisirtes Netz+Lösung — ist es, welche den festweichen Zustand der Zellsubstanz, resp. des Protoplasma's darstellt. Da nun diese elementaren Fibrillen wie eine Perlschnur aus aneinander geknüpften Molekülen zusammengesetzt sind, deren Atome in fortwährenden Oscillationen sich befinden, so muss jede Veränderung der Schwingung eines Atomes eine Veränderung der Schwingungen der benachbarten Atome und so fort zur Folge haben.

Daraus folgt, dass weil in der grauen Substanz des Gehirnes die mächtigsten Vibrationen während des wachen Zustandes wesentlich

1) E. Pflüger, a. a. O. pg. 317. 324.

2) E. Pflüger, a. a. O. pg. 312.

in Folge der Kohlensäurebildung stattfinden, wellenartige Uebertragungen der Erschütterungen nach allen oder vielen Richtungen des Körpers stattfinden werden. Jede Erschütterung der bereits in Dissociation begriffenen Moleculé des Körpers verstärkt aber die Dissociation, also den Kraftverbrauch. Deshalb bedingt der wache Zustand an sich eine Verstärkung der Consumption der chemischen potentiellen Energie in allen Theilen des Nervensystems und seinen Annexen.

Aber der Verbrauch an chemischer Spannkraft in der grauen Substanz ist während des wachen Zustandes so gross, dass die während derselben Zeit mögliche Aufsaugung von Sauerstoff durch die lebendigen Gehirnmoleculé nicht gleichen Schritt hält, so dass die graue Substanz durch das Wachsein mehr verliert als gewinnt. Demnach muss endlich die Kohlensäurebildung stetig abnehmen, so dass die Explosionen weniger zahlreich werden. So nähert sich das Gehirn dem Zustande, den wir oben als Scheintod kennen gelernt haben.

Wie bei aller Ermüdung wird während des Wachseins bei Weitem nie die ganze Kraft des Gehirnes verbraucht, wohl aber doch so viel, dass, wenn alle äusseren Erregungen, die auf das Gehirn wirken, abgehalten werden, die gesunkene Kohlensäurebildung allein nicht mehr ausreicht, um die nothwendige Grösse der lebendigen Kräfte zu liefern, welche zur Erhaltung des wachen Zustandes erfordert wird.

Es ist ferner nach obigen Auseinandersetzungen klar, dass, sobald der grosse Herd mächtiger Explosionen zur relativen Ruhe gelangt, stärkere Erschütterungen nicht mehr secundär nach allen Theilen des animalen Systemes sich fortpflanzen. Der Arbeitsverbrauch nimmt also in allen Organen ab, die unter der Herrschaft des Nervensystemes stehen. Diess spricht sich in der Trägheit des Schlaftrunkenen aus. Die Augenlieder und der Kopf sinken herab, die Muskeln des Rumpfes versagen ihren Dienst, das Rückenmark kommt zur Ruhe, ja sogar das verlängerte Mark arbeitet schwächer. Die Ersparniss an Arbeitsverbrauch ermöglicht nun die Erholung in allen diesen Organen.

Eine scheinbare Schwierigkeit erwächst meiner Theorie aber aus der langen Dauer eines gesunden Schlafes, der also noch zu einer Zeit anhält, wann die Erholung bereits zum grössten Theile stattgefunden, so dass die Summe der Arbeitskraft des Gehirns auf Grund des wieder gewonnenen Vorrathes an intramolecularem Sauer-

stoff sicher viel grösser als vor dem Einschlafen ist. Die lebendigen Molecüle haben während des Schlafes natürlich zugleich ihren Verlust an verbrennbarer Materie, d. h. an Kohlenstoff und Wasserstoff ersetzt.

Die uns vorliegende Schwierigkeit lässt sich am einfachsten und wie mir scheint am natürlichsten überwinden, wenn man annimmt, dass diejenigen intramolecularen Vibrationen der Hirnmaterie, durch welche das Bewusstsein bedingt ist, eine grosse Trägheit besitzen, so dass sie wie eine einmal angestossene Saite sehr lange Zeit nachtönen. Hierfür sprechen ja auch viele psychologischen Thatsachen, z. B. die starke Beeinträchtigung der Fähigkeit zum Einschlafen nach starker geistiger Arbeit. Daraus würde sich ergeben, dass in demjenigen Stadium der Ermüdung des Gehirns, in welchem die Kohlensäurebildung bereits sehr stark herabgesetzt ist, doch noch so gewaltige Schwingungen, von früheren Kohlensäureexplosionen erzeugt, vorhanden sind, wie sie auf die Dauer durch die jetzt so geschwächte Kohlensäurebildung nicht erhalten werden können. Denn man darf sich denken, dass diese intramolecularen Oscillationen der Atome mit anderen Molecülen, z. B. denen des Wassers, welches die lebendigen arbeitenden Molecüle umspült, zuweilen in Conflict kommen und somit wie eine schwingende Saite an der Luft lebendige Kraft verlieren. Ist nun die starke intramoleculare Bewegung allmählich zur Ruhe gekommen, das heisst sehr viel kleiner geworden, so genügt sie nicht mehr zur Vermittlung starker Dissociation. Denn die Kohlensäurebildung liefert die Kraft, welche aufs Neue Kohlensäurebildung auslöst und so fort in infinitum. Man kann auch sagen, die Kohlensäurebildung sei der Reiz, welcher auf die reizbare Substanz wirkend in dieser wieder Kohlensäurebildung veranlasst. Es findet aber auch hier zwischen Reiz und Effect eine gewisse Proportionalität statt. Weil also dieser Reiz — nämlich die Kohlensäurebildung — so klein geworden, häuft sich jetzt immer mehr ausgeruhte, oder restituirte Substanz an.

In dem Maasse aber als die lebendigen Hirnmolecüle mehr und mehr während des Schlafes mit intramolecularem Sauerstoff gesättigt werden, in dem Maasse muss die Kohlensäurebildung zunehmen. Also wird wieder ein Stadium erreicht, wo die Oscillationen der Atome in den Molecülen wachsen können, ohne dass die Grösse ihrer lebendigen Kraft ausreicht, diejenige Stärke der Dissociation zu bedingen, wie sie der wache Zustand erfordert und ohne dass also der Verbrauch grösser als die Einnahme an Kraft wird. So

muss die Intensität der lebendigen Kraft der intramolecularen Schwingung durch wachsende Kohlensäurebildung weiter zunehmen, bis entweder durch Summation der Wirkung aus inneren Gründen oder durch einen äusseren starken Anstoss, z. B. einen lauten Schall, eine mächtige Welle, die durch das Gehirn läuft, sofort eine grosse Summe von Dissociationen, also reichliche Kohlensäurebildung auslöst, die nun die weitere Auslösung zahlreicher Dissociationen fort und fort zur Folge hat.

Es kommt hier aber noch ein hochwichtiger Umstand in Betracht.

Im wachen Zustande gehen dem Gehirne fortwährend Erregungen vom Sehnerven und Hörnerven zu, während der Schlafende wegen der geschlossenen Augenlider in Dunkelheit ist und stille Orte zur Ruhe bevorzugt. Nimmt man hinzu, dass von allen Theilen des Organismus, besonders aber von den Hautflächen weitere Erregungen dem Gehirne zugeleitet werden, so kann man die Frage aufwerfen, ob diese das Gehirn continuirlich treffende und sich summierende Erregungsmasse nicht einen grossen Theil der lebendigen Kräfte liefert, von deren bestimmter Grösse der wache Zustand abhängt. Diese Erregungsmasse wird nothwendig verstärken müssen diejenigen Werthe der lebendigen Kräfte der intramolecularen Bewegungen der Gehirnatome, welche nur durch die Gesamtwärme des Gehirnes gegeben sind und also auch die Dissociationen vermehren und die Kohlensäurebildung steigern. Wie weittragend der Einfluss eines äusseren Impulses auf das Gehirn ist, geht daraus hervor, dass ein einziges Wort oder ein einziger Gesichtseindruck lang dauernde Gedankenreihen induciren kann. Gewiss ist jedenfalls, dass sehr starkes Getöse, heftige, also Schmerzen erzeugende Erregungen der Empfindungsnerven auch bei erschöpftem Gehirn den Schlaf unmöglich machen. Es lässt sich deshalb a priori nicht bestimmen, ob das Gehirn allein, wie es ist, bei Abhaltung der ihm fortdauernd durch die Nerven zugeführten Erregungen auf Grund seiner selbst, d. h. auf Grund seiner Gesamtwärme und Spannkraft den wachen Zustand aufrecht zu erhalten vermöchte. Diess würde leicht erklären, warum manche Menschen selbst bei sehr geringer Ermüdung des Gehirns, wenn sie den äusseren Reizen — Licht und Schall — möglichst entfliehen, sich in Schlaf bringen können. Auch der Wille hat einen unläugbaren Einfluss. Man kann sich diess daraus erklären, dass gewisse Erregungsarten stärkeren Arbeitsverbrauch, also eine grössere Summe lebendiger Kraft induciren als andere Erregungen. Nur ein aussergewöhnlicher Umstand wird einen Schlaf-

trunkenen bestimmen, durch seinen Willen sich wach zu erhalten, d. h. eine bestimmte Einwirkung der Aussenwelt auf uns veranlasst einen bestimmten Erregungszustand des Gehirnes, der mit grossem Arbeitsverbrauch nothwendig auch bei Ermüdung verknüpft ist.

Der bei vielen, vielleicht allen Menschen vorhandene schlaftrunkene Zustand nach dem Erwachen scheint darauf hinzudeuten, dass erst nach einer Summation der äusseren und inneren Reize allmählich diejenige Grösse der lebendigen Kraft der intramolecularen Schwingungen erzielt wird, wie sie der ganz wache Zustand nothwendig voraussetzt.

Das erklärt auch, warum ein Wort, das vom wachen Menschen deutlich gehört werden kann, den Schlafenden nicht erregt.

Man darf aber auch im Auge behalten, dass wegen der Abnahme der Gesamtwärme die Cohäsion der wirksamen Hirnmolecüle gesteigert ist, so dass Impulse wirkungslos werden, die sonst eine deutliche Wirkung haben.

Wachen oder Schlaf hängt also primär für einen gegebenen Zeitpunkt nicht von der Grösse der in dem Gehirn enthaltenen potentiellen Energie, sondern von der Grösse der lebendigen Kräfte der intramolecularen Bewegung ab.

Die, trotz des Circulirens von sauerstoffhaltigem Blute, lange Dauer des Scheintodes, wie wir diess bei Fröschen, die lange des Sauerstoffs beraubt waren, feststellen mussten, erklärt sich meines Erachtens daraus, dass erst wenn diejenige Menge intramolecularen Sauerstoffs vorhanden ist, welche in der hierdurch bedingten Kohlensäurebildung eine gewisse höhere Summe lebendiger Kräfte in der Zeiteinheit als Minimum liefert, der wache Zustand wiederkehrt.

Meine Erörterungen über den Schlaf erklären die Periodicität desselben von selbst.

Die Theorie gibt auch eine einfache Erklärung des Winter- und Sommerschlafes.

Der Winterschlaf tritt bei einer gewissen Zahl von kalt- und warmblütigen Thieren in Folge der längeren Einwirkung der Kälte ein, wenn die Temperatur des Gehirnes unter einen gewissen Werth sinkt. Demnach verkleinert sich die intramoleculare Vibration <sup>1)</sup>, folglich auch die Intensität der Dissociation und der Kohlensäurebildung. Je tiefer die Temperatur herabgeht, um so stiller

---

1) R. Clausius. Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie. Braunschweig 1867. Bd. II. pg. 235.

wird es im Gehirn und secundär in allen Organen, deren Dissociation durch die Kälte natürlich auch primär vermindert erscheint. Offenbar ist die Nöthigung zum Schläfe in hoher Kälte auch beim Menschen eine analoge Erscheinung.

Die Richtigkeit der Ansicht, dass allein die Temperatur die wesentliche Ursache des wachen oder lethargischen Zustandes der Winterschläfer ist, wird dadurch bewiesen, dass jeder Winterschläfer zu jeder Jahreszeit durch Kälte in Schlaf verfällt und darin verharrt, so lange die niedere Temperatur anhält, dass ferner jeder Winterschläfer aus irgend welchem Stadium seiner Lethargie durch künstliche Erhöhung der Temperatur erweckt werden kann und wach bleibt, wenn die Temperatur hoch bleibt. Von eminenter Bedeutung ist ferner die Thatsache, dass immer die Intensität des Lebens in allen Organen der Winterschläfer wesentlich gegeben ist mit der Temperatur, welche die Organe besitzen, richtiger: mit der Quantität der intramolecularen Wärme der lebendigen Materie.

Je tiefer die Temperatur des Gehirnes ist, um so schwieriger ist der Winterschläfer zu erwecken, da die Disgregation erzeugende Wirkung der Wärme vermindert, also die Cohäsion der Molecüle zugenommen hat. Man kann sich vielleicht denken, dass sich auch die lebendigen Molecüle der Netze sowie die Fasern derselben Netze mit Verkleinerung der Maschen inniger an einander geschlossen haben, worauf die »Starrheit« der Organe hinzudeuten scheint.

Aber eine heftige, Schmerzen erzeugende Nervenreizung kann Erwachen zur Folge haben. Also eine grosse Quantität dem Gehirne zugeführter lebendiger Kraft löst in ihm secundär lebendige Kräfte und also Kohlensäurebildung aus, weil die Reizung die intramoleculare Wärme des Gehirnes steigert. Höchst bezeichnend dauert dieser wache Zustand aber nur kurze Zeit. Denn wenn die so angeregten Schwingungen an die umgebende kalte Materie fortwährend zu viel lebendige Kraft verlieren, nehmen sie ab und das Thier versinkt, wenn ihm keine Wärme künstlich zugeführt wird, aufs Neue in Winterschlaf.

Einige Forscher sind an der richtigen Ansicht, dass nur die niedere Temperatur die Ursache des Winterschlafes sei, deshalb irre geworden, weil sehr heftige Kälte den warmblütigen Winterschläfer weckt.

Zum Verständniss dieser Thatsache hat man zu bedenken, dass die erweckend wirkenden Temperaturen unter 0° C. liegen, und dass die innere Temperatur des warmblütigen Winterschläfers, wie durch genaue bekannte Versuche festgestellt ist, ohne Gefähr-

•  
 dung der Gesundheit bestimmt beim Murmelthier bis auf  $+ 4^{\circ}$  R., bei der Fledermaus auf  $3\frac{1}{5}^{\circ}$  R., bei der grossen Haselmaus auf  $2\frac{2}{5}^{\circ}$  R., beim Igel auf  $2\frac{3}{5}^{\circ}$  R. und vielleicht noch tiefer herabgehen darf, während  $0^{\circ}$  tödtlich ist. Es ist also die tödtliche Temperatur, welche zur Erhaltung der Existenz weckt, sofortige Wärmebildung im Körper in Folge des wachen Zustandes anregt und es dem Thiere ermöglicht, sich tiefer einzugraben und zu sicheren. So gehen in Sibirien die Winterschläfer nach Pallas bis 20 Fuss tief unter die Oberfläche der Erde.

Die tödtliche Kälte erweckt das Thier, weil und insofern sie grimmigen Schmerz erzeugt. Ganz unabhängig von jedweder Hypothese tritt uns hier die Thatsache entgegen, dass Kälte, d. h. **verringerte** lebendige Kraft in der peripherischen Nervenfasern heftigsten Schmerz, d. h. **vermehrte** lebendige Kraft in der Ganglienzelle des centralen Nervensystemes hervorrufft.

Wir besitzen von den Nervenwirkungen hinreichende Kenntniss, um zu wissen, dass solche Art von Mechanik vorkommt, indem z. B. Verminderung der Reizung, d. h. der lebendigen Kraft in den Herzästen des N. Vagus Vermehrung der Arbeit des Herzens zur Folge hat.

Bei dem reizenden Einfluss tödtlicher Kälte handelt es sich aber wohl um wirkliche natürlich secundäre Steigerung der lebendigen Kräfte der von der Kälte direct getroffenen Nervenfasern.

Zunächst muss man sich die Thatsache vorhalten, dass hinreichend wasserhaltige Theile der Pflanzen und Thiere durch Kälte getödtet und in ihrem Gefüge gesprengt werden, sogar da, wo es sich nicht um etwaige Zerreibungen von Membranen, sondern nur um gallertige lebendige Materie handelt. Da nun aber das Gefrieren lebendiger Massen nicht absolut, sondern nur bei rascherem Wechsel des Aggregatzustandes des Wassers die Tödtung erzeugt, so erkläre ich diese aus meiner Theorie folgendermaassen: Eine Zelle enthält ein ramificirtes Netz, dessen Fasern aus lebendigen Eiweissmoleculen bestehen. Die Maschen dieses Netzes sind mit wässriger Lösung erfüllt. Sobald also das Wasser in Eis übergehend zu krystallisiren anfängt oder aus dem festen in den flüssigen Zustand zurückkehrt und sich als feste Masse ausdehnt, zerreisst und zerquetscht es die Molecularketten, vernichtet also das Leben. Jede Zerreibung bringt aber heftigste Reizung.

Beim Menschen und wohl auch bei Thieren treten die grimmigen Schmerzen durch heftige Kälte indessen schon auf, wenn an

eine Veränderung des Aggregatzustandes des Wassers noch nicht zu denken ist und da doch wohl auch hier der Schmerz durch eine wirkliche Reizung des erkälteten Nerven bedingt ist, so fragt es sich, wie sich diess erklären lässt. Nach meiner Theorie ist eine Nervenfibrille des Axencylinders einer Perlschnurkette vergleichbar, die durch chemische Anziehung zusammengehalten wird. Sobald die Temperatur dieser Kette abnimmt, verkleinern sich die intramolecularen Schwingungen der einzelnen Perlen, welche Eiweissmolecüle sind. In Folge der Abnahme der durch die Wärme bedingten Disgregation der Atome des Eiweissmoleciles, schrumpft dasselbe zu einem kleineren Volum. Folglich vergrössern sich die Distanzen von einem Eiweissmolecüle zu dem nächstfolgenden. Da Anfang und Ende der langen Axencylinderfibrille fest sind, so kann bei fortgesetzter Contraction der einzelnen Perlen, d. h. Eiweissmolecüle der Abstand zwischen zweien derselben so gross werden, dass die chemische Anziehung erlischt. So würde eine innere Sprengung der Molecülkette, weil sie endliche Ausdehnung hat, durch Kälte erzielt. So könnte ich mir eine dauernde Zerstörung der Nervenreizbarkeit durch eine nicht unter  $0^{\circ}$  C. herabgehende Temperatur wohl erklären.

Man darf sich aber auch denken, dass in Folge der Verdichtung, welche die einzelnen Eiweissmolecüle erfahren, solche Atome — wegen der bedeutenden Veränderung ihrer Abstände und lebendigen Kräfte — in Wechselverkehr gerathen, die sonst nicht auf einander gewirkt hätten, so dass die durch die Kälte bedingte veränderte Anordnung des ungeheuer grossen lebendigen Eiweissmoleciles die Ursache zu plötzlichen neuen chemischen festen Verbindungen wird oder mit anderen Worten, dass hier die Kälte Arbeitsverbrauch auslöst.

Wir sehen nun ferner, dass nicht bloss sehr niedere, sondern auch sehr hohe Temperatur, welche das Lebensgefüge bedroht, heftigen Schmerz erzeugt, der ein grosses Mittel zur Erhaltung der Existenz ist. Wir wissen aber, wie wunderbar fein und fast zahllos die compensatorischen Vorrichtungen der lebendigen Organismen sind, die alle auf dieses Ziel hinweisen. Mit einer Aeusserung dieses Principis hatten wir es bei der erweckenden Einwirkung tiefer Kältegrade zu thun. Ich glaube sonach nicht, dass dieser auf den ersten Blick paradoxe Fall, zu dem im weiteren Umfange die Frage der Regulation der Temperatur der Warmblüter gehört, einen wirklichen Einwand gegen meine Theorie des Schlafes und Lebens abgeben kann.

Mit Rücksicht auf die Beurtheilung des Winterschlafes der warmblütigen Thiere ist es wesentlich, noch hervorzuheben, dass dieselben ebenfalls wie alle anderen die constante hohe Temperatur ihres Blutes behaupten, aber gegen Kälte geringere Leistungen der compensatorischen Vorrichtungen zu entfalten vermögen, so dass dann ihre Körpertemperatur sinkt. Der Unterschied ist aber nicht wesentlich, weil für jeden Warmblüter eine untere Grenze der Temperatur der Umgebung existirt, der gegenüber er seine constante innere Temperatur nicht zu behaupten vermag. Die nächste Ursache der geringeren Widerstandskraft der Winterschläfer liegt in der auffallenden Kleinheit ihres Gehirns und, wie Einige behaupten, der schwach entwickelten Gehirnarterien, sowie der ebenfalls geringen Entwicklung des Respirationsapparates.

Aber auch der Sommerschlaf der Amphibien in heissen Klimaten erklärt sich leicht. Die Hirnmaterie dieser Thiere mit tragem Stoffwechsel ist für einen raschen Umsatz und schnelle Erneuerung nicht eingerichtet, d. h. nicht fähig in der Weise mit einer hohen Summe von Spannkraft (intramolecularem Sauerstoff) geladen zu werden, wie die der Warmblüter. Sobald also die hohe Temperatur des Sommers das Gehirn jener Amphibien erhitzt, findet bald eine Consumption der spärlichen Spannkraft statt, d. h.: der Verbrauch übertrifft den Ersatz an Kraft. Es muss Schlaf eintreten, der in der That so lange dauert, bis die kühlere Jahreszeit wiederkehrt.

Es ist in guter Uebereinstimmung mit meiner Theorie, dass der Winterschlaf bei Warmblütern und Kaltblütern vorkommt, der Sommerschlaf aber fast ausschliessliche Eigenthümlichkeit der Amphibien ist. Der einzige Fall des Tanrec ist wohl nicht sicher.

Man sieht also, dass es sehr verschiedene Zustände der Hirnmaterie sind, welche zum Schläfe führen, die aber alle Das gemeinsam haben, dass die intramoleculäre Wärme, also die Dissociation herabgesetzt ist.

Daraus lässt sich denn auch schliessen, dass die Art, wie die schlafmachenden Arzneimittel wirken, eine sehr verschiedene sein kann, wenn nur der eine wesentliche Effect erzielt, die intramoleculare Wärme verkleinert wird.

Schliesslich bitte ich den Leser, Alles, was ich über die Theorie des Lebens und Schlafes bis dahin publicirt habe, als eine Art vorläufiger Mittheilung zu betrachten.