

Vom Rätsel des Winterschlafs

Von Friedrich Waaser

„Er schläft wie ein Murmeltier“, sagt der Volksmund, wenn er einen besonders langen und tiefen Schlaf kennzeichnen will. Aber ist er wirklich nur ein Schlaf von besonders langer Dauer und großer Tiefe? Näher betrachtet zeigt er eine ganze Reihe Eigenheiten, die eben nur Winterschläfern zukommen. War man früher der Meinung, der Winterschlaf trete bei Wirbeltieren verschiedener Klassen auf, so weiß man heute, daß Winterschläfer stets nur Säugetiere sind. Als solche gelten:

1. Das Murmeltier (*Arctomys*), ein Nagetier aus der Familie der Eichhörnchen. Am bekanntesten ist das Alpenmurmeltier (*Arctomys marmota*); ferner der Bobak (*Arctomys Bobak*).
2. Sein kleiner Vetter, der bei uns seltene, in Osteuropa gemeine Ziesel (Zieselmaus — *Spermophilus Cuv.*), ebenfalls ein Nagetier aus der Familie der Eichhörnchen.
3. a) Das Erd- oder Backenhörnchen (*Tamias Illig*), Gattung aus der Familie der Eichhörnchen.
b) Der Burmduk (sibirisches Backenhörnchen — *Tamias striatus L.*), Osteuropa und Nordasien.
4. Der Hamster (*Cricetus frumentarius*) in seinem schmucken, dreifarbigem Pelz, ein Nagetier aus der Familie der Mäuse.
5. Zur Familie der Schlafmäuse (*Myoxidae*), im Volksmund Bilche genannt, gehören:
 - a) Der Siebenschläfer (*Glis L.*);
 - b) Der Baumschläfer (*Dyromys nitedula Pall.*);
 - c) Der Gartenschläfer (*Eliomys quercinus L.* — Eichelmaus, große Haselmaus).
 - d) Die Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*).
6. Der Igel (*Erinaceus europaeus*), Insektenfresser.

Vor allem das nächtliche Heer der Fledermäuse mit seinen zwanzig einheimischen Arten. Insektenfresser.

Neuerdings werden Eichhörnchen, Bär und Dachs nicht mehr zu den Winterschläfern gezählt. Wohl schlafen alle drei im Winter oft mehrere Tage hintereinander, der Bär sogar Wochen, aber sie können die Wärmeregulation nicht ausschalten und damit fehlt ihnen das entscheidende Merkmal des echten Winterschlafs, der Übergang zum Kaltblüter; man spricht bei ihnen von Winterruhe.

Was sind nun die Eigenheiten des Winterschlafs?

Er beginnt so, daß mit Eintritt der kälteren Jahreszeit die Körpertemperatur innerhalb weniger Tage sehr tief fällt. Sie gleicht sich etwa der Außentemperatur an, kann aber auch noch tiefer sinken, um in dieser Tiefe 6 Wochen bis 9 Monate zu verbleiben, mit Ausnahme kurzer Unterbrechungen, welche durch Hunger oder Harndrang bedingt sind. Allzu große Kälte wirkt ebenfalls als Weckreiz, offensichtlich um die Tiere vor dem Erfrieren zu bewahren. So hat z. B. ein Murmeltier im Sommer, wie der Mensch, eine Körperwärme von 37,5°, die mit geringen Schwankungen festgehalten wird; beim Winterschlaf dagegen liegt die Temperatur des gleichen Tieres oft nur Bruchteile eines Grades über der Umgebung und kann fast bis zum Gefrierpunkt absinken, bei Fledermäusen sogar darunter fallen, ohne daß sie Schaden leiden. Nach Laurence Irving ¹⁾ vermag das Ziesel kurzfristig sogar Temperaturen bis zu —30° und bis zu +50° zu ertragen. Zwischen —30° und +30° bleibt die Rektaltemperatur konstant. Erst bei sehr tiefen Graden erzeugt der Körper automatisch wieder soviel Wärme, daß er sich vor dem Erfrieren schützt.

Nun behält ja fast jedes Säugetier seine artbestimmte Blutwärme bei, die meist zwischen 35° und 41° liegt und wenn sie, wie im Fieber, nur wenige Grade überschritten wird, oder auch nur wenige Grade fällt, so wird das zu den schwersten Schädigungen, ja oft sogar zum Tode führen. Der Winterschlaf er dagegen kann gerade mit seiner Abkühlungsfähigkeit den Winter überdauern, in dem er keine Nahrung finden würde und verhungern müßte, denn je weniger Wärme er hervorbringen muß, desto sparsamer kann er mit dem Heizmaterial, dem gespeicherten Körperfett oder den eingetragenen Hamstervorräten umgehen. Mit der tiefen Körpertemperatur geht auch ein gegenüber dem Wachzustand minimaler Sauerstoffverbrauch einher, die Atemzüge sind so eingeschränkt und flach, daß sie kaum bemerkbar sind, das Herz schlägt selten, matt und unregelmäßig. Wie sparsam der Organismus des winterschlafenden Tieres arbeitet und wie haushälterisch er mit seinen Kräften umgeht, ist durch genaue Beobachtungen und Versuche festgestellt worden; so setzt das Murmeltier in einem Monat Winterschlaf ebensoviel Energie und Körperspeicherstoffe um wie an einem Tag des Sommerlebens, und die 70000 Atemzüge in 6 Monaten des Schlafs erreicht das Tier der Zahl nach im Wachzustand in etwa 46 Stunden, also weniger als 2 Tagen.

Dem Bestreben, möglichst wenig Wärme abzugeben, entspricht auch die Schlafstellung. Kugelrund rollt sich der Igel zusammen in seinem Lager unter dem Laubhaufen im dichten Unterholz. Die Haselmaus im hohlen Baum steckt ihr Schnäuzchen zwischen die Hinterbeine, schlägt den Flaschenbürstenschwanz über den Kopf, und die Vorderpfoten sind zu Fäustchen geballt in den Pelz eingedrückt; ähnlich zusammengekugelt schlafen Siebenschläfer und Hamster. Manche

¹⁾Laurence Irving: Measurement of some physiological reactions to arctic conditions (Messung einiger physiologischer Reaktionen auf arktische Bedingungen). [Arctic Res. Laborat., Point Barrow, Alaska.] Ann. New York Acad. Sei. 51, 1950.

Fledermäuse verbringen den Winter eng zusammengedrückt in großen Scharen ; andere, wie die Hufeisennasen, liegen einzeln und schlagen sich die Flügel wie einen Mantel um Kopf und Körper, die Großohrfledermaus versteckt ihre körperlangen, zarten Riesenohren umgeschlagen unter den Flügelhäuten.

Also nicht nur durch die Dauer unterscheidet sich der Winterschlaf vom Nachtschlaf, sondern vor allem durch die Aufhebung der Wärmeregulation. Mit dem Eintritt des Winterschlafs wird der Warmblüter zu einem Kaltblüter; das ist ein Vorgang von einschneidendster Bedeutung für den ganzen Organismus und ein so schwerwiegender Unterschied vom gewöhnlichen Schlaf, daß man lange Zeit den Winterschlaf für eine ganz selbständige Erscheinung und ohne Zusammenhang mit ihm hielt. Aber in neuerer Zeit haben interessante Entdeckungen an Fledermäusen doch wieder eine Brücke geschlagen und bewiesen, daß Schlaf und Winterschlaf zusammen gehören. Man hat nämlich feststellen können, daß Fledermäuse auch im Tagesschlaf der warmen Jahreszeit die Wärmeregulierung verlieren und die Temperatur mit ihrer Umgebung wechseln. Erst am Abend, wenn sie, erwachend, sich zum Beuteflug rüsten, werden sie wieder warmblütig.

Daß der Schlaf Appetit macht, das trifft auch für die Winterschläfer zu. Während des Winters zehren Murmeltier, Igel und Fledermäuse von dem im Herbst reichlich angemästeten Fett, unterbrechen aber die Ruhe von Zeit zu Zeit und leeren die Blase. Fledermäuse flattern an warmen Winterabenden gelegentlich einmal aus dem Versteck heraus. Ziesel, Siebenschläfer und Haselmaus haben neben ihrem Fettwanst noch Vorräte eingetragene, der ungesellige Hamster oft mehr als er je bewältigen könnte. Auch sie wachen öfter auf. Hamster und Ziesel etwa alle 5 Tage und benutzen die Wachpausen zum Fressen, um dann wieder in tiefe Lethargie zurückzusinken. Das bis zum Erlöschen herabgeschraubte Lebensflämmchen flackert also manchmal, aber zur großen Flamme leuchtet es erst wieder auf, wenn der Frühling seinen Einzug gehalten hat.

Nebenbei sei erwähnt, daß in den Tropen bei denselben Tieren eine analoge Erscheinung zu beobachten ist, nämlich der „Torpor“ oder Sommerschlaf. Igel, Fledermäuse, Siebenschläfer und Murmeltier verbringen während der heißen Jahreszeit oft monatelang in diesem Sommerschlaf.

Nun hat schon Merzbacher ²⁾ nachgewiesen, „daß die sogenannten Winterschläfer im Winter trotz des Fehlens der Kälte einschlafen können und andererseits im Sommer durch Kälte nicht in den Winterschlaf versetzt werden können“. Merzbacher macht auch darauf aufmerksam, daß, wenn es auch gelinge, durch Temperaturen von über 18° den Winterschlaf zu stören, der dann vorhandene Bewußtseinsgrad dieser Tiere durch Anzeichen eines leichten Schlafes getrübt sei, wie er an Fledermäusen beobachtete, die bei 30°—32° in diesem

eigenartigen Zustände ohne Nahrungsaufnahme 3—4 Wochen verharren. Hingegen geschieht im Frühjahr das Aufwachen leicht und ohne Störungen für den Körper des Tieres. Weckt man aber einen Schläfer gewaltsam auf, etwa indem man ihn plötzlich in einen geheizten Raum bringt, so erwachen die Lebensgeister mit außerordentlicher Geschwindigkeit, überhaupt gehört das Beobachten des Aufwachens zum Wunderbarsten. Eine Haselmaus mit 5° "Temperatur kann binnen einer Stunde die volle Lebenswärme erreichen; unter leisem Piepen nimmt mit der Erwärmung die Zahl der Atemzüge zu, die Herzstätigkeit steigert sich, die Füße zucken, krampfhaft zittern die Muskeln, es öffnen sich die Augen, das Kriechen geht in die normale Bewegung über und das Tier ist vollständig erwacht. Kopf und Vorderende mit den lebenswichtigen Organen, Hirn, Herz und Lunge eilen dem Hinterleib in der Erwärmung oft um mehrere Grade voran. Ziesel können mit den Vorderbeinen bereits laufen und schleifen die kalten Hinterbeine nach, als seien sie gelähmt. In der Wärme der Frühlingssonne geht das Erwachen allmählicher und nicht so explosiv vor sich.

Die günstigste Temperatur für Beginn und Dauer des Winterschlafs ist (nach Merzbacher) ungefähr 8°—12°, beim Igel kann die Temperatur ohne Störung seiner Winterruhe mitunter auf 2°—3° sinken; ähnliches gilt von Haselmaus, Ziesel und Erdhörnchen. Am widerstandsfähigsten gegen Kälte sind die Fledermäuse, wenn sie nur nicht künstlich geweckt werden. Der auf diesem Felde führende Forscher Leo Adler³⁾ berichtet

hierüber: „Im allgemeinen aber wirken so niedrige Kältegrade geradezu als Weckreize und so stark auch die Kälte ist, welche die Fledermäuse vertragen, wenn sie normal wach geworden sind, so gelingt es nur selten, sie am Leben zu erhalten. Derartige bei so niedriger Temperatur erweckte Fledermäuse schlafen wohl für kurze Zeit wieder ein, dann aber werden sie nach 2—3 Tagen wieder wach und... man sieht dann, wie bei einer Temperatur von 12°—15°, welche etwa der Zimmertemperatur entspricht, die Tiere noch eine Zeitlang fortleben, wobei man immer den Eindruck hat, daß sie stark geschädigt sind, bis sie dann nach kurzer Zeit tot angetroffen werden.“

Das Erwecken der Winterschläfer gehört zum Eindrucksvollsten, was dem Biologen begegnen kann. Es gibt kaum eine Erscheinung, welche die Beziehung zwischen Seelischem (Bewußtsein) und Wärme so unmittelbar und dramatisch vor Augen führt. Offensichtlich ist das Erwachen, also der Bewußtseinsvorgang, das Primäre, die Erwärmung das Sekundäre. Ein so feinsinniger Beobachter wie Merzbacher sagt dazu: „Man gewinnt den Eindruck, daß das Tier erst erwacht und dann warm wird... Das Tier wird warm, weil es erwacht, es erwacht nicht deshalb, weil es warm wird.“

Was liegt da eigentlich vor? Warum verfallen andere auf ähnlicher Höhe der Entwicklung stehende Säugetiere nicht in den Winterschlaf? Einiges Licht in dieses

²⁾ Merzbacher, Allgem. Physiologie des Winterschlafs, Erg. der Physiologie, 3. Jahrg., S. 214. Wiesbaden 1904, II. Abt.

³⁾ Adler, Leo, Der Winterschlaf, Handbuch der norm. und pathol. Physiologie, 17. Bd. Correl. III, 127. S. 110.

rätselhafte Geschehen hat schon Leo Adler durch Untersuchungen über die Tätigkeit der Hormondrüsen gebracht. Er schreibt: „Der Zufall hat es nun gewollt, daß ich in den Nebenschilddrüsen mit Sicherheit Organe feststellen konnte, welche in allen Fällen oft schon viele Wochen vor Beginn des Winterschlafs sich derart extrem veränderten, daß man schließen konnte, daß die Umbildung der Parathyreoidea — offenbar ebenso wie andere Blutdrüsen — den Anlaß zum Eintreten der Winterruhe bilden.“ Die histologische Untersuchung der Nebenschilddrüse ergab eine „Veränderung, die an vielen Stellen so groß war, daß man das Organ als solches überhaupt nicht mehr erkennen konnte“. Ähnliche Veränderungen zeigen auch andere innersekretorische Drüsen: der Hirnanhang (Hypophyse), die Schilddrüse (Thyreoidea) und die Bauchspeicheldrüse (Pankreas). So weist eine ganze Reihe von Adler beschriebener Schilddrüsen von Fledermäusen „im Winterschlaf ein Bild auf, welches mit Sicherheit zeigt, daß der Funktionszustand der Thyreoidea gegen die Norm vermindert ist“. Ähnlich äußern sich neuerdings Ch. Kayser und M. Aron⁴⁾ auf Grund histologischer Untersuchungen an Schilddrüsen beim Hamster und

ändern Winterschläfern. Durch subcutane Injektion von Drüsenextrakten hat sich auch herausgestellt, daß die Tätigkeit dieser Drüsen teilweise gegensätzlich ist. So wirkt die Bauchspeicheldrüse antagonistisch zur Schilddrüse, ist also beim Winterschläfer besonders stark in Funktion, während die Schilddrüse Unterfunktion zeigt.

Es erhebt sich nun die Frage: Verfallen die Tiere in den Winterschlaf, weil sich die Hormondrüsen verändern, oder bilden sich diese Drüsen um, weil die Tiere in den Winterschlaf verfallen?

Leo Adler hielt die Umbildung der Blutdrüsen für die Ursache des Eintretens des Winterschlafs und diese Auffassung ist heute noch die herrschende. Die Beobachtung des Vorgangs des gewaltsamen Erweckens, vor allem die in kaum meßbarer Zeit vor sich gehende Erwärmung des Körpers und die damit verbundenen schweren Schädigungen weisen jedoch in eine andere Richtung. Bringt man eine 4°—5° warme Fledermaus bei etwa 20° zum Erwachen, dann schießt die Temperatur im Laufe weniger Minuten bis auf 35° hinauf und die kurz vorher noch lethargischen Tiere flattern, scheinbar ganz munter, im Zimmer herum, um nach wenigen Stunden zugrunde zu gehen. Adler selbst schildert, wie er durch einen Tierfänger darauf aufmerksam gemacht wurde, daß Haselmäuse ein Aufwecken aus dem Winterschlaf in der Regel nicht überleben, vielmehr in schwersten Krämpfen verfallen, denen sie erliegen. Der histologische Befund am toten Tier weist auf Verbrennungserscheinungen hin, was angesichts des enormen

Temperaturunterschiedes ja auch nicht verwunderlich ist. Der Zusammenhang zwischen dem Aufwachen, der eine Bewußtseinserscheinung, also ein seelischer Vorgang ist, und den Vorgängen in den Körperorganen ist unverkennbar. Erst mit dem Erwachen ist die volle Regulationsfähigkeit wieder da; andererseits tritt beim Schläfer unfehlbar Erwachen ein, wenn seine Temperatur unter das normale Minimum absinkt. Das lehrt schon die tägliche Erfahrung. Auch beim Menschen, dem bewußtesten Lebewesen, steigt jeden Morgen beim Erwachen die Temperatur etwas an, um abends beim Einschlafen wieder zu fallen, überall, wo Seelisches ins Stofflich-Leibliche eingreift, tritt Wärme auf. Wird nun beim Winter-Schläfer, dessen physiologische Prozesse auf ein Minimum herabgedrückt sind, beim künstlichen Erwecken die Verbindung zwischen dem Seelischen und dem Leibe unvermittelt hergestellt, unvermittelt im wahrsten Sinn des Wortes, weil die vermittelnden physiologischen Prozesse abnorm schwach vorhanden sind, dann entsteht offenbar eine Verbrennung, an deren Folgen die Tiere eingehen.

Angesichts dieses Funktionsablaufs ist die Frage nach dem Leib-Seele-Zusammenhang von grundsätzlicher Bedeutung. Wie ist die Wechselwirkung zwischen Wärmeerscheinungen und Bewußtsein zu denken?

Im folgenden sei der skizzenhafte Versuch gemacht, dieser Frage von seiten der Vorstellungen der sich immer stärker geltend machenden Gestaltpsychologie näher zu treten. Letztere steht in bewußtem Gegensatz zur Assoziationspsychologie, indem sie die Gestaltetheit der als Wahrnehmung gegebenen Welt als „Ganzheiten“⁴⁴ erkennt und über diesen die zentrale Ganzheit des „Ich“⁴⁴. Sie unterscheidet in der Gesamtkonstitution eines Lebewesens mehrere relativ selbständige Schichten oder Wesensglieder, die, einander übergeordnet, in ihrem Zusammenwirken dessen Gestalt und Verhalten bedingen. An der „Ganzheit Tier“⁴⁴ wären danach drei Schichten beteiligt:

1. Die Materialschicht oder der physische Leib als Summe aller mineralischen, chemisch-physikalisch bestimmbarer Elemente und Vorgänge.

2. Die Vitalschicht oder Lebensschicht: ein Kräftesystem, das den physischen Leib durchdringt und ihm den Charakter des Organischen verleiht, ihn also mit den Fähigkeiten des Wachstums, der Ernährung, der Fortpflanzung und Regeneration ausstattet. Diese Schicht ist Inbegriff, Träger und Regler aller physiologischer Vorgänge bei Pflanze, Tier und Mensch.

3. Die psychische Schicht oder das Seelische. Sie ist der Tätigkeitsquell alles dessen, was das durch die Leibesorgane Vermittelte zum bewußten Erlebnis macht. Hierzu gehören außer den Sinnes-Wahrnehmungen auch die sich an diese anschließenden Gefühle, Affekte und Strebungen.

Im Lichte der Schichttheorie wäre dann der physische Leib aufzufassen als das Verwirklichungsfeld oder das Erscheinungsbild des ihm zugrunde liegenden Wesensbildes (Vitalschicht und psychische Schicht). Und die Lösung des Rätsels des Winterschlafs würde darin liegen, daß diese drei Schichten nur im Wachzustand

⁴⁾ Ch. Kayser et M. Aron: Le cycle saisonnier des glandes endocrines chez les hibernants (Der jahreszeitliche Zyklus der endokrinen Drüsen bei den Winterschläfern). Arch. d' Anat. 33, 1950.

des Tieres normal zusammenspielen und daß während des normalen Schlafes deren Zusammenhang insofern gestört ist, als das Seelische sich unter Zurücklassung der beiden andern Schichten etwas heraushebt. Das Eigenartige bei den Winterschläfern bestünde dann darin, daß bei ihnen "während des Winterschlafs außerdem auch eine Lockerung zwischen dem physischen Leib und dem Träger der Lebensfunktionen auftritt, wobei der letztere sich etwas von den Leibesorganen zurückzieht. Damit stimmt das ganze Bild des Winterschlafenden Tieres überein: aufs äußerste eingeschränkter Stoffwechsel, extreme Verlangsamung der Herz- und Atemtätigkeit, Herabsetzung der Körpertemperatur, kurz eine Lethargie, die geradezu einem Absterbevorgang gleichkommt.

Die tiefere Ursache für die Erscheinung des Winterschlafs wäre demnach in einem bei Säugetieren ungewöhnlichen Wechselspiel zwischen dem physischen Leib und der Vitalschicht zu suchen. Aber hier entsteht die Frage nach dem Vermittler dieses Wechselspiels. Diese Vermittlung übernehmen die innersekretorischen Drüsen, insbesondere die Schilddrüse, die Nebennieren und die Thymusdrüse (das Bries). Die schon Wochen vor dem Eintritt der kälteren Jahreszeit einsetzenden degenerativen Veränderungen dieser Drüsen sind dann in der Tat sekundärer Natur; die primäre Ursache ist in dem den Winterschläfern eigentümlichen und durch den Jahresrhythmus ausgelösten Wechselspiel zwischen dem physischen Leib und der Lebensschicht zu suchen.

Die Antwort auf die oben gestellte Frage würde dann lauten: Die Tiere verfallen nicht in den Winterschlaf, weil sich die Hormondrüsen verändern, vielmehr bilden sich diese Drüsen um, weil die Tiere in den Winterschlaf verfallen.