

**Zeitschrift:** Schweizerische pädagogische Zeitschrift

**Band:** 9 (1899)

**Heft:** 6

**Artikel:** Über den Saisonschlaf der Tiere : Rektoratsrede, gehalten in der Aula der Universität Zürich, am Stiftungstage, den 19. April 1899

**Autor:** Lang, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-788746>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Über den Saisonschlaf der Tiere.

Rektoratsrede, gehalten in der Aula der Universität Zürich am Stiftungstage,  
den 19. April 1899, von Prof. Dr. Arnold Lang.

Verehrte Festversammlung! Bekanntlich ist die Tierwelt für die Ernährung in letzter Linie völlig auf die Pflanzenwelt angewiesen, denn die Tiere vermögen nicht, wie die grünen Pflanzen, aus anorganischen Substanzen Eiweissstoffe, den wichtigsten Bestandteil der lebenden Substanz, zu bilden, und die Raubtiere ernähren sich doch wieder von Pflanzenfressern. Wenn nun in den kalten und gemässigten Zonen der kalte und lichtschwache Winter die Bäume und Sträucher entblättert, die Gräser und Kräuter ganz oder teilweise absterben lässt, und wenn die Bildung neuer Blätter, Blüten und Früchte im grossen und ganzen unterbleibt, so ergibt sich ohne weiteres für die Landfauna, 1) dass im Winter nur für einen kleinen Bruchteil der zahllosen Individuen ungezählter Arten von Pflanzenfressern hinreichende Nahrung vorhanden ist; 2) dass mit dem Verschwinden eines grossen Prozentsatzes von Pflanzenfressern — man denke nur an jene Myriaden von Insekten, die im Larven- oder im erwachsenen Zustande sich von grünen Blättern und Blüten, Blütenstaub und frischen Pflanzensäften ernähren — im Winter nur für einen kleinen Bruchteil von Tieren mit animalischer Kost Nahrung vorhanden ist. Die meisten Tiere sind überdies mit Bezug auf die Nahrung Spezialisten, und ihr ganzes Ernährungssystem für eine bestimmte Nahrung, die für die Landtiere im allgemeinen nur im Sommer vorhanden ist, eingerichtet.

Die periodische Nahrungsabnahme hat im Laufe der Erdgeschichte einer grossen Zahl Anpassungserscheinungen gerufen. 1) Die Tiere sammeln Vorräte für den Winter. Beispiel: die Biene, der Hamster. 2) Die Organismen unternehmen periodische Wanderungen in nahrungsreichere Gegenden, Beispiel: die Zugvögel. 3) Die Tiere verfallen in einen lethargischen Zustand, den Winterschlaf, während dessen die Lebenserscheinungen fast erloschen erscheinen und die Ausgaben und Einnahmen

im Haushalte des Organismus auf ein Minimum reduziert sind. Dies ist die allgemeinste Anpassungserscheinung, denn man kann sagen, alle landbewohnenden sogenannten Kaltblüter fast ohne Ausnahme und freilich ganz wenige Warmblüter verfallen, sei es als erwachsene Tiere, sei es als Keime, sei es auf bestimmten Entwicklungsstadien in Winterschlaf.

Der Winterschlaf ist gewiss eine Anpassungserscheinung, von grossen allgemeinen biologischen Gesichtspunkten aus betrachtet eine Folgeerscheinung des Nahrungsmangels, weniger eine Anpassungserscheinung an die Kälte, obschon diese im konkreten Falle der Hauptfaktor für das Eintreten der Erscheinung, aber eben nur für die Winterschläfer, ist.

Denn sofern die Temperatur nicht so niedrig ist, dass die Körpersäfte gefrieren, herrscht keine allgemeine physiologische Notwendigkeit für eine durch sie veranlasste, so weit gehende Herabsetzung der Lebensprozesse. In den grossen Tiefen der Oeane lebt seit ungeheuren Perioden der Erdgeschichte eine vielgestaltige Fauna von Wassertieren aller Abteilungen in einer unendlich monotonen Temperatur von  $-3^{\circ}$  bis  $+2^{\circ}$  Celsius. Und doch ernähren und bewegen sich diese Tiere und pflanzen sie sich fort. Fische und Krebse sind im kalten Wasser unserer Bäche und Teiche unter der Eisdecke bei einer Temperatur noch munter, bei der die kaltblütigen Landtiere schon längst lethargisch wären. Anderseits vermag auch grosse Wärme mit Trockenheit der Atmosphäre bei gewissen Tieren in gewissen Gegenden einen dem Winterschlaf ähnlichen lethargischen Zustand hervorzurufen. — Selbstverständlich fällt die winterliche Lethargie auf der südlichen Halbkugel der Erde zeitlich auf unsern Sommer. Im Meere, in unsern Seen und Flüssen, in unsern Teichen die über 2 Meter tief sind, in nie versiegenden Quellen sind die Saisonunterschiede in den physikalischen Existenzbedingungen weniger beträchtlich als auf dem Lande und nehmen mit der Tiefe ab. Es herrscht denn auch in diesen Wasseransammlungen den ganzen Winter hindurch reges tierisches und pflanzliches Leben. Freilich hat die Winterfauna teilweise eine andere Zusammensetzung als die Sommerfauna, sie ist auch etwas ärmer an Arten und Individuen, aber das hängt offenbar weniger mit der Temperatur, als mit der geringeren Beleuchtung zusammen, welche die Assimilation der Pflanzen herabsetzt. Auch die winterliche Armut der Landfauna hat einen gewissen Einfluss auf die Wasserfauna nicht zu ausgedehnter Becken, indem ein nicht zu unterschätzender Teil der Nahrung der Wassertiere aus Landtieren z. B. Insekten besteht. In solchen Wasseransammlungen, die nie bis ganz zum Grunde zugefrieren, ist die Erscheinung des Saisonschlafes bei den eigentlichen Wassertieren,

d. h. den nicht luftatmenden Wasserbewohnern, unbekannt. Anders in seichten Wasseransammlungen ohne beständigen oder mit geringem Wasserzufluss. Seichte Teiche oder Tümpel, die nicht tiefer als etwa  $1\frac{1}{2}$  bis 2 m sind, können bei uns im Winter bis auf den Grund zu-gefrieren. Ist der Boden hart, so geht dann im Winter wohl die ganze Tierwelt zu grunde, mit Ausnahme gewisser niedriger mikroskopisch kleiner Lebewesen, oder von Keimen von Tieren, die sich durch Einkapseln schützen können. Ist der Grund weich, locker, so bohren sich, so graben sich Fische, Krebse, Wasserschnecken, Würmer u. s. w. in den Schlamm ein, bis in Tiefen, die nicht mehr gefrieren. Sie verfallen dann in mehr oder weniger vollständigen Winterschlaf. In diesem Falle rettet die Lethargie bei dem ausserordentlich reduzierten Sauerstoffgehalt der Umgebung die winterschlafenden Schlammbewohner auch vor dem Ersticken.

Es gibt aber in den Gewässern, und zwar nicht nur in den ganz seichten, eine gewisse Kategorie von Wasserbewohnern mit regelmässigem Winterschlaf; es sind die Wassersalamander, Frösche, Wasserschildkröten und Wasserschlangen. Von diesen gehen die einen im Herbst ans Land, um sich zum Winterschlaf in die Erde zu vergraben, so die Salamander, Schildkröten und Schlangen, die andern graben sich in den schlammigen Grund der Gewässer ein wie die Frösche. Das sind ursprüngliche Landtiere, kaltblütige Lungenatmer, die sich zwar dem Leben im Wasser angepasst haben, aber immer noch fast ausschliesslich oder doch vorwiegend durch Lungen atmen. Sie haben die Gewohnheit des Winterschlafes ihrer terrestrischen nahen Verwandten beibehalten.

In warmen oder heissen Gegenden mit regenarmem oder regenlosem Sommer, ist es nicht die Gefahr des Einfrierens, sondern die des Eintrocknens, die auch grösseren Wassertieren droht in versiegenden Quellen, austrocknenden Wasserbecken und Wasserläufen. Sofern die Tiere nicht dem Wasser folgen können bis dort, wo es sich auch den ganzen Sommer hindurch erhält, schützen sie sich dadurch, dass sie sich rechtzeitig tief in den Schlamm eingraben. Schnecken deckeln sich hier zu, Fische bilden aus dem sie umgebenden erhärtenden Schlamm eine Schutzkapsel. Dann verfallen sie in einen tiefen Saisonschlaf, aus dem sie nur die beginnende Regenperiode wieder weckt.

Am bekanntesten ist der Fall des Lungenfisches *Protopterus*, der sich in schlammigen Gewässern des tropischen Afrika aufhält und bis zwei Meter lang wird. Zu Beginn der trockenen Jahreszeit verkriecht er sich mehrere Meter tief im Schlamm unter dem austrocknenden Sumpf- oder Flussgrund; dann rollt er sich zu einem Klumpen zusammen, der

umgebende Schlamm erhärtet zu einer Erdkapsel, die innen durch das erstarrende Sekret von Hautdrüsen von einer undurchlässigen, braunen, derben, dem Tiere nahe anliegenden Haut austapeziert wird. Dabei schützt sich die Haut ferner noch vor dem Austrocknen durch Absonderung eines firnisartigen Überzuges. Eine Öffnung in der Kapsel steht durch eine Röhre mit der Erdoberfläche in Verbindung. Durch diese Röhre kann atmosphärische Luft in die Kapsel hinuntergelangen. In seiner Trockenkapsel bringt Protopterus 7 bis 9 Monate des Jahres in lethargischem Zustande zu und atmet während dieser Zeit durch die als Lunge funktionierende Schwimmblase und durch die reich vaskularierte Haut des Ruderschwanzes. Es ist leicht solche Erdkapseln mit Protopterus auszugraben. Sie werden schon seit vielen Jahren an zoologische Gärten und Laboratorien in alle Himmelsgegenden verschickt. Öffnet man mit Hammer und Meissel die Kapsel, so findet man den Protopterus im tiefsten Saisonschlaf. Doch befreit man das Tier am besten durch Erweichen der Kapsel in lauwarmem Wasser. Im Wasser erwacht es allmählig und zeichnet sich bald durch grosse Gefrässigkeit aus.

Auch viele kaltblütige Landtiere verfallen in solchen wärmeren Gegenden der gemässigten Zone in einen Saisonschlaf, in denen jährlich eine heisse trockene Periode mit einem milden regnerischen Winter abwechselt. Es sind ausschliesslich Tiere, die vermöge der Beschaffenheit ihrer Haut einer feuchten Umgebung bedürfen, Amphibien und Schnecken. Ein heisser, trockener, regenarmer Sommer zeichnet die Mittelmeerländer aus. So treffen wir schon in Italien manche Amphibien und Schnecken, die im Winter wach und aktiv sind, aber in Sommerschlaf verfallen, ganz nahe Verwandte von Tieren, die bei uns im Winter schlafen. Der italienische Brillensalamander ist ein Sommerschläfer. Unsere Deckelschnecken sind alle Winterschläfer, aber die nordafrikanische und südeuropäische, unserer Weinbergschnecke nahe verwandte, *Helix aperta* ist ein Sommerschläfer, und ihr Gehäuse ist in der Sommerruhe durch einen schönen, gewölbten, porzellanartigen Deckel zugeschlossen.

Alle Schnecken mit derbem, dickwandigem Gehäuse, auch die Winterschläfer, sind lebenszähe Tiere; sie können ohne Schaden monatelang hungern. Doch geht die Lebenszähigkeit am weitesten bei den der Trockenheit angepassten Schläfern, deren Lethargie bei ausbleibender Befeuchtung jahrelang dauern kann. — Sommerschlafende Warmblüter, d. h. Vögel und Säugetiere, scheinen nirgends vorzukommen.

In solchen tropischen Gegenden, in denen die Atmosphäre ununterbrochen sehr feucht ist, wo die Erde das ganze Jahr hindurch im üppig-

sten Pflanzenschmucke prangt, wie z. B. auf den tropisch-pazifischen Inseln, gibt es keine Tiere mit Saisonschlaf.

Ich beschäftige mich von nun an nur mit den Winterschläfern unserer gemäßigten Zone. Die Physiologie des Saisonschlafes der übrigen Schläfer ist fast gar nicht, ihre Biologie ganz ungenügend bekannt. Was die Ruhelager anbetrifft, die die Winterschläfer für die kalte Jahreszeit beziehen, so lässt sich aus der unendlichen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen vielleicht folgendes Gemeinsame herausfinden: Sie suchen sich Orte oder bereiten sich Stätten, wo sie aller Wahrscheinlichkeit nach geschützt sind zunächst gegen das Erfrieren. Der Gefrierpunkt der Körpersäfte der verschiedenen Tierarten im Winterschlaf ist recht verschieden, immer aber unter 0. Damit hängt eine Fülle von Verschiedenheiten in den mehr oder minder exponirten Ruhelagern zusammen. Die Tiere graben sich mehr oder weniger tief in die Erde ein; manche verbessern ihre Ruhelager durch dörres Laub, dürre Gräser, durch Haare u. s. w. Andere überwintern in Höhlen, in Fels- und Mauerlöchern, in Kellern, in Estrichen, unter Moos, unterm Laube der Wälder, unter Baumrinde, in hohlen Ästen und Baumstämmen. Wieder andere benutzen ihre Sommerneester; viele überwinternde Schmetterlingspuppen schützt ihr Puppenspinst; manche Raupen überwintern gesellig auf Bäumen und schützen sich durch ein selbstgesponnenes, gemeinsames Nest, u. s. w. Die in Staaten oder Familien gesellig zusammenlebenden Winterschläfer sind mit ihrem Bisschen Körperwärme sehr haushälterisch, indem sie nahe zusammenrücken, wie z. B. die Murmeltiere, die Ameisen und besonders die Bienen. Manche sonst für sich lebende Winterschläfer treffen sich in grösserer oder kleinerer Zahl im gemeinsamen Winterlager und liegen zusammen in Erdlöchern, wie gewisse Schlangen oder hängen wie in vielen Gegenden gewisse Fledermäuse dicht gedrängt in Grotten und Höhlungen.

Es kommt bei alledem auch darauf an, wie tief der Winterschlaf ist. Viele Winterschlummerer erwachen an warmen Tagen und finden vorübergehend Nahrung. Sie schützen sich am wenigsten oder ihre Verstecke sind derart, dass sie rasch und leicht wieder bezogen werden können.

Die meisten Schläfer aber mit langem, tiefem, lethargischem Winterschlaf beziehen ein Winterlager, das sie nicht nur gegen Erfrieren, sondern gegen gelegentliche starke Temperaturerhöhungen während des Winters schützt, die ein Erwachen bedingen könnten. Für viele dieser Tiere ist nämlich das Erwachen im Winter verhängnisvoll und zieht den Tod nach sich. Die Winterschläfer beziehen ferner solche Ruhelager, die

sie vor zu starker Verdunstung schützen, also nicht zu trockene Orte. In der Erde schadet ihnen aber auch zu grosse Feuchtigkeit, was mit vegetabilischen Zersetzungs- und Fäulnisprozessen im Zusammenhang zu stehen scheint.

Es würde mich viel zu weit führen, die Frage irgendwie einlässlich zu beantworten, auf welchen Entwicklungsstadien oder in welchem Lebensalter die Winterschläfer überwintern. Die Erscheinungen sind in dieser Beziehung ausserordentlich verschieden und stehen mit den vielfältigsten Faktoren in Zusammenhang. Es kommt dabei z. B. darauf an, ob eine Tierart lebendig gebärend oder eierlegend ist; es kommt auf die normale Lebensdauer der Tierart an; es kommt darauf an, ob ein Tier sich direkt entwickelt und dann wieder, ob mit allmählicher, unvollkommener oder vollkommener Metamorphose. Es kommt endlich auf die häufig ausserordentlich verschiedenen Existenzbedingungen der verschiedenen Entwicklungsstadien an, und es ist z. B. nicht irrelevant, ob die Eier, Larven und Puppen eines geflügelten Insektes im Wasser leben oder auf dem Lande.

Soviel mir bekannt, überwintert kein Winterschläfer aus irgendwelcher Abteilung des Tierreichs im trächtigen Zustande. Es ist zwar bekannt, dass Fledermäuse und Nattern im Spätsommer oder Herbst kurz vor dem Winterschlaf kopuliren, allein die Ovulation erfolgt erst im nächsten Frühjahr nach dem Erwachen. Das Sperma bleibt den Winter über lebenskräftig. Trouessart hat die etwas kühne Idee ausgesprochen, dass es sich hier um eine unvollständige Anpassung an den Wechsel der Jahreszeiten handle, indem die betreffenden Formen schon zur milden Tertiärzeit bei uns lebten und wahrscheinlich zweimal im Jahre Junge warfen. In vielen Fällen drängen sich aber derartige erdgeschichtliche Erklärungen geradezu auf. So kann mein gelehrter Kollege, Professor Standfuss, die Gewohnheit mancher Insekten, die im erwachsenen, geflügelten Zustande überwintern, schon im Hochsommer, von Anfang August an, das Winterlager zu beziehen, nur erklären als eine Reminiscenz an alte Verhältnisse, wo die warme Jahreszeit sehr viel kürzer war. — Die winterschlafenden Wirbeltiere, auch die Eierleger, scheinen immer im postembryonalen Zustande zu überwintern, als Larven, als junge Tiere, als Erwachsene, je nachdem. Diejenigen Wirbellosen, deren ganzer Lebenszyklus in einem Jahre geschlossen ist, oder bei denen während des Sommers sogar mehrere Generationen aufeinander folgen, überwintern fast ausnahmslos als Eier. Das ist ja, wenn ich so reden darf, die einfachste Lösung des Problems. Die überwinternden Eier, die sogenannten Dauereier, zeichnen sich durch derbere, dickere

Eierschalen und durch einen grösseren Reichtum an Reservennährstoffen aus. Die meisten Insekten mit vollkommener Metamorphose überwintern im Puppenzustande. Auch das ist leicht erklärlich, denn der Puppenzustand mit seiner äusserlichen Ruhe und seiner verlangsamten innern Lebenstätigkeit, mit seinen verschiedenen Schutzrichtungen gegen verschiedene äussere schädigende Einflüsse hat auch dann manche Analogie mit dem Zustande des winterschlafenden Tieres, wenn er zeitlich nicht mit dem Winter zusammenfällt. Gewisse Falterarten haben die Fähigkeit, im Puppenstadium zwei- oder mehrmal zu überwintern. Eine Varietät von *Bombyx lanestris* kann sogar als Puppe bis achtmal überliegen. Prof. Standfuss hat für diese auffallende Erscheinung eine sehr plausible Erklärung aus den besonderen biologischen Verhältnissen der betreffenden Tiere heraus gegeben.

Der Zahl nach folgen auf die im Puppenstande überwinternden Schmetterlinge diejenigen, die im Eizustand, dann die, welche im Larvenzustand und schliesslich die, welche im Imaginalzustand, als geflügelte Schmetterlinge überwintern. Bei allen gesellig lebenden Hymenopteren scheinen nur die Weibchen zu überwintern, so bekanntlich bei der Biene die Königin und die Arbeiterinnen.

Was nun die Physiologie des Winterschlafes anbetrifft, so sind wir darüber infolge einiger umfassender, schöner Untersuchungen bei den Warmblütern besser orientirt als bei den Kaltblütern. Es ist aber doch zweckmässig, zuerst das Wichtigste über die Kaltblüter zu sagen. Vorgreifend will ich ein allgemeines Resultat der Untersuchungen erwähnen, das für Kalt- wie für Warmblüter gilt, nämlich das: Der Winterschlaf ist nicht eine Erscheinung für sich, die von anderen scharf abgegrenzt wäre, sondern sie knüpft, wenn man von einem hohen Gesichtspunkte aus den Blick aufs Ganze richtet, hier und dort unmerklich an andere Erscheinungen an. Wenige Worte kennzeichnen die Sache: Ruhe, Schlummer, Schlaf, Winterschläfrigkeit, Winterschlummer, lethargischer Winterschlaf.

Und nun zu den Kaltblütern. Man hat schon längst erkannt, dass der Name ganz unrichtig ist. Kaltblüter können zu gewissen Zeiten wärmeres Blut haben als viele Warmblüter. Die Bezeichnung „wechselwarme Tiere“ ist besser, denn die Körpertemperatur dieser Tiere stimmt immer annähernd genau mit der jeweiligen Temperatur ihrer Umgebung überein, fällt also mit dieser und steigt mit ihr. Das Tier erhält sich am Leben innerhalb gewisser kritischer, durch ein Maximum von im allgemeinen  $+ 40^{\circ}$  bis  $+ 46^{\circ}$  und ein Minimum von einigen Graden unter  $0$  markirten Grenzen, jenseits welchen eine dauernde Einwirkung höherer



oder tieferer Temperatur seinen Tod herbeiführt. Doch ist auch im Ruhezustande die Innentemperatur der Wechselwarmen immer etwas höher als die Aussentemperatur, im allgemeinen um  $0,5$  bis  $1,5^{\circ}$  Celsius höher. Bei manchen Insekten und Spinnen ist der Unterschied beträchtlicher, bis zu  $6^{\circ}$  und mehr. Im Brutkörper der Biene herrscht eine Temperatur von  $35$  bis  $36^{\circ}$  C. Im Innern des winterlichen Bienenknäuels sinkt die Temperatur wohl nicht unter  $28$  bis  $30^{\circ}$ , und an seiner Oberfläche herrscht noch eine Temperatur von  $5$  bis  $10^{\circ}$ , wenn in den entfernteren Ecken der Bienenwohnung die Temperatur schon unter  $0$  ist. Im Schwarme steigt die Temperatur bis zu  $40^{\circ}$ .

Wenn das wechselwarme Tier sich bewegt, so steigt die Temperatur nach Massgabe der Energie der Bewegung. Bei einer Zimmertemperatur von  $+18^{\circ}$  C. hatte nach Bachmetjew ein ruhender Schmetterling eine Eigenwärme von  $19,5^{\circ}$ , bei zitternden Bewegungen der Flügel bis  $25,5^{\circ}$ .

Die Temperatur, unter deren Einwirkung die Tiere im Herbste sich zum Winterschlaf anschicken, variiert nach den Arten, nach dem Alter und auch individuell im allgemeinen zwischen  $+4^{\circ}$  bis  $+8^{\circ}$  Celsius. Die jungen Tiere scheinen allgemein einen kürzeren Winterschlaf zu alten. Je tiefer die Temperatur sinkt, um so tiefer wird der Winterschlaf der Wechselwarmen. Es existirt bei ihnen kein kritischer Kältegrad, bei dem sie erwachen würden, sondern die Tiere sterben im Schlafe, wenn die Temperatur andauernd unter einen gewissen Grad sinkt.

Seit altem hat Forscher und Laien die Frage interessirt, ob gefrorene Tiere wieder aufleben können. Die Frage wurde meistens, auch von den Physiologen, bejaht. Doch erwiesen sich bei genauerem Zusehen so ziemlich alle Beobachtungen als unzuverlässig oder als nicht beweiskräftig. Denn es genügt nicht, festzustellen, dass ein in Eis vollständig eingeschlossenes Tier wieder aufleben kann, sondern es muss sicher konstatiert werden, dass das Tier selbst, d. h. dass die Körpersäfte des Tieres gefroren waren. Nun ist der Gefrierpunkt der Körpersäfte sämtlicher wechselwarmer Winterschläfer ohne Ausnahme unter  $0$ . Davon kann man sich zu jeder Zeit leicht überzeugen. So kann man z. B. bei einer winterschlafenden jungen Schnecke durch die durchscheinende Schale hindurch bei einer Temperatur von  $-1^{\circ}$  bis  $-2^{\circ}$  das Herz schlagen sehen. Ich zählte einmal bei einer andauernden Temperatur von  $-3\frac{1}{2}^{\circ}$  durchschnittlich zwei Herzschläge in der Minute. Also war das Blut dieses Tieres, das übrigens nicht zu grunde ging, nicht gefroren. Von Bachmetjew in Sofia ist ganz kürzlich mit, wie es scheint, sehr zuverlässigen elektrothermischen Methoden nachgewiesen worden, dass bei Schmetter-

lingen — er untersuchte eine ganze Reihe von Arten — in der Kältelethargie die Körpersäfte erst bei Temperaturen dieser Säfte von  $-8^{\circ}$  bis  $-10^{\circ}$  C. erstarren. Die Temperatur der Umgebung konnte dabei vorübergehend bis unter  $-14^{\circ}$  sinken.

Die Frage: „Kann ein gefrorenes Tier wieder lebendig werden“ ist identisch mit der Frage: „Kann die Kontinuität der Lebensvorgänge zeitweilig völlig unterbrochen werden“. Das ist fast eine Frage wie die: „Kann ein Toter wieder lebendig werden“. Durch eine Reihe von Beobachtungen trat zu Anfang dieses Dezenniums der Physiologie Kochs der Frage näher. Er gelangte zunächst zu dem Resultate, dass wirklich gefrorene Tiere nicht wieder aufleben können.

„Wenn durch die Abkühlung oder besondere Verhältnisse das Wasser in den Geweben krystallisiert, werden im selben Augenblicke die absorbierten Gase in Bläschen abgeschieden und die gelösten Salze krystallisieren aus. Hiedurch wird eine solche Zerstörung bewirkt, dass ein Wiederbeginn der Lebensfunktionen nach dem Auftauen unmöglich ist.“ Da publizierte Raoul Pictet 1893 seine aufsehenerregenden Versuche über die Wirkung niederer Kältegrade auf die Organismen. Nach diesen Versuchen ertragen viele Wechselwarme ausserordentlich niedere Temperaturen, vorausgesetzt, dass die Abkühlung und nachher die Wiederwärmung langsam geschieht, und dass man die niederen Kältegrade nicht zu lange einwirken lässt. Frösche ertragen Temperaturen von  $-28^{\circ}$ , Blindschleichen solche von  $-25^{\circ}$ , Tausendfüssler solche von  $-50^{\circ}$ , Froscheier solche von  $-60^{\circ}$  und Schnecken, fast unglaublich, eine Kälte von  $-110$  bis  $-120^{\circ}$ , vorausgesetzt, dass sie im Winterschlaf sich befanden und zugedeckelt sind. Leider sagt uns Pictet nicht, welches dabei die Eigentemperatur der Tiere war. Wenn er aber mitteilt, dass „Goldfische und Schleihen, wenn er sie etwa 24 Stunden im Wasser von  $0^{\circ}$  gehalten und langsam bei  $-8^{\circ}$  bis  $-15^{\circ}$  hatte gefrieren lassen, so dass sie in einen kompakten Eisblock eingeschlossen waren und einzelne herausgebrochene Fische durch und durch gefroren und brüchig gefunden wurden, nach langsamem Auftauen wieder umherschwammen wie vorher“, so ist wohl jeder Zweifel ausgeschlossen, dass die Körpersäfte wirklich erstarrt waren.

Schliesslich musste 1895 auch Kochs zugeben, dass unter seltenen Umständen und bestimmten Bedingungen gefrorene Tiere wieder lebendig werden können. Aber er meint nur dann, wenn nicht alle Körpersäfte gefroren waren. Er weist darauf hin, dass der Gefrierpunkt mit dem Salzgehalt einer wässerigen Lösung sinkt. Eine konzentrierte Kochsalzlösung bleibt bei  $-15^{\circ}$  flüssig. Wenn nun ein Tier zu gefrieren beginnt und

das Wasser der Leibessäfte in Form von süßem Eis auszukristallisieren beginnt, so steigt die Konzentration der Salzlösung gleich erheblich, und mit ihr sinkt der Gefrierpunkt so, dass bald die weitere Eisbildung unterbleibt. In der Tat sah Kochs auf dünnen Schnitten steinhart gefrorener Tiere makroskopisch und mikroskopisch zwischen den die Gewebe durchsetzenden Eisnadeln träge bewegliche Flüssigkeit.

Eine Wiederbelebung eines gefrorenen Tieres geschieht aber nur ausserordentlich selten und nur dann, wenn das Auftauen ganz langsam erfolgt, denn bei raschem Auftauen entstehen zwischen dem destillirten Wasser des schmelzenden Eises und der konzentrirten Eiweisslösung des Blutes und des Gewebes sofort heftige, die Gewebestruktur zerstörende, tödliche Diffusionsströmungen. „Mit Recht sollen daher erfrorene Glieder in einem kalten Raume durch Reiben mit Schnee aufgetaut werden, mit Recht schützen die Gärtner die Pflanzen mehr gegen die Strahlen der winterlichen Sonne, als gegen die kalte Luft der Nächte.“

Aus den bekannten schönen Temperaturexperimenten mit Schmetterlingen, welche Prof. Standfuss und andere angestellt haben, geht hervor, dass Schmetterlingspuppen keinen Schaden nehmen, wenn sie z. B. einer 5—6 Tage lang täglich je zweimal zwei Stunden lang wiederholten Einwirkung von  $-10^{\circ}$  bis  $-12^{\circ}$  C. ausgesetzt werden.

Ganz neues, unerwartetes Licht verbreitet sich über Zustände und Erscheinungen bei wechselwarmen Tieren unter dem Einflusse niedriger Temperaturen, wenn sich die Richtigkeit ganz kürzlich veröffentlichter experimenteller Untersuchungen von Bachmetjew, die er an Schmetterlingen anstellte, bestätigt. Dieser Forscher bestimmte zunächst im Reagenzglas den normalen Erstarrungspunkt der Körpersäfte verschiedener Schmetterlingsarten. Dieser Punkt liegt immer unter 0, am häufigsten zwischen  $-1^{\circ}$  bis  $-2^{\circ}$  Celsius, beim Baumweissling z. B. liegt er bei  $-1,2^{\circ}$ . Unterwirft man nun den Schmetterling der Einwirkung von kalter Luft, z. B. von der Temperatur von  $-12^{\circ}$ , so sinkt die Eigentemperatur des Tieres fortwährend, der Schmetterling wird lethargisch. Die Eigentemperatur sinkt unter 0 und sinkt immer mehr, überschreitet nach unten den normalen Erstarrungspunkt, die Säfte bleiben aber flüssig bis endlich bei  $-10^{\circ}$  Celsius, dem sogenannten kritischen Punkt dieses Schmetterlings, die Säfte auf einmal erstarren, wobei die latente Erstarrungswärme sich entwickelt und die Eigentemperatur bis auf  $-1,2^{\circ}$  hinaufschnellt, dem normalen Erstarrungspunkte der Säfte.

Eine solche Erscheinung ist in der Physik als Unterkühlung bekannt.

Wenn man nun den Schmetterling sofort nach dem erwähnten Temperatur-Sprung aus dem kalten Luftbad herausnimmt und ihn auf den Tisch ins warme Zimmer legt, so taut er auf und wird nach einiger Zeit wieder so munter, als ob mit ihm nichts besonderes geschehen wäre. Der Schmetterling stirbt aber unwiderruflich, wenn er nach dem Temperatur-Sprunge wieder bis zum kritischen Punkte oder tiefer abgekühlt wird. Auch dann stirbt er, wenn er nach dem Temperatur-Sprunge nicht sofort erwärmt wird. Unser Forscher kommt zu dem Schluss, dass die Schmetterlinge, wenn ihre Eigentemperatur unter ihren kritischen Punkt fällt, der viel tiefer ist als ihr Erstarrungspunkt, nicht wieder belebt werden können. Hoffen wir, dass die Physiologen diese Untersuchungen sorgfältig nachprüfen und erweitern werden.

Was die Physiologie des Kreislaufes anbetrifft, so haben auf die Intensität der Zirkulation bei den Wechselwarmen ungefähr die gleichen Faktoren Einfluss wie bei den Warmblütern, nur innerhalb viel weiterer Grenzen. Für unser Thema ist es wichtig, die Faktoren festzustellen, welche den Kreislauf der Tiere verlangsamen, wenn sie sich nicht im Winterschlaf befinden. Sie sind 1. zunehmende Kälte, 2. die Ruhe, 3. der Schlaf, 4. die Dunkelheit, 5. in den meisten Fällen auch das Fasten, 6. die herabgeminderte Nervenerregbarkeit und höchst wahrscheinlich auch das Alter. Dieselben Faktoren wirken in derselben Weise auf den Kreislauf der Winterschläfer ein. In der Tat ist im Winterschlaf der Kreislauf auch unabhängig von der Temperatur verlangsamt. Im Winterschlaf schlägt z. B. das Herz unserer Weinbergschnecke bei einer Temperatur von  $17^{\circ}$  durchschnittlich 23mal in der Minute, im Sommer bei derselben Temperatur im ruhenden Zustande 36mal. Auch reagiert das Herz im Winterschlaf weniger auf Temperaturschwankungen als im sommerwachen Zustand des Tieres. Im übrigen nimmt auch im Winterschlaf die Häufigkeit des Herzschlages mit der Temperatur progressiv ab, so dass das Herz z. B. einer winterschlafenden Weinbergschnecke ein leidlich exaktes Thermometer ist. Schlägt das Herz 11mal in der Minute, so gibt das eine Temperatur von  $+9^{\circ}$  Celsius an, schlägt es 5mal, so ist die Temperatur  $+4^{\circ}$ , schlägt es nur 3mal, so ist die Temperatur bis auf 0 gesunken. Bei einer Temperatur unter  $-3,5^{\circ}$  konnte ich keine deutlichen Herzkontraktionen mehr beobachten.

Einen ähnlichen Einfluss wie auf den Kreislauf haben die genannten Faktoren auf den A t m u n g s p r o z e s s. Bei gleicher Temperatur ist die Zahl der Atemzüge beim Winterschläfer viel geringer als beim sommerwachen Tiere und nimmt mit sinkender Temperatur ab, bis die Atembewegungen ganz sistirt erscheinen. Dieses äusserst reduzierte Atmungs-

bedürfnis ermöglicht den Tieren im Winterschlaf den Aufenthalt in nicht oder fast nicht ventilirten Verstecken, tief in der Erde u. s. w. Schon William Edwards hat in Erweiterung von Beobachtungen des alten Spallanzani gezeigt, dass der Frosch im Juli in geringer Wassermenge bei 0° nur sechs bis acht Stunden lebt, während er im Dezember in derselben Wassermenge bei derselben Temperatur bis 60 Stunden leben kann.

Wenn ein unter Wasser lebender Frosch im Sommer daran verhindert ist, an der Oberfläche des Wassers Luft zu holen, so stirbt er in wenigen Stunden. Er kann aber im Winterschlaf im Grunde der Gewässer bei 0°, bei vollständig suspendirter Lungenatmung, monatelang am Leben bleiben.

Mit Bezug auf die Ernährung kann man zwei Gruppen von Winterschläfern unterscheiden, solche, welche im Winter, wenn es vorübergehend warm wird, leicht erwachen und solche, welche normalerweise den ganzen Winter über schlafen. Die ersteren nehmen vielfach Nahrung zu sich, wenn sie erwachen, die letzteren den ganzen Winter über nie. Bei den meisten exquisiten Winterschläfern enthält der Darm im Winter keine Nahrung und die Absonderung von Verdauungsekreten hört fast vollständig auf. Unsere Schnecken entleeren ihren ganzen Darminhalt, bevor sie sich zum Winterschlaf eingraben und zudeckeln. Auch die Exkretion ist ausserordentlich reduziert, und die Entleerung des Urins findet meist überhaupt nicht statt. Unsere Schnecken entleeren während der günstigen Frassperiode ihren weisslichen breiigen Harn alle zwei oder drei Wochen, im fünf Monate dauernden Winterschlaf niemals. Ich habe hunderte von Schnecken im Momente des Erwachens und des Abwerfens des Winterdeckels beobachtet und nie eine Spur eines entleerten Exkretes gesehen.

Da der Stoffwechsel während des Winterlebens nicht völlig aufgehoben, sondern nur sehr verlangsamt ist, so fragt es sich, woher sie das Bisschen erforderliche Nahrung beziehen. Diese Nahrung wurde bis zum Herbst in Form von Reservestoffen, Fetttröpfchen im Bindegewebe, nicht selten wie bei Amphibien und Insekten in besonders geformten Fettkörpern, als Glycogen besonders in der sogenannten Leber, als Eiweisseinschlüsse von Zellen an sehr verschiedenartigen Orten des Körpers abgelagert und allmählich während des Winters verbraucht.

Über die Gewichts- und Volumenveränderungen des ganzen Körpers und der einzelnen Organe der winterschlafenden Kaltblüter sind nur wenig ausgedehnte Untersuchungen angestellt worden. Ich selbst habe an der Weinbergschnecke eine längere Reihe von Beobachtungen

gemacht, über deren Resultat ich nur folgendes bemerken will. Im natürlichen Winterlager, in nicht zu feuchter und nicht zu trockener Erdeschlafende Schnecken zeigten im Monat Dezember 1897 und Januar 1898 eine sehr geringe Abnahme des Gewichtes. Fünf Schnecken wogen zusammen am 3. Dezember 113,6, am 30. Januar 113,0 *gr*, Schale und Deckel inbegriffen. Das Gewicht hatte also nur um 0,6 *gr* gleich  $\frac{1}{150}$  des ursprünglichen Gewichtes des Weichkörpers abgenommen. Während derselben Zeit nahmen die im ziemlich trockenen Keller schlafenden Schnecken bei einer Durchschnittstemperatur von  $+5^{\circ}$  C. um  $\frac{1}{27}$  ihres Körpergewichtes ab, im Zimmer bei einer durchschnittlichen Temperatur von  $+13^{\circ}$  C. um rund  $\frac{1}{14}$  des zu Anfang der Beobachtung konstatierten Gewichtes

Zweifellos ist die Gewichtsabnahme in erster Linie auf Rechnung der Verdunstung zu setzen, die trotz der Schale und ihres Verschlusses durch den Winterdeckel bei steigender Temperatur und Trockenheit der Umgebung so ausserordentlich zunimmt. Doch spielt dabei bei höherer Temperatur der stark gesteigerte Stoffwechsel des Winterschläfers, der stark vermehrte Verbrauch der Reservennahrungsstoffe eine Rolle. Die Erfahrung lehrte, dass starke Gewichtsabnahme sehr häufig sonst gesunden Tieren verderblich wird, indem sie im Frühjahr den Deckel nicht mehr zu öffnen vermögen. Ist man ihnen dabei behülflich und lässt man sie reichlich lauwarmes Wasser aufnehmen, so können sie trotzdem nach Jahr und Tag wieder aufleben und munter werden.

Am grössten ist die Gewichtsabnahme zu Anfang des Winterschlafes, dann wird sie bei unveränderter Temperatur fortschreitend geringer, bis sie kurz vor dem Aufwachen wieder bedeutend beträchtlicher wird. — Die nervöse Reizbarkeit ist im Winterschlaf, zumal bei sehr niedriger Temperatur, auf ein Minimum reduziert. Die Tiere befinden sich wie im Zustande tiefster Narkose und reagieren z. B. auf die schwersten operativen Eingriffe kaum nachweisbar. Aber auch die Regenerations- und Vernarbungsprozesse verlaufen äusserst langsam.

Nach meinen Erfahrungen geht in der freien Natur wohl jede Weinbergschnecke, welche im Winter aus dem Schlafe erwacht, sich abdeckelt und hervorkriecht, zwar vielleicht langsam aber sicher zu grunde. Selbst wenn sie Nahrung findet, so frisst sie auch unter günstigen Verhältnissen nicht oder hat wenig Appetit. Vor allem aber hat sie nicht die Kraft, sich wieder tiefer in die Erde zu vergraben, und sie vermag nicht einen neuen Kalkdeckel abzusondern.

Aus all dem Gesagte geht hervor, dass für die Weinbergschnecken, und dasselbe gilt für viele ihrer Verwandten, die Chancen einer glück-

lichen Überwinterung dann am günstigsten sind, wenn sie tadellos zugedeckelt sind, wenn sie sonst gut gegen Verdunstung geschützt sind, wenn die Temperatur ihres Winterlagers nicht längere Zeit unter  $-3^{\circ}$  sinkt, wenn ihr Winterlager niemals andauernd so warm und zugleich so feucht wird, dass sie aufwachen und wenn die Temperatur, in der sie sich befinden, möglichst wenig schwankt und sich möglichst wenig über  $0^{\circ}$  erhebt. Die Winterlager, welche unsere Weinbergschnecken beziehen, indem sie sich 25 bis 35 *cm* tief in die Erde eingraben, dürften diesen Bedingungen in der freien Natur in der Tat am besten genügen.

Man kann den Winterschlaf der Kaltblüter meist künstlich verhindern, wenn man sie warm hält. Doch bedarf es dazu einer höheren Temperatur als im normalen Sommerleben. Die Tiere sind aber nicht so munter und haben geringere Fresslust — und die Sterblichkeit ist gross. Erfahrene Liebhaber und sorgfältige Beobachter wie z. B. Dr. Fischer-Sigwart in Zofingen und Dr. Hanau in St. Gallen und andere raten übereinstimmend, Amphibien und Reptilien in möglichst natürlichen Verhältnissen ihrem Winterschlaf zu überlassen.

Ich komme nun in Kürze noch auf die Warmblüter, die gleich- oder eigenwarmen Tiere, zu sprechen. Es sind die höchsten Tiere, die Vögel und Säuger. Indem diese Tiere die Fähigkeit erworben haben, eine gleichbleibende oder vielmehr nur innerhalb ganz geringer Grenzen variierende, von der Temperatur der Umgebung unabhängige, hohe Körperwärme zu erzeugen, die bei den Vögeln bekanntlich höher ist als bei den Säugern, machen sie sich auch von der Kälte, von dem Winter unabhängig. Sie sind es, die fast ausschliesslich über die im Winter vorhandene Nahrung verfügen, sie sind die Herren der Welt geworden; aber die nämliche Fähigkeit, die sie auf die dominierende Stufe erhebt, bereitet ihnen zugleich manche schwere Mühen und Sorgen, die an den Kaltblütern vorbeigehen.

Die Warmblüter sind nicht durch eine unüberbrückbare Kluft von den Wechselwarmen getrennt, sondern es existieren physiologische Übergänge. Denn einerseits besitzen die lebhaften und nervösen Insekten eine z. T. ganz nennenswerte Eigenwärme, andererseits wurde kürzlich von Sutherland festgestellt, dass die niedersten Säugetiere, jene merkwürdigen eierlegenden Kloakentiere, die sich so vielfach durch primitive Merkmale auszeichnen, noch bis zu einem gewissen Grade wechselwarm sind und eine für Säuger verblüffend niedrige Durchschnittstemperatur von  $29,4^{\circ}$  aufweisen. Die Eigenwärme sank an einem kalten Morgen bis auf  $22^{\circ}$  und stieg in grosser Hitze bis  $36,6^{\circ}$ .

Auch unter den Warmblütern gibt es, wie allgemein bekannt, Winterschläfer. Dass es ihrer relativ nur sehr wenige sind, darf uns nicht wundern. Unter den Vögeln gibt es keine, denn, dass Schwalben gelegentlich Winterschlaf üben, ist wohl sicher ein Mythos. Bei den Säugern gibt es unter den Insektivoren Winterschläfer, Beispiel: der Igel, ferner unter den Nagetieren, Beispiel: die Schlafmäuse, Siebenschläfer und Haselmaus, dann der Hamster, das Murmeltier u. s. w. In Klimaten mit kälterem Winter sind wohl alle Fledermäuse Winterschläfer. Eine direkte Beziehung zwischen Nahrung und Winterschlaf lässt sich durchaus nicht immer nachweisen, wohl bei den Fledermäusen, deren fliegende Insektennahrung im Winter fast ganz fehlt, schon weniger bei den fruchtefressenden Schlafmäusen, und noch weniger bei Tieren, die frische Pflanzenkost der dürrn nur vorziehen.

Über die Physiologie des Winterschlafes der Warmblüter liegen aus alter und neuer Zeit zum teil sehr umfassende Untersuchungen vor. Die älteren übergehe ich, obschon sie es sicherlich nicht verdienen. Das beliebteste Beobachtungsobjekt ist von jeher das Murmeltier. Prof. Valentin, der alte Papa Valentin in Bern, veröffentlichte von 1857 bis 1881 nicht weniger als 28 Untersuchungen zur Physiologie dieses Tieres, und vor wenigen Jahren hat Raphaël Dubois in Lyon eine „Physiologie comparée de la marmotte“, die Frucht mehrjähriger, sorgfältiger Untersuchungen, herausgegeben. — Auch der Winterschlaf der Säuger ist von dem gewöhnlichen Schlaf im wesentlichen nur dem Grade nach verschieden. Die omnivoren Bären und Dachse legen sich im kalten Winter in ihren Höhlen, Bauten und Verstecken auf die faule Haut und schlafen tagelang einen Schlaf, der sich von dem gewöhnlichen nur durch längere Dauer und grössere Tiefe unterscheidet. Dabei kugeln sie sich wie die Winterschläfer ein. Von Zeit zu Zeit erwachen sie und gehen ihrer Nahrung nach. Das Eichhörnchen verhält sich ähnlich, doch verzehrt es in den wachen Pausen im Neste angesammelte Nahrungsvorräte. Die ächten Schläfer verfallen in längere Perioden lethargischen Schlafes, aus dem sie nur selten erwachen, um sich ihrer Exkrete zu entledigen. Während aber unser Murmeltier, wenn es vorübergehend erwacht, niemals zu fressen scheint, nehmen dabei andere Schläfer, z. B. die Schlafmäuse, einige Nahrung zu sich.

Im Gegensatz zu den Kaltblütern scheinen die warmblütigen Winterschläfer nur wenig zu leiden, wenn sie in Gefangenschaft künstlich bei grösserer Wärme wach gehalten worden. Die Temperatur, unter deren Einfluss beim Murmeltier der lethargische Winterschlaf einzutreten beginnt, liegt innerhalb der Grenzen von  $+5^{\circ}$  bis  $+10^{\circ}$  Celsius. Steigt



oder sinkt die Temperatur merklich über diese Grenzen hinaus, so erwacht das Tier. Sehr vieles über die Winterlethargie der warmblütigen Winterschläfer ist schon damit gesagt, dass sie sich in diesem Zustande im wesentlichen ganz wie niedere wechselwarme Tiere verhalten. Wenn die konstante Eigentemperatur des Murmeltieres im Sommer  $+ 37,5^{\circ}$  C. beträgt, so kann sie im lethargischen Winterschlaf bis auf  $+ 4,5^{\circ}$  C. sinken. Innerhalb der Temperaturgrenzen des lethargischen Zustandes folgt dabei die Eigenwärme des Körpers bis auf Bruchteile eines Grades der Temperatur des umgebenden Mediums. Wie bei den Wechselwarmen sind alle Lebensfunktionen aufs äusserste reduziert. Das Herz schlägt sehr langsam, sehr selten und sehr schwach, nur drei- bis viermal in der Minute. Die Atembewegungen des Brustkorbes und des Zwerchfelles werden unmerklich. Nach Valentin erhält sich schliesslich nur noch die sogenannte Herzatmung, eine geringfügige Atembewegung, die darin besteht, dass, wenn sich das in der Brusthöhle eingeschlossene Herz zusammenzieht, etwas Luft durch die Stimmritze in die Lunge einströmt, und wenn es sich erweitert, etwas Gas ausströmt.

Wie sehr der Stoffwechsel herabgemindert ist, erhellt aus der Tatsache, dass das Murmeltier während des ganzen Winterchlafes, in 160 Tagen, nur etwa  $\frac{1}{50}$  seines Körpergewichtes verliert, das ist nicht mehr, als was ein sommerwachendes Tier während 12 Tagen vollständigen Fastens einbüsst. Von diesem Verlust ist die Hälfte auf Rechnung der wenigen wachen Tage im Verlaufe des Winterchlafes zu setzen. Nach dem Erwachen aus dem Winterschlaf nimmt das Gewicht bis zum Herbst kontinuierlich zu. Die Tiere werden bekanntlich sehr fett, und es sammelt sich Reservenahrung für den Winter bei vielen winterschlafenden Säugetieren besonders in einem im Vorderkörper, in Brust, Hals und Oberarm gelagerten Organe an, der sogenannten Winterschlafdrüse, die vielfach mit einer im erwachsenen Zustand nicht verkümmerten Thymusdrüse verwechselt wurde und annähernd die Rolle des Fettkörpers wechselwarmer Tiere spielt. Nach Dubois' Untersuchungen verbrennen die Säuger im Winterschlaf fast ausschliesslich Fett, im Sommer vorwiegend Kohlenhydrate.

Während der Winterlethargie konsumiert das Murmeltier dreissig- bis vierzigmal weniger Sauerstoff als im wachen Zustande. Doch absorbiert es in diesem Zustande mehr Sauerstoff, als es in Form von Kohlensäure abgibt. Im wachen Zustand entspricht die Sauerstoffaufnahme ungefähr der Kohlensäureabgabe. In der Lethargie wird ungefähr nur die Hälfte soviel Kohlensäure abgegeben, als Sauerstoff aufgenommen wird. Schon vor dem Einschlafen und während desselben vermehrt sich der

Kohlensäuregehalt des Blutes und nimmt während des Winterschlafes zu, um beim Erwachen abzunehmen. Durch zahlreiche Untersuchungen und vielerlei Deduktionen kommt Dubois unter Berufung auf die bekannte Art der Einwirkung der Kohlensäure auf den tierischen Organismus zu dem Schluss, dass es die Kohlensäure ist, welche unter dem Einfluss einer bestimmten niederen Aussentemperatur und innerer Ursachen durch Herabsetzung der Eigentemperatur und Autonarkose, also eine Art Selbstbetäubung, die Erscheinung der Lethargie hervorrufft.

In einem sehr wesentlichen Punkte unterscheiden sich die warmblütigen Winterschläfer von den Wechselwarmen. Der lethargische Schlaf der letzteren wird um so tiefer, je tiefer die Temperatur sinkt, bis schliesslich die Tiere im Schlafe erfrierend sterben. Die Winterschläfer unter den Säugetieren — sie schlafen bei einer Temperatur von  $+5^{\circ}$  bis  $+10^{\circ}$  C. ein — bleiben bei einer Temperatur von  $0^{\circ}$  und darunter wach. Wenn ein warmblütiger Winterschläfer bei  $+5^{\circ}$  C. in tiefer Narkose liegt, so erwacht er, sobald die Temperatur auf  $0$  oder darunter sinkt. Das Tier gibt sofort beim Erwachen viel Kohlensäure ab. Die normalen Atembewegungen stellen sich ein und beschleunigen sich. Die Körpertemperatur erhebt sich zur hohen Eigenwärme. Das Herz schlägt rascher und rascher, das Tier wird munter und fängt an, sich lebhaft zu bewegen. Fürwahr, eine bewunderungswürdige Anpassungserscheinung, die unzählbaren das Leben rettet, die dadurch in den Stand gesetzt werden, besser gegen Kälte geschützte Winterquartiere zu beziehen; oder die dadurch vorübergehend wieder auf die Stufe der nicht winterschlafenden Warmblüter erhoben werden, welche sich durch hohe Eigenwärme gegen den verderblichen Einfluss der Kälte schützen.

Noch eine Schlussbemerkung! Wir sind offenbar noch lange nicht hinreichend über alle den Winterschlaf bedingenden oder mit veranlassenden Faktoren orientirt. Nach manchen biologischen Beobachtungen ist z. B. die Frage gerechtfertigt, ob nicht die Jahreszeit, ganz unabhängig von äusseren physikalisch-chemischen Einflüssen, eine Disposition für den Winterschlaf herbeiführt. Der lebende Organismus hat sich im Laufe ungezählter Generationen an periodisch wiederkehrende Einflüsse gewöhnt, sich ihnen angepasst. Die Entwicklung, die Zellvermehrung, die Zahl der Zellgenerationen bedingen vielleicht sodann, unabhängig von der Aussenwelt, jene Disposition.

Man weiss, dass gewisse Leuchtthiere, die periodisch in der Nacht leuchten, wenn sie dauernd im Dunkel gehalten werden, auch im Dunkeln während des Tages nicht, wohl aber wenn es Nacht ist, leuchten. Man kennt die Unruhe der in Gefangenschaft gehaltenen Zugvögel zur Wanderzeit. Man weiss, dass Frösche der südlichen Hemisphäre, bei uns importirt, die Eier für unser Klima zur Unzeit, im Herbst, zur Reife bringen. Ähnliches ist aus der Pflanzenwelt bekannt. Auch für den Winterschlaf ist derartiges angegeben worden. Meine süditalienischen *Helix aperta*, die dort im Sommer zugedeckelt schlafen, blieben hier in Zürich im Sommer 1898 ihren Traditionen getreu und verfielen in Sommerschlaf, obschon ihnen die Monate Juni und Juli ein Schneckenwetter brachten, wie sie es sich im Süden im Winter nicht besser gewünscht hätten.