

Winterschlaf und Winterruhe

Ein Referat von Pia Bucic

im Rahmen der Veranstaltung: Übungen zum Projektunterricht
(Fachdidaktik der Botanischen Institute; Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, SS99)

Gliederung:

1. Warum stellt der Winter ein Problem dar ?

2. Formen der Überwinterung

Poikilotherme (Wechselwarme) Tiere

Homoiotherme (Gleichwarme) Tiere

3. Der Winterschlaf

Wer hält Winterschlaf ?

Welche Faktoren bewirken den Eintritt in den Winterschlaf ?

Eintritt in den Winterschlaf als „Reiz-Reaktionsschema“

Was passiert im Zustand des Winterschlafes ?

Was geschieht beim Erwachen ?

Dauer des Winterschlafes

4. Literatur

1. Warum stellt der Winter ein Problem dar ?

Allgemein sind alle Lebensvorgänge von der Temperatur abhängig. Nach oben hin werden sie durch die Gefahr der Denaturierung der Proteine begrenzt, da dies eine Zerstörung der Zellen mit sich bringt. Nach unten hin besteht die Gefahr des Gefrierens. Besonders die Stoffwechselprozesse benötigen Wärme. Diese Wärme muß im Körper gespeichert werden und darf nicht an die Umgebung abgegeben werden. Da im Winter aber eine große Differenz zwischen Körper- und Umgebungstemperatur besteht, ist die Gefahr des Wärmeverlustes sehr groß. Eine weitere Schwierigkeit, die der Winter mit sich bringt, ist das geringe Nahrungsangebot.

Aufgrund dieser Probleme haben sich spezielle Formen der Überwinterung entwickelt.

2. Formen der Überwinterung

Poikilotherme (Wechselwarme) Tiere

Zu dieser Gruppe gehören alle Wirbellosen und von den Wirbeltieren die Fische, die Amphibien und die Reptilien. Bei ihnen richtet sich die Höhe der Körpertemperatur nach der Umgebungstemperatur. Sie produzieren zwar auch Körperwärme, doch ihnen fehlen die schützenden, wärmeisolierenden Körperhüllen wie ein Federkleid, Fell oder eine dicke Fettschicht. Aus diesem Grunde läuft der Wärmeausgleich mit der Umgebung sehr schnell ab.

Solange die Umgebungstemperatur sich innerhalb eines optimalen Bereichs bewegt, stellt dieses Phänomen auch kein Problem dar. Sinkt die Umgebungstemperatur allerdings sehr stark ab (z.B. auf +5 bis 0°C), so verlangsamen sich die Stoffwechselprozesse entsprechend der van't Hoff'schen Regel. Diese besagt ja, daß bei einer Erhöhung der Temperatur um 10°C, die Stoffwechselprozesse doppelt so schnell ablaufen. Genauso hat eine Erniedrigung der Temperatur um 10°C eine Verlangsamung der Stoffwechselprozesse um die Hälfte zur Folge.

Das bedeutet, daß bei sehr niedriger Temperatur der Stoffwechsel sinkt, die Nebenfunktionen und die Bewegung verlangsamen sich, bis das Tier in einen Zustand der Starre eintritt. Man nennt diesen Zustand die **Kältestarre**. Es existiert auch der Begriff der Winterstarre, doch da der Eintritt in den Zustand von der Temperatur abhängt, und nicht unbedingt von der Jahreszeit Winter, sollte man den Begriff Kältestarre bevorzugen.

Um den Winter im Zustand der Kältestarre zu überstehen, ziehen sich die Tiere in Verstecke zurück und legen sich eine Nahrungsreserve in Form von Fett im Körper an. Durch eine Verminderung des Wassergehaltes und eine Erhöhung der Salzkonzentration im Körper, können sie außerdem den Gefrierpunkt ihrer Körpersäfte erniedrigen.

Homoiotherme (Gleichwarme) Tiere

Vertreter dieser Gruppe sind die Vögel und alle Säugetiere.

Sie haben den Vorteil, daß sie sich durch ihr Fell, ihr Federkleid und ihre Haut vor einem zu großen Wärmeverlust an die Umgebung schützen können. Sie haben d-

her die Fähigkeit, ihre Körpertemperatur und somit auch ihren Stoffwechsel konstant zu halten, sie sind daher gleichwarm.

Trotzdem bereiten die Kälte und das geringe Nahrungsangebot im Winter auch ihnen Schwierigkeiten.

Wir unterscheiden bei den homoiothermen Tieren vier Gruppen, die unterschiedliche Formen der Überwinterung entwickelt haben.

Die erste Gruppe bilden die **winteraktiven Tiere**, zu denen z.B. Hirsch, Reh und Feldhase gehören. Sie bilden für den Winter eine dicke Fettschicht aus, von der sie bei sehr geringem Nahrungsangebot zehren können. Meist aber finden sie noch ausreichend Nahrung unter der Schneedecke. Sowohl zum Schutz vor Wärmeverlust, als auch als Schutztracht bilden die winteraktiven Tiere ein Winterfell aus. Dies besitzt mehr feine Wollhaare und ist zudem meist weiß gefärbt.

Zur zweiten Gruppe gehören die Vögel (**Vogelzug**). Ein Teil von ihnen kann zwar auch in den winterlichen Gebieten bleiben, 65 % aller einheimischen Brutvögel ziehen allerdings weg in den Süden, wo sie angenehme Temperaturen und ausreichend Nahrung finden. Ihre Wanderstrecke kann dabei bis zu 10.000 km betragen.

Die dritte Form der Überwinterung ist die **Winterruhe**. Hierbei ziehen sich die Tiere in einen Bau oder ein Versteck zurück und treten in einen Zustand der Inaktivität. Dieser Zustand darf aber nicht mit dem lethargischen Zustand der Winterschläfer verwechselt werden. Bei den Winterruhern kommt es nicht zu einem Absinken der Körpertemperatur. Durch die Ruhe kommt es aber zu einem verminderten Energieverbrauch und somit auch zu einem geringeren Nahrungsbedarf. Dadurch kommt das Tier dem geringen Nahrungsangebot entgegen. Außerdem schläft das Tier nicht so fest, so daß es zwischendurch auch aufwachen und etwas fressen kann. Zu den Tieren, die Winterruhe halten gehören u.a. das Eichhörnchen, der Dachs und der Bär.

Die letzte Gruppe bildet die **Winterschläfer**. Charakteristische Merkmale des Winterschlafes sind, daß sich das Tier in seinen Bau zurückzieht, daß es eine Winterschlafstellung einnimmt, daß es seine Körpertemperatur entsprechend der Umgebungstemperatur erniedrigt, daß es zu weiteren physiologischen Veränderungen kommt, und daß das Tier nur in großen Abständen aufwacht.

3. Der Winterschlaf

Wer hält Winterschlaf ?

Zu den Tieren, die Winterschlaf halten, gehören folgende Tiere. Dabei sind aber die letzten drei Gruppen die wichtigsten.

- 1) Monotremata (Kloakentiere) → Schnabeltier
- 2) Marsupialia (Beuteltiere) → austral. Schlafmausbeutler
- 3) Insektivoren (Insektenfresser) → Igel, Spitzmaus, Maulwurf
- 4) Chiropteren (Flattertiere) → Fledermaus
- 5) Rodentia (Nagetiere) → Murmeltier, Ziesel, Backenhörnchen, Hamster

Welche Faktoren bewirken den Eintritt in den Winterschlaf ?

Bisher galt immer das Absinken der Außentemperatur als entscheidender Faktor, der für den Eintritt des Tieres in den Winterschlaf verantwortlich ist. Dies ist auch in g-

wisser Weise richtig, doch ist dieser Faktor nur dann wirksam, wenn das Tier auch im Inneren über eine gewisse **Winterschlafbereitschaft** verfügt.

Diese Winterschlafbereitschaft setzt sich aus verschiedenen Faktoren zusammen:

1. Das **Schlafzentrum im Zwischenhirn.**

Versuche zeigten, daß Tiere, denen man im Wachzustand das Zwischenhirn zerstört hatte, nicht mehr in den Winterschlaf eintreten konnten. Ebenso konnten Tiere, denen man das Schlafzentrum im Winterschlaf zerstört hatte, nicht mehr aufwachen.

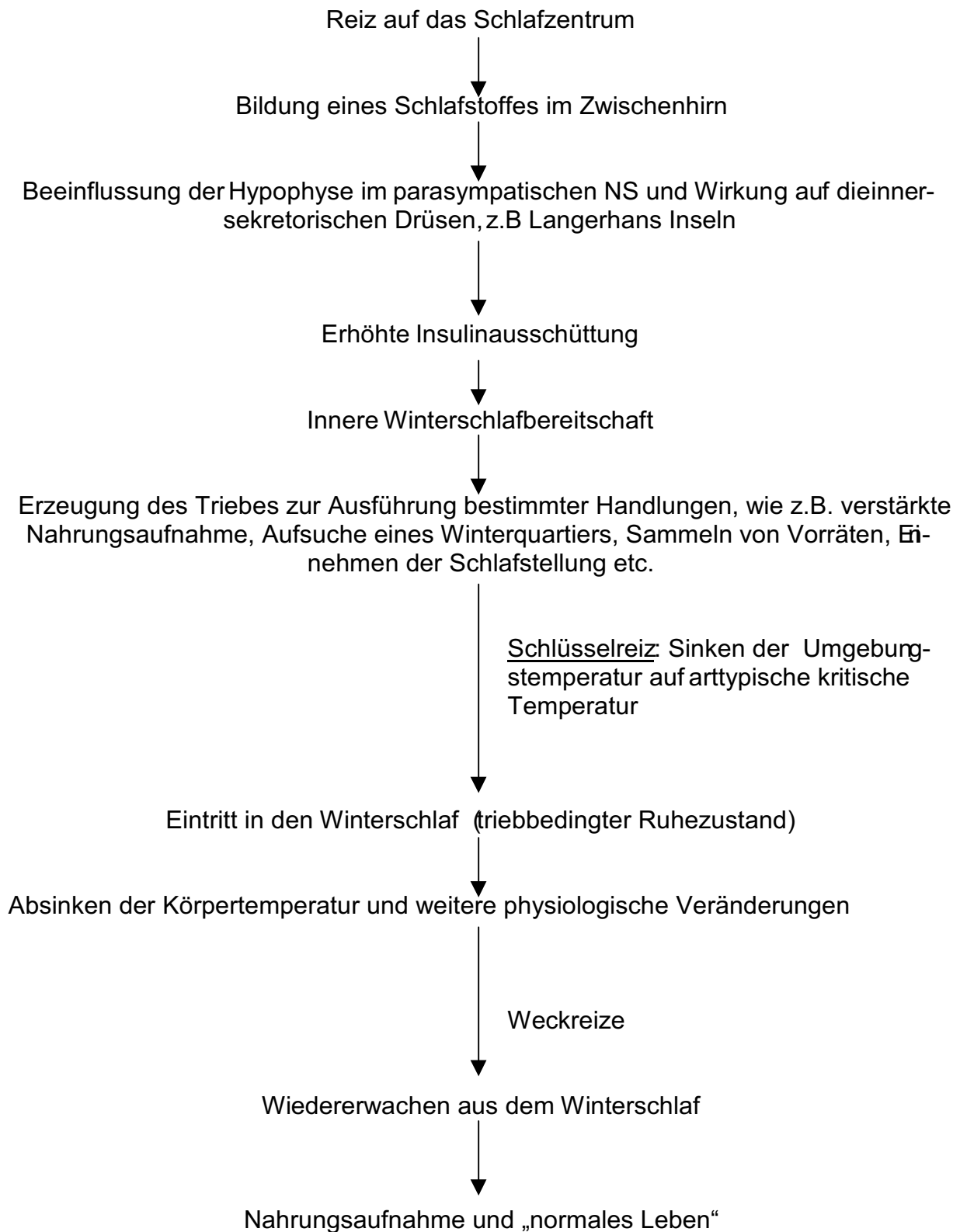
2. Sogenannte „**Schlafstoffe**“

Auch hier haben Versuche gezeigt, daß diese Schlafstoffe, die im Schlafzentrum ausgeschüttet werden, bei normalen Nicht-Winterschläfern (z.B. Hund, Katze) lang andauernde Schlafzustände hervorrufen.

3. Hormon **Insulin**

Das Hormon Insulin wird in den Langerhans Inseln produziert, die im Winter vermehrt auftreten. Es wirkt als Antagonist zum Adrenalin und wirkt sich mit seiner einschläfernden Wirkung stark auf den Eintritt in den Winterschlaf aus.

Eintritt in den Winterschlaf als „Reiz-Reaktionsschema“



Was passiert im Zustand des Winterschlafes ?

1) Absenken der Körpertemperatur:

Wenn eine arttypische kritische Umgebungstemperatur überschritten wird, so sinkt auch die Körpertemperatur auf den gleichen Wert, wie die Umgebungstemperatur.

Kritische Temperaturen sind:

Hamster: +9 bis +10°C

Igel: +15 bis +17°C

Schlafmaus: +18°C

Ziesel: +20°C

Fledermaus: +24 bis +28°C

Diesen kritischen Temperaturen entsprechen auch die Temperaturen, bei denen die Tiere wieder aus dem Winterschlaf aufwachen.

Nach dem Eintritt in den Winterschlaf sinkt die Körpertemperatur analog zur Umgebungstemperatur, allerdings nur bis zu einem Wert von + 5°C. Ab dieser Temperatur produzieren die Tiere wieder eine gewisse Eigenwärme und halten die Körpertemperatur auf einem bestimmten Minimalwert (+5 bis +6°C) aufrecht, um so das Gefrieren der Körpersäfte und den Tod zu verhindern.

Eine Ausnahme bilden die Fledermäuse. Bei ihnen ist nicht die Tagestemperatur, sondern die Temperatur in der Nacht entscheidend. Allgemein verringern sie am Tage ihren Stoffwechsel und schalten ihre Wärmeregulation aus. Sie gleichen somit im Tagesschlaf dem Zustand des Winterschlafes. In der Nacht wachen die Fledermäuse auf, erhöhen ihre Körpertemperatur und werden aktiv. Beträgt die Nachttemperatur aber +8 bis +10°C, so verharren die Tiere auch nachts in ihrer Lethargie, sie sind dann in den Winterschlaf eingetreten. Bei ca. 0°C entspricht ihr Zustand einer tiefen Starre, in der sie Temperaturen bis zu – 5°C ertragen können. Ab dann wird es aber für sie gefährlich, da die Körpersäfte gefrieren können. Sie sind zwar auch in der Lage, ihre Wärmeregulation wieder einzuschalten und den Körper zu erwärmen, doch ihre Abwehrkräfte erliegen bei lang andauernder Kälte sehr bald.

2) Herabsetzen der Stoffwechselaktivität:

Durch die niedrigere Körpertemperatur kommt es automatisch zu einer Herabsetzung der Stoffwechselaktivität. Somit wird weniger Energie verbraucht, und das Tier kann von seinen Fettreserven und Vorräten im Bau leben. Es schützt sich somit vor dem Verhungern aufgrund des geringen Nahrungsangebotes.

3) Verlangsamung der Atemfrequenz (in Atemzügen pro min):

Infolge der Herabsetzung der Stoffwechselaktivität, kommt es auch zu einer Verlangsamung der Atemfrequenz.

Tier	Wach	Winterschlaf	Erwachen
Igel	45-50	1 bis 6	90-112
Ziesel	72-100	1/2 bis 4	
Hamster	60-80	4	

4) Abnahme der Herzschlagfrequenz (in Herzschlägen pro min):

Tier	Wach	Winterschlaf	Erwachen
Igel	188	21	320
Murmeltier	90	10 bis 12	200

Infolge dessen kommt es auch zu einer Abnahme des Blutdruckes und zu einer Verlangsamung des Blutstromes. Außerdem sinkt die **Blutgerinnungszeit** durch eine Vermehrung der Heparinocyten. Diese scheiden das, die Blutgerinnung hemmende Heparin aus. Gleichzeitig kann diese Verlangsamung der Blutgerinnung einen Schutz vor Thrombosen darstellen.

5) Verminderung der Nervenfunktionen

Die Tätigkeit des Großhirns erlischt, und höhere Nervenfunktionen werden ausgeschaltet. Das Tier wird so gegen optische und akustische Reize weitgehend unempfindlich und schützt sich so vor zu häufigen Aufwachphasen, da diese viel Energie verbrauchen.

Allein die Reaktionsfähigkeit in Bezug auf Kälte- und Berührungsreize bleibt bestehen.

6) Der respiratorische Quotient liegt bei 0,7.

Dieser Wert läßt darauf schließen, daß im Winterschlaf hauptsächlich Fett zum Energiegewinn verbrannt wird. Dazu dient auch das Fettpolster, das sich die Tiere im Herbst anfressen und nach dem Winter verloren haben. Die Verbrennung von Fett wird auch dadurch gefördert, daß das Hormon Insulin im Winterschlaf ja verstärkt ausgeschüttet wird. Insulin begünstigt nämlich die Speicherung von Zucker in Form von Glykogen in Leber und Muskeln, so daß dieser nicht zur Energiegewinnung herangezogen werden kann.

7) Geringere Wärmeproduktion (in Kalorien pro m² und 24 h):

Da die Körpertemperatur nicht aufrecht gehalten werden muß und weniger Nahrung verbrannt werden muß, produziert der Körper auch weniger Wärme. Wenn man die Werte der Wärmeproduktion im Normalzustand und im Winterschlaf miteinander vergleicht, so erkennt man, daß der Winterschlaf sehr vorteilhaft und ökonomisch ist, da man bedeutend Energie spart.

Tier	Wach	Winterschlaf	Erwachen
Murmeltier	392	25,02	bis 2000
Ziesel	660	12,95	
Siebenschläfer	527	9,48	
Haselmaus	832	12,62	

8) Sehr niedriger Blutzucker Gehalt (in mg %):

Da der Kohlenhydratstoffwechsel weitgehend ruht, da ja vorwiegend Fette verbrannt werden, ist der Blutzucker Gehalt im Winterschlaf sehr niedrig.

Tier	Wach	Winterschlaf	Erwachen
Igel	112	49 bis 56	137

9) Charakteristische Winterschlafstellung:

Das Tier rollt sich zu einer Kugel zusammen, um so seine Oberfläche zu verkleinern und um sich vor Wärmeverlust zu schützen.

Was geschieht beim Erwachen ?

Bestimmte **Weckreize** führen dazu, daß das Tier aus dem Winterschlaf erwacht. Das kann entweder zwischendurch oder am Ende des Winterschlafes geschehen.

Zu den Weckreizen gehören z.B.:

- Temperaturstürze / extreme Kälte
- Harnblasen-/ Darmfüllung
- Mechanische Reize (Aufheben o.ä.)
- Wärmegrade, die über der kritischen Temperatur liegen.

Beim Erwachen laufen wiederum bestimmte physiologische Vorgänge ab. Die Werte, auf die sich z.B. die Atemfrequenz steigert, sind in den oben aufgeführten Tabellen enthalten. Generell ist zu sagen, daß diese Werte immer noch höher liegen, als die Werte im normalen Wachzustand.

Physiologische Vorgänge:

1) Anstieg der Körpertemperatur:

Dies verläuft zum einen in zwei Phasen, und zum anderen ungleichmäßig.

In der ersten Phase kommt es zu einer langsamen Erwärmung und einer äußerlich sichtbaren Steigerung der Atemfrequenz. In der zweiten Phase setzt die Muskel-tätigkeit ein, und die Erwärmung läuft nun rasch ab.

Durch den Blutstrom, der sich nur langsam beschleunigt, wird zuerst das Vorder-teil des Tieres erwärmt, und ganz allmählich Hinterteil und Extremitäten.

2) Steigerung der Atemfrequenz, da nun erhöhter O_2 Bedarf besteht.

3) Steigerung der Herzschlagfrequenz, v.a. durch die Ausschüttung von Adrenalin, das nun antagonistisch zum Insulin wirkt.

4) Explosionsartige Aufspaltung des Glycogens in Glucose. Dadurch läuft nun die Verbrennung der Kohlenhydrate ab, was zu einer Erhöhung des Blutzuckerspie-gels und zu einem enormen Anstieg der Wärmeproduktion führt.

5) Lockerung der zusammengekugelten Haltung

Dauer des Winterschlafes

Auch die Dauer des Winterschlafes ist artspezifisch.

Der Siebenschläfer ist das Tier, das am längsten durchschlafen kann, nämlich sieben Monate.

Das Murmeltier und auch der Igel kann ca. 3 bis 4 Wochen ohne Pause schlafen.

Die Zeit des Winterschlafes allgemein reicht von ca. Oktober bis März/ April.

4. Literatur

- Eisentraut, Martin: Überwinterung im Tierreich, Stuttgart, Kosmos 1955
- Herter, Konrad: Winterschlaf, Handbuch der Zoologie, Bd.8, Lfg.1, Teil 4 Beitrag 4