

Einfluss der Temperatur auf Tiere



Meerechsen leben auf den Galapagosinseln. Tagsüber verbringen sie viele Stunden in der heißen Sonne, bis sie sich zum Fressen kurzzeitig in das kalte Meer stürzen. Danach kehren die Tiere auf ihre Sonnenplätze zurück. Nachts ziehen sie sich in Felspalten zurück. Wie kann dieser Tagesrhythmus erklärt werden?

Im Norden der japanischen Insel Honshu liegt mehrere Monate im Jahr meterhoch Schnee. Eine Gruppe der hier lebenden Rotgesichtsmakaken hat im Laufe der Zeit eine außergewöhnliche Möglichkeit gefunden, in der kalten Jahreszeit zu überleben: Sie verbringen viele Stunden der kalten Wintertage in dem 35 bis 40°C heißen Wasser der Thermalquellen von Yukanaka, wo sie sich aufwärmen, ausruhen oder soziale Fellpflege betreiben. Wie lässt sich dieses Verhalten erklären?



EKTOTHERME TIERE (wechselwarme Tiere)

Meerechsen können durch Stoffwechselaktivität nur wenig Körperwärme freisetzen. Vielmehr hängt ihre Körpertemperatur von der Umgebungstemperatur ab. Sie werden deshalb als **ektotherm** oder **poikilotherm** bezeichnet. Dennoch sind ektotherme Tiere für ihren Stoffwechsel auf eine bestimmte Körpertemperatur angewiesen. Deshalb wärmen sie sich in der Sonne auf. Bei der Nahrungssuche im kalten Meer verlieren die Meerechsen viel Körperwärme. Sie müssen sich danach erneut aufwärmen. Die Nacht verbringen sie in Spalten des von der Sonne aufgewärmten Gesteins. So kühlen sie nicht so stark aus.

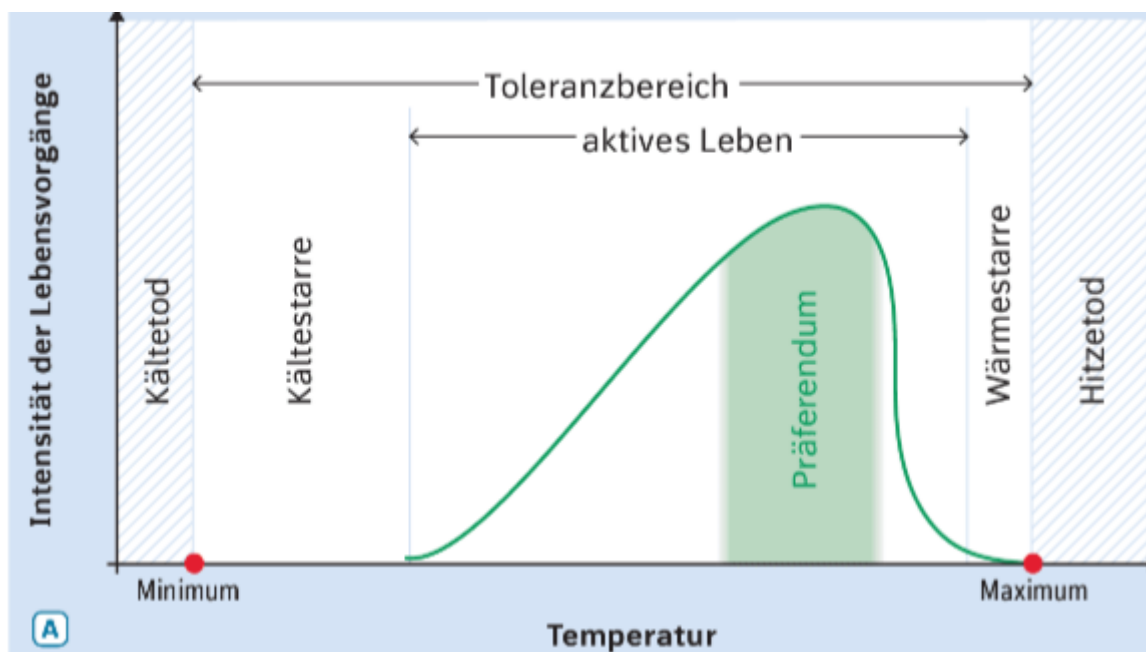
Ein Vorteil dieser Lebensweise ist der geringere Energieaufwand, der einen niedrigeren Stoffumsatz bedingt. Ektotherme Lebewesen brauchen relativ wenig Nahrung. Sie können jedoch nur Lebensräume besiedeln, die genügend Wärmezufuhr von außen garantieren.

Abiotischer Faktor TEMPERATUR

Temperaturtoleranz — Stoffwechselvorgänge in Lebewesen beruhen auf chemischen Reaktionen. Mit steigender Temperatur nimmt die Brownsche Teilchenbewegung zu. So steigt die Wahrscheinlichkeit erfolgreicher Zusammenstöße von Teilchen und das beschleunigt chemische Reaktionen. Bei zu hohen Temperaturen werden die am Stoffwechsel beteiligten

Enzyme jedoch oft irreversibel denaturiert und verlieren ihre Funktion. Deshalb ist das aktive Leben ektothermer Lebewesen auf einen relativ kleinen Temperaturbereich beschränkt. Sie sind **stenotherm**. Wird der Temperaturbereich des aktiven Lebens überschritten, fallen sie in eine Starre. Bei weiteren Temperaturveränderungen sterben sie, ohne vorher aufzuwachen.

Abbildung: Temperaturtoleranz ektothermer Lebewesen

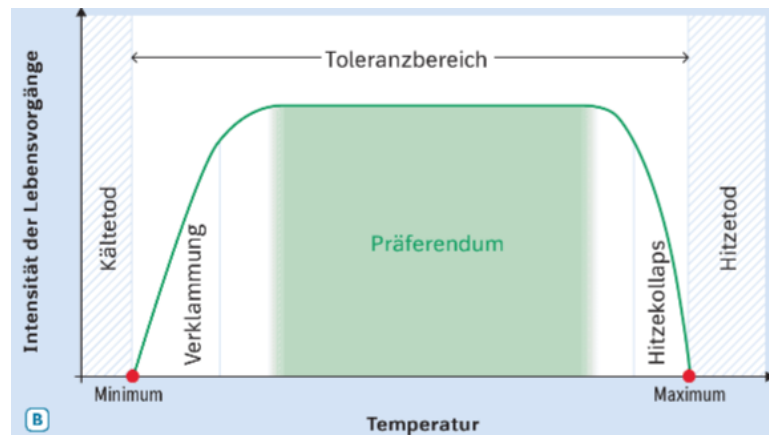


ENDOTHERME TIERE (gleichwarme Tiere)

Endotherme Lebewesen – Vögel und Säugetiere regulieren durch Stoffwechselprozesse ihre Körpertemperatur unabhängig von der Umgebungstemperatur. Sie sind homoiotherm oder **endotherm**. Ihre Lebensweise als Temperatur-Regulierer ist relativ energieaufwendig. Deshalb brauchen sie im Vergleich mehr Nahrung als ektotherme Tiere, können andererseits aber auch deutlich kältere Lebensräume besiedeln. Die Temperaturregulation ermöglicht aktives Leben in einer breiten Temperaturspanne. Endotherme Lebewesen sind deshalb **eurytherm**.

Bei sehr niedrigen Temperaturen wird die Stoffwechselaktivität reduziert und die Körperaktivität bis zur Bewegungslosigkeit eingeschränkt. Dieser Zustand heißt Verklammung. Danach stirbt das Lebewesen. Bei zu hohen Temperaturen folgt auf den Hitzekollaps ebenfalls der Tod.

Abbildung: Temperaturtoleranz endothermer Lebewesen



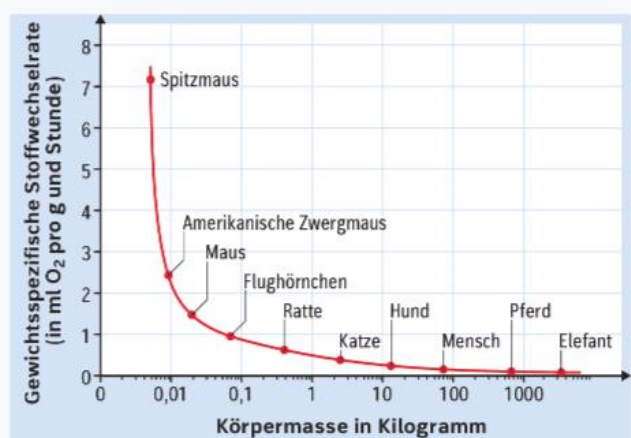
MATERIAL MIT AUFGABEN



Körpergröße und Stoffwechselaktivität

Die in Südeuropa vorkommende Etruskerspitzmaus ist mit einer Länge von fünf Zentimetern und einer Körpermasse von zwei Gramm das kleinste Säugetier der Erde. Der Afrikanische Elefant ist mit einer Länge von 750 Zentimetern und einer Körpermasse von sechs Tonnen das größte Landsäugetier der Erde. Ein Elefant nimmt pro Tag 300 Kilogramm pflanzliche Nahrung zu sich. Eine Etruskerspitzmaus benötigt pro Tag zwei Gramm Nahrung in Form von Insekten.

- 1 Berechnen Sie jeweils die tägliche prozentuale Nahrungsaufnahme pro Tag für eine Etruskerspitzmaus und einen Elefanten. ●○○
- 2 Beschreiben Sie den Zusammenhang von Körpermasse und Stoffwechselaktivität bei Säugetieren anhand des Diagramms. ●○○



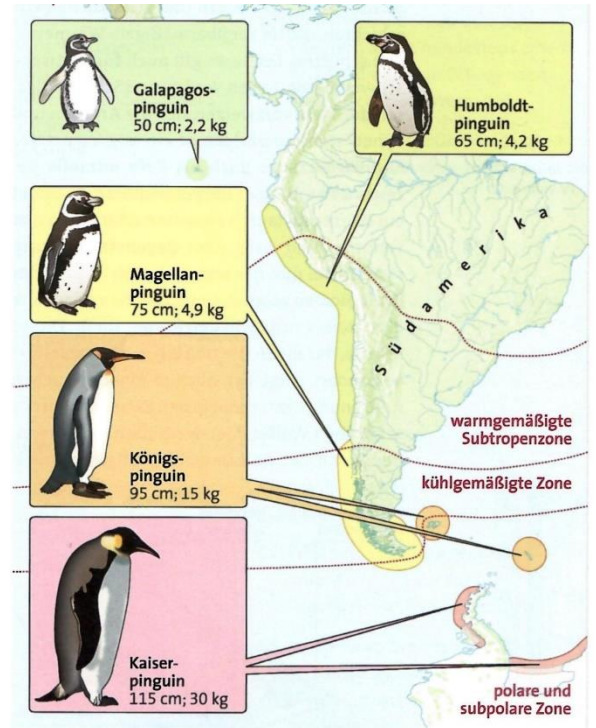
- 3 Stellen Sie eine Hypothese auf über den Zusammenhang zwischen Körpergröße und Stoffwechselaktivität bei endothermen Lebewesen. ●●●

Abiotischer Faktor TEMPERATUR

Endotherme Tiere: Klimaregeln

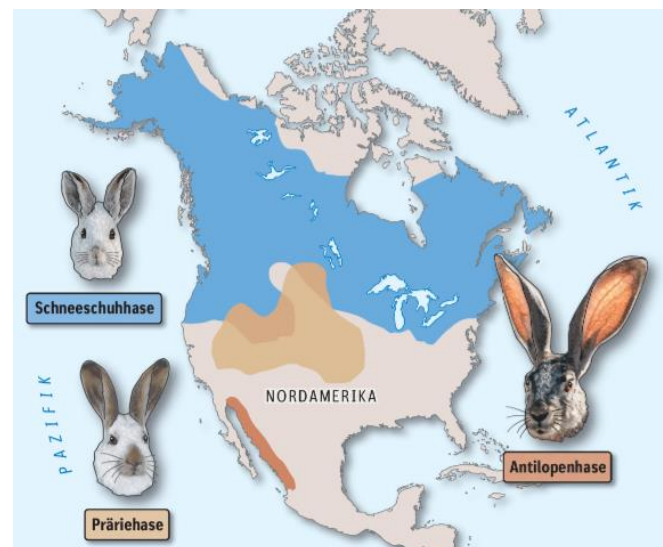
Bergmannsche, Allensche und Hessesche Regel beschreiben Auswirkungen unterschiedlicher Temperaturen in verschiedenen geografischen Regionen auf die Tiere. Sie werden deshalb auch tiergeografische Regeln oder **Klimaregeln** genannt.

Bergmannsche Regel — Der deutsche Physiologe Carl BERGMANN beobachtete in den 1840er Jahren, dass endotherme Tiere eines Verwandtschaftskreises, zum Beispiel Pinguine, in kälteren Gebieten üblicherweise größer sind als in wärmeren. Er erklärte dies mit dem Wärmeverlust der Tiere, da kleinere Körper schneller auskühlen als größere. Dem relativ kleinen Volumen, in dem durch Stoffwechselprozesse Wärme erzeugt wird, steht eine relativ große Oberfläche gegenüber, über die Wärme verloren geht. Dieser Effekt wird durch isolierende Schichten wie Speck oder dichtes Fell gemindert, aber nicht unterbunden. Dieser Zusammenhang ist heute allgemein als Bergmannsche Regel bekannt.



07 Tiergeografische Regeln

Allensche Regel — Dem amerikanischen Zoologen Joel ALLEN fiel in den 1870er Jahren auf, dass auch die Körperanhänge von Tieren klimatischen Einflüssen unterworfen sind. Die Ohren des Antilopenhasen sind zum Beispiel überproportional größer als die des Schneeschuhhasen. Gemäß der Allenschen Regel zeigen endotherme Tiere eines Verwandtschaftskreises in kälteren Gebieten relativ kleinere Körperanhänge als in wärmeren. Körperanhänge haben im Verhältnis zu ihrem Volumen eine besonders große Oberfläche, sodass der Wärmeverlust hier besonders groß ist. Deshalb bringen überproportional kleine Anhänge in kalten Gebieten einen Vorteil.



Hessesche Regel

Der deutsche Zoologe Richard Hesse untersuchte in den 1910er Jahren die Herzen von Spatzen und Eichhörnchen. Nach der Hesseschen Regel haben Tierpopulationen eine Verwandtschaftskreises in kälteren Gebieten ein im Verhältnis zu Körpermasse relativ

Abiotischer Faktor TEMPERATUR

höheres Herzgewicht. Das Herz pumpt die nötigen Blutmengen für den gesteigerten Stoffwechsel zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur in kälteren Gebieten.

Oberfläche und Volumen

Die Bergmannsche und die Allensche Regel beschreiben eine Oberflächen-Volumen-Beziehung. Während eine Fläche in der zweiten Potenz wächst, wächst das Volumen in der dritten Potenz. Je größer ein Tier ist, desto mehr verschiebt sich das Verhältnis von Wärme austauschender Oberfläche zugunsten des Wärme produzierenden und speichernden Volumens.

MATERIAL MIT AUFGABEN

B Oberfläche-Volumen-Beziehung

a in cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A in cm^2	6	24	54	96	150	216	294	384	486	600

Die Oberfläche-Volumen-Beziehung A/V wird der Einfachheit halber an einem würfelförmigen Modellorganismus berechnet.

Die Kantenlänge a ist für alle Seiten des Würfels gleich, die Oberfläche A berechnet sich aus $6 \cdot a^2$. Das Volumen V berechnet sich aus a^3 . Es wird in Kubikzentimeter, kurz cm^3 , angegeben.

- 1 Berechnen Sie für alle Würfel in der Tabelle Volumen und Oberflächen-Volumen-Verhältnis. ●○○
- 2 Erstellen Sie ein gemeinsames Diagramm für Oberfläche und Volumen der berechneten Würfel. ●●○
- 3 Übertragen Sie Ihre Erkenntnisse auf die Klimaregeln sowie den Energiebedarf kleiner und großer Tiere wie Maus und Elefant. ●●●

C Klimaregeln und Luchse



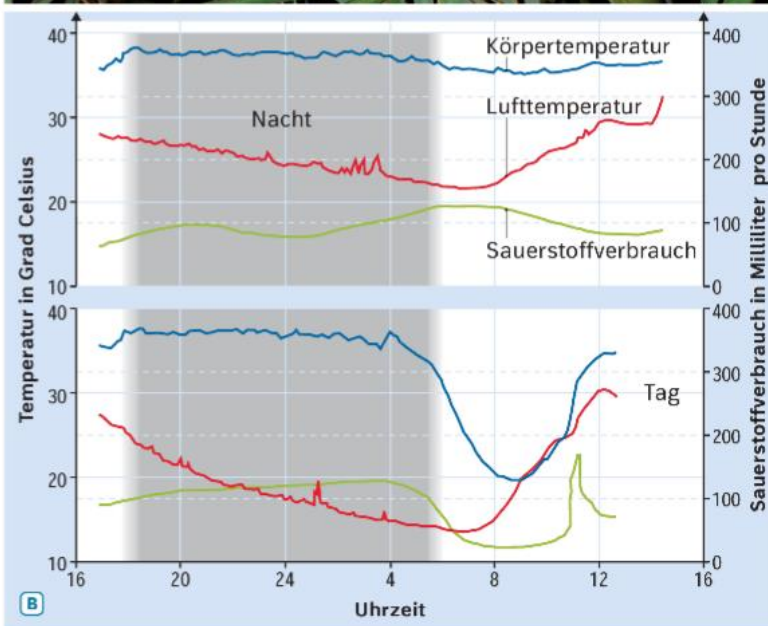
	Rotluchs	Kanada-Luchs	Pardell-Luchs	Eurasischer Luchs
Körpermasse in kg	4–18,5	15–20	12–18	15–38
Standhöhe in cm	50–60	50–75	45–70	50–75
Körperlänge in cm	62–95	65–100	75–80	80–110
Schwanzlänge in cm	12–19	10–15	12–16	15–25
Ohrenlänge in cm	10	10	10	10

Luchse sind eine Gattung in der Familie der Katzen. Alle vier Arten dieser endothermen Säugetiere kommen auf der Nordhalbkugel vor.

Trotz der ähnlichen Lebensweise als Schleichjäger zeigen die Arten verschiedene Anpassungen an ihren jeweiligen Lebensraum.

- 1 Nennen und erklären Sie die beiden Klimaregeln, die Sie auf Luchse anwenden können. ●○○
- 2 Erläutern Sie, für welche Körpermerkmale der Luchse die Klimaregeln gelten. ●●○
- 3 Erläutern Sie Abweichungen von den Klimaregeln aus der Lebensweise der Luchse. ●●●

Abiotischer Faktor TEMPERATUR



6 Mausmaki: A Aussehen; B Temperatur und Stoffwechselaktivität

Energieeinsparung durch Torpor — Die Mausmakis auf Madagaskar sind die kleinsten Primaten der Welt. Sie ernähren sich hauptsächlich von Früchten und Insekten und sind nachtaktiv. Tagsüber ruhen sie in Verstecken. Im Winter sinken die Umgebungstemperaturen deutlich ab und auch das Nahrungsangebot verringert sich beträchtlich. Nach milden Nächten halten die Mausmakis ihre Körpertemperatur und Stoffwechselaktivität auch tagsüber weitgehend konstant. Nach kalten Nächten senken sie jedoch Körpertemperatur und Stoffwechselaktivität während der täglichen Ruhephase für mehrere Stunden deutlich ab. Einige kleine Säugetiere und Vögel reagieren auf längeren Nahrungs- oder Wassermangel mit einem solchen physiologischen Schlafzustand. Dabei werden die Stoffwechselprozesse des Körpers auf ein Minimum beschränkt

und alle Körperfunktionen praktisch auf Sparflamme gesetzt. Die Tiere reagieren währenddessen nicht auf Umweltreize und sind unbeweglich. Dieser Zustand heißt **Torpor**.

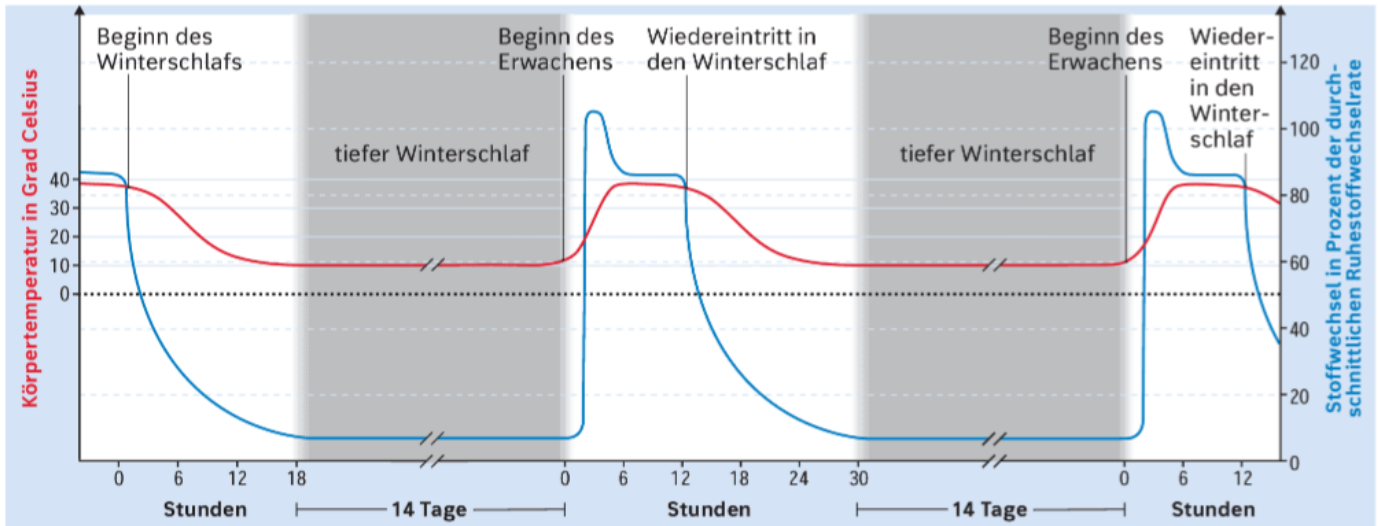
Überdauerungsstrategien — Die tiefen Temperaturen und das verringerte Nahrungsangebot im Winter stellen Tiere vor große Herausforderungen. Zur Überdauerung dieser Situation gibt es verschiedene Strategien. Manche Tiere wie Rehe bleiben auch im Winter aktiv. Andere wandern saisonal in günstigere Gebiete ab, wie zum Beispiel Rentiere und viele Zugvögel. Weitere Strategien ermöglichen ein Überdauern der Tiere vor Ort.

Winteraktivität — Endotherme Tiere sind durch isolierendes Fett, Fell oder Federn vor Wärmeabgabe geschützt. Einige große endotherme Tiere bleiben über den Winter aktiv. Die Energie für die Wärmeproduktion stammt größtenteils aus körpereigenen Fettreserven, die im Herbst als Winterspeck angefressen wurden. Außerdem finden die Tiere auch im Winter noch etwas Nahrung und sparen durch lange Ruhephasen zusätzlich Fettreserven.

Winterruhe — Kleinere Säugetiere können sich keine umfangreichen Fettreserven für eine aktive Überwinterung anfressen. Eichhörnchen sammeln stattdessen im Herbst Nahrungsvorräte für den Winter. Ansonsten ruhen sie, ohne den Stoffwechsel deutlich herunter zu fahren. Ihre Körpertemperatur sinkt kaum ab. Diese Form der Überwinterung, die auch Dachse und Braunbären betreiben, heißt **Winterruhe**.

Winterschlaf — Ähnlich wie beim Torpor kann der Energieaufwand noch weiter verringert werden. Dabei sinkt die Körpertemperatur deutlich ab und die Atem- und Herzfrequenz werden reduziert. Erdhörnchen wachen aus diesem **Winterschlaf** etwa alle zwei Wochen auf und fressen von angelegten Vorräten. Andere Winterschläfer wie Igel, Feldhamster oder Fledermäuse schlafen meist durch. Wird das Temperatur-Minimum unterschritten, wachen Winterschläfer auf. Ihre Suche nach einem wärmeren Winterquartier ist dann jedoch mit einem hohen Energieaufwand verbunden.

Abiotischer Faktor TEMPERATUR



7 Stoffwechsel eines Erdhörnchens während des Winterschlafs

Winterstarre – Bei ektothermen Lebewesen wie Eidechsen und Fröschen sinkt mit abnehmender Umgebungstemperatur ihre Lebensaktivität. Sie fallen zunächst in Kältestarre. Dabei sind Atem- und Herzfrequenz deutlich reduziert. In diesem Zustand leben die Tiere von Fettreserven, die sie im Herbst angelegt haben. Bei weiter sinkenden Temperaturen erfrieren sie, ohne noch einmal aufzuwachen.

Deshalb haben diejenigen Individuen einen Selektionsvorteil, deren Körpertemperatur nicht unter das kritische Minimum sinkt.

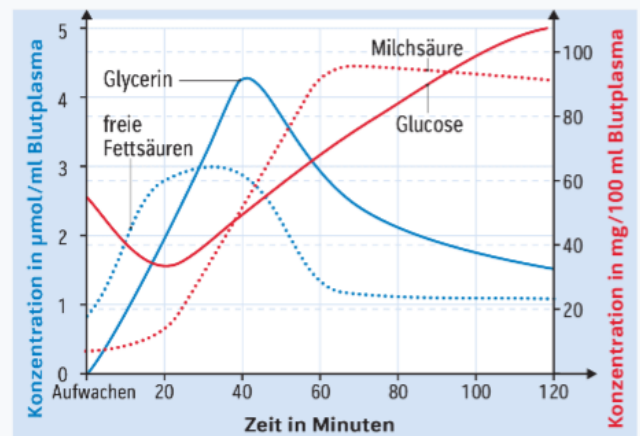
Neben zu tiefen sind auch zu hohe Temperaturen im Winter für ektotherme Tiere gefährlich. Denn dann wird ihr Stoffwechsel zu stark intensiviert. Als Konsequenz verbrauchen die Tiere ihre Fettreserven zu schnell und verhungern.

MATERIAL MIT AUFGABEN



Aufwachen aus dem Winterschlaf

Gartenschläfer sind Nagetiere. Je nach den klimatischen Bedingungen halten sie zwei bis sieben Monate Winterschlaf. Zum Aufwachen aus dem Winterschlaf benötigen sie viel Energie in Form von Adenosintri-phosphat, kurz ATP. Dieses wird über verschiedene Stoffwechselprozesse wie Glykolyse, Milchsäuregärung, Endoxidation und Fettspaltung bereitgestellt. Gleichzeitig steigt während des Aufwachens die Sauerstoffaufnahme der Tiere deutlich. Das Diagramm zeigt die Konzentrationsänderungen einiger Stoffwechselprodukte im Blut eines Gartenschläfers. Diese sind an den physiologischen Prozessen während des Aufwachvorgangs beteiligt.



- 1 Beschreiben Sie das Diagramm zu den physiologischen Prozessen beim Aufwachvorgang. ●●○
- 2 Stellen Sie Hypothesen auf, wie diese Konzentrationsänderungen verschiedenen stoffwechselphy-

siologischen Prozessen zugeordnet werden können. Berücksichtigen Sie dabei besonders den Energiegewinn. ●●●

- 3 Beurteilen Sie die energetische Gesamtsituation des Gartenschläfers nach dem Aufwachen. ●●○