



Bären

Metabolische Wunder der Natur!

Tierarten, die in gemäßigten und borealen Regionen leben, unterliegen im Jahreszyklus starken saisonalen Schwankungen, die durch große Unterschiede bei den Lichtverhältnissen, der Umgebungstemperatur und der Verfügbarkeit oder Qualität der Nahrung gekennzeichnet sind. Säugetiere und Vögel haben sich an diese Umweltschwankungen angepasst, indem sie ein saisonal flexibles Erscheinungsbild eines Merkmals (phänotypische Flexibilität) zeigen. Solche Anpassungen helfen den Tierarten, ihre Phänologie (im Jahresverlauf periodisch wiederkehrende Entwicklungserscheinungen in der Natur) mit den Umweltfaktoren zu synchronisieren und den Zeitpunkt der wichtigsten lebensgeschichtlichen Ereignisse zu optimieren.

Dr. Sylvain Giroud, Dr. Johanna Painer-Gigler, Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie (FIWI) Vetmeduni Wien

Bei Säugetieren und Vögeln gilt die Veränderung der Photoperiode im Laufe des Jahres als der stärkste Zeitgeber. Auf deren Grundlage können sie lebensgeschichtliche Ereignisse planen, da es sich bei der Photoperiode um ein sehr vorhersehbares Umweltsignal handelt, das den Tieren ermöglicht, sich auf jährlich wechselnde Bedingungen vorzubereiten. Der Hell-Dunkel-Zyklus ermöglicht die Synchronisierung von Aktivität, Verhalten und Physiologie mit dem 24-Stunden-Zyklus. Bei längerer Abwesenheit von Licht können die biologischen Tagesrhythmen jedoch gestört werden, wie es bei Individuen während des Winterschlafs der Fall ist.

Meister Petz und der Schlaf

Der Braunbär (*Ursus arctos*) zählt zu einer der am weitesten verbreiteten Tierarten unseres Planeten und ist auf der gesamten nördlichen Hemisphäre (Nordamerika, Europa, Asien) vertreten. Auf der Roten Liste der IUCN (Internationale Union zur Bewahrung der Natur) als „ungefährdet“ gelistet, gelten die rund 110.000 erwachsenen Individuen weltweit als stabil, auch wenn regional einige Populationen bedroht sind. Braunbären in Skandinavien und Mitteleuropa halten bis zu sieben

Monate im Jahr in einer natürlichen Höhle – etwa in einem verlassenen Ameisenhaufen, einer Felshöhle oder einem entwurzelten Baum – Winterschlaf und sind den Rest des Jahres über aktiv. Physiologische Variablen wie Körpertemperatur, Herzfrequenz und Aktivität beginnen zwei bis vier Wochen vor dem Eintritt in die Höhle zu sinken und steigen zehn Tage bis einen Monat vor dem Verlassen bzw. Ende des Winterschlafs wieder an. Während der Herzschlag des wachen Bären durchschnittlich um die 71 bis 90 Schläge pro Minute beträgt, sinkt er im Winterschlaf auf durchschnittlich 26 Schläge pro Minute, kann aber auf acht bis zwölf Schläge/Minute abfallen. Weibliche Bären werden mit vier Jahren geschlechtsreif und paaren sich im späten Frühjahr bis zum Frühsommer, zeigen aber eine verzögerte Einnistung (Implantation) des Embryos, die normalerweise zu Beginn des Winterschlafs erfolgt. Die Geburt von durchschnittlich ein bis vier Jungtieren tritt in der Regel 56 Tage später ein, während die Weibchen in ihrer Höhle Winterschlaf halten. Beim Verlassen der Höhle passen die Bären ihre Aktivitätsmuster nicht nur an die Nahrungsressourcen an, sondern auch vorübergehend an anthropogene Störungen, um Begegnungen mit Menschen zu vermeiden.



Winterschlaf, Fette und Fettsäuren

Während des Winters verbringen Bären die meiste Zeit im Winterschlaf, eine saisonale Anpassung, die es ihnen ermöglicht, harte Umweltbedingungen, einschließlich vorübergehender Nahrungsknappheit, zu überleben. Während der aktiven Sommer- und Herbstzeit füttern sich Bären große Mengen an Fettreserven an und können dabei ihre Körperfettmasse vom Frühjahr bis zum Frühherbst nahezu verdoppeln. Eine solche Situation würde beim Menschen als adipöser Zustand angesehen werden. Dann treten die überwinternden Bären in einen Zustand des gedrosselten Stoffwechsels ein, den so genannten Torpor (Winterruhe). Dies führt zu einer erheblichen Verringerung des Energiebedarfs und ermöglicht den Tieren, den Winter zu überleben. Während des Winterschlafs verharren die Bären durchgehend im Torpor, ohne sich zwischendurch aufzuwärmen, wie es bei kleinen (< 5 kg) Winterschläfern der Fall ist. Sie überwintern bei mäßiger Unterkühlung (30–36 °C), während sie ihren Stoffwechsel um 75 % drosseln. Bemerkenswert ist, dass

Im Winter verbringen Bären die meiste Zeit im Winterschlaf – eine saisonale Anpassung, die sie harte Umweltbedingungen, etwa Nahrungsknappheit, überleben lässt.

Bären, wie die meisten überwinternden Säugetiere, während mehrerer Monate im Winter nicht fressen und ihren Energiebedarf in erster Linie durch die Oxidation von Fetten decken („fett-speichernde Winterschläfer“). Hierfür werden vor allem gesättigte Fettsäuren, die aus den weißen Fettreserven mobilisiert werden, oxidiert. Als fett-speichernde Winterschläfer zeigen Bären ausgeprägte jahreszeitliche Veränderungen des Fettstoffwechsels mit einem drastischen Anstieg aller Blutfettwerte (einschließlich des Cholesterinspiegels) während des Winterschlafs, im Vergleich zur aktiven Zeit im Sommer. Trotz dieser saisonal erhöhten Blutfette (*Hyperlipidämie*) und der erhöhten Cholesterinwerte (*Hypercholesterinämie*) während des Winterschlafs, entwickeln Bären, wie auch andere Winterschläfer, keine Pathologien wie z. B. Atherosklerose, die mit der Oxidation von radikalen Fetten (*Lipidperoxidation*) zu Zell- und Oxidationsschäden führen. Es ist bekannt, dass die Fette in der Nahrung den Ablauf des Winterschlafs bei heterothermen Tieren (Winterschläfern), und so auch bei den Bären, beeinflusst. Braunbären wählen speziell vor dem Winter eine Ernährung, die v. a. reich an mehrfach ungesättigten Fettsäuren oder Omega-



Fettsäuren ist. Wenn sie mit pflanzlichen Ölen gefüttert werden, die reich an Omega-Fettsäuren sind, neigen heterotherme Tiere eher dazu, den Winterschlaf zu verlängern und die Körpertemperatur noch tiefer abzusenken, wodurch sie mehr Energie sparen. Ungesättigte Fettsäuren in der Bärennahrung sind v. a. enthalten in: Gräsern, Samen, Nüssen, Früchten, Beeren und Fischen. Während des Winterschlafs konservieren Bären sowohl einfach als auch mehrfach ungesättigte Fettsäuren im weißen Fett- und Muskelgewebe. Es ist auch bekannt, dass Braunbären im Herbst hauptsächlich Beeren (als Kohlenhydratquelle) und pflanzliches Futter zu sich nehmen. Das deutet darauf hin, dass Bären während des Winterschlafs, unabhängig von der Nahrung, hauptsächlich auf den selektiven Fettumbau angewiesen sind, um ungesättigte Fettsäuren zu erhalten. Darüber hinaus mobilisieren Bären während des Winterschlafs gezielt gesättigte Fette und kurzkettige Fettsäuren aus Triglyceriden. Diese können bei geringeren Energiekosten leichter oxidiert werden. Die Veränderungen des Gehalts an bestimmten Fetten während des Winterschlafs wirken stabilisierend auf das Herz-Kreislauf-System (mehr Omega-6-Fettsäuren) und dienen der Erhaltung der Muskelmasse (mehr Omega-3-Fettsäuren) während der mehrmonatigen Inaktivität im Winter.





Eiweißeinsparung und Aufrechterhaltung der Muskelmasse

Während des Winterschlafs sind die Bären ausschließlich auf die körpereigenen Reserven angewiesen, denn sie essen und trinken nichts. Die Aufstockung der Speicher vor dem Winterschlaf erfolgt vor allem durch übermäßiges Fressen von kohlenhydratreichen Beeren im Herbst. Während des Winterschlafs wird der Energiebedarf hauptsächlich durch die Mobilisierung und Oxidation von Fettbrennstoffen gedeckt, wobei die Bären 22–25 % ihrer Körpermasse verlieren, aber nur einen mäßigen Verlust an Muskelproteinen aufweisen. Die Skelettmuskulatur hat zwar eine relativ niedrige Stoffwechselrate, da sie jedoch bis zu 40 % der gesamten Körpermasse eines Tieres ausmachen kann, ist diese eine wichtige Bestimmungsgröße für den Energieaufwand im Ruhezustand. Darüber hinaus spielen die Enzymaktivitäten der Skelettmuskulatur eine wichtige Rolle für den Stoffwechsel und die Substratverbrennung bei Tieren. Veränderungen der Enzymaktivitäten bringen Einblicke in die biochemischen Mechanismen, die an der Unterdrückung des Stoffwechsels während des Winterschlafs beteiligt sind. Bärenmuskeln werden während des Winterschlafs umprogrammiert, wobei Fette als Hauptenergieträger dienen und die

Vor dem Winterschlaf müssen die Bären ausreichende Fettreserven aufbauen, von denen sie während des Winters zehren können. Diese Aufstockung der Speicher erfolgt vor allem durch übermäßiges Fressen von kohlenhydratreicher Nahrung.

Kohlenhydratverwertung reduziert wird, sie werden sogar insulinresistent. Solche Regelungen begünstigen Energieeinsparungen und die Erhaltung von Muskelproteinen bei Bären. Im Winterschlaf besitzt die Muskulatur eine Kerntemperatur, die nahe an jener der aktiven Sommerperiode liegt, obwohl der restliche Körper kühl ist. Diese außergewöhnliche Fähigkeit der überwinternden Bären, wie aller Winterschläfer, ist von großem Interesse und ein besseres Verständnis darüber könnte große Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die mit Fettleibigkeit zusammenhängenden Krankheiten und Fehlfunktionen haben. Darüber hinaus ist die einzigartige Anpassung von Bären zur Aufrechterhaltung ihrer Muskelmasse ein wesentliches Merkmal der saisonalen Anpassungsstrategie und unter anderem wichtig für eine erfolgreiche Fortpflanzung. Weiterhin ist der Erhalt der Muskelmasse notwendig, da es einen zu großen Aufwand für einen so großen Körper bedeuten würde, die Muskelmasse abzubauen, nur um sie später wieder aufzubauen. Aus dem gleichen Grund kann ihre Körpertemperatur



NEUERÖFFNUNG

Öffnungszeiten

Montag bis Dienstag
Termin nach Vereinbarung

Mittwoch bis Freitag
09:00 – 12:00 Uhr & 13:00 – 18:00 Uhr

Samstag
Termin nach Vereinbarung



WAFFEN OPTIK BEKLEIDUNG AUSRÜSTUNG REPARATUREN



während des Winterschlafs nur auf maximal 31°C gesenkt werden, weil die Wiedererwärmung eines so großen und kalten Körpers zu kosten- und zeitintensiv wäre.

Fortpflanzung, verzögerte Keimruhe, Säugezeit

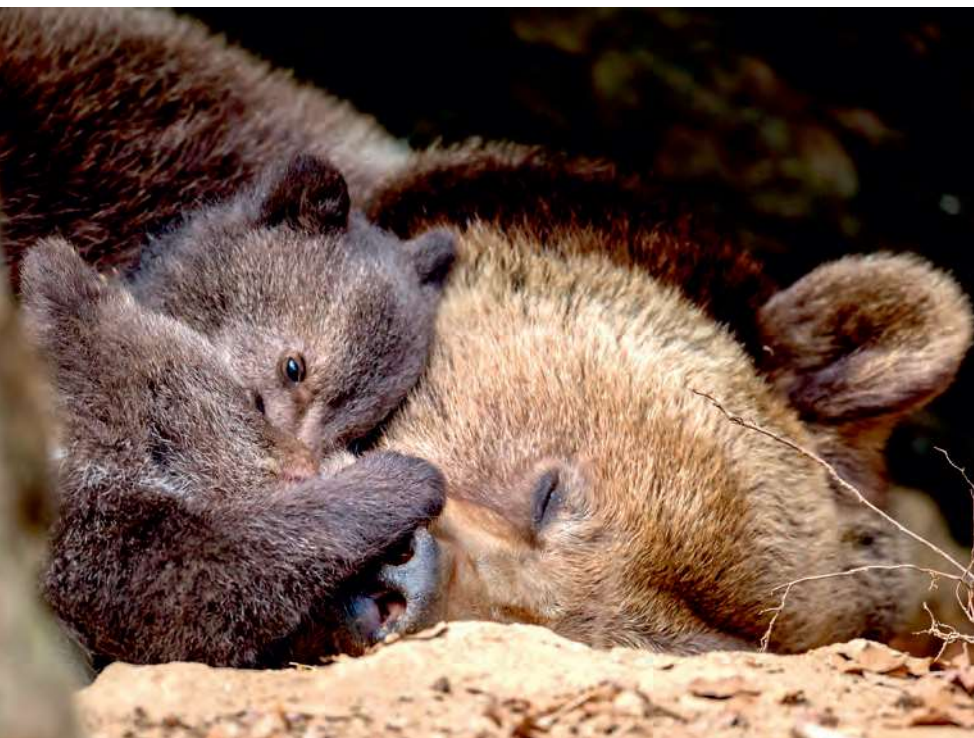
Kurz nachdem die Bären aus ihrer Winterschlafruhe erwacht sind, beginnt die energieintensivste Zeit des Jahres: die Paarungszeit. Die Bären beginnen die Brunft mit einer Unrast und eifrigem Suchen nach einem Partnertier. Die Tiere setzen Duftnoten in Harn, den Analdrüsen und Zwischenzehendrüsen beim Gehen und Kratzen an Bäumen, um Duftspuren für paarungswillige Partner zu hinterlassen. Männchen kämpfen teilweise um paarungsbereite Weibchen und die intensive Suche nach dem richtigen Partner verursacht bei vielen Individuen verminderten Appetit bzw. stellen sie die Nahrungsaufnahme über mehrere Tage komplett ein. Kein Wunder, dass die Tiere in dieser Zeit erneut viel Körperfett verlieren. Bärinnen sind erst mit vier Jahren sexuell ausgereift und haben ihre Brunft, je nach geografischem Breitengrad, zwischen Frühling und Frühsommer, mit einem Höhepunkt Anfang Juni. Für einen Zeitraum von wenigen Tagen bis maximal vier Wochen sind sie paarungsbereit. Die Bärin kann sich dabei mit unterschiedlichen Männchen ver-

paaren und daher innerhalb eines Wurfes auch Jungtiere von unterschiedlichen Vätern gebären. Dies nennt man „multiple paternity“ bzw. vielfache Vaterschaft. Nachdem 1–5 Eizellen befruchtet worden sind, gehen die Braunbär-Embryonen im Vielzellstadium (ca. 200 Zellen), der Blastozyste, in eine verzögerte Keimruhe („delayed implantation“, Diapause). Säugetierembryonen würden sich normalerweise, je nach Tierart, innerhalb weniger Tage nach der Befruchtung in die Schleimhaut der Gebärmutter einnisten und mit dem Wachstum beginnen. Bei Braunbären „schwebt“ der Embryo über mehrere Monate, ohne mit dem Muttertier in direktem Kontakt zu sein, durch die Gebärmutter. Erst im Spätherbst (Ende November, Anfang Dezember) zu Beginn des Winterschlafs, in Abhängigkeit der Photoperiode, der Nahrungsressourcen und insbesondere des Körperfettanteils der Bärin, nistet sich der Braunbärembryo ein und bekommt seine Versorgung durch die Plazenta (die sich ebenfalls erst dann ausbildet). Jetzt kann er sich weiterentwickeln und wachsen. Die energieaufwändige Paarungszeit wurde also in den Frühling verschoben, damit die Winterschläfer genügend Zeit haben, sich über den Sommer und Herbst einen „Winterspeck“ anfrassen und somit gestärkt in den Winterschlaf gehen zu können.

Sollten sich also mehrere Vätertiere an unterschiedlichen Tagen mit der Bärin ver-

paart haben, die Embryonen also unterschiedlich alt sein, würden diese sich am selben Tag einnisten (Implantation) und somit trotzdem später am selben Tag und somit gleichaltrig geboren werden. Die Tragezeit bei Braunbären kann also sehr stark variieren. Die Geburten finden Ende Jänner bis Anfang Februar, mitten im Winterschlaf, im Schutz der Winterhöhle statt. Die Jungtiere verlassen erst Monate später, je nach Wetter und Klima, gegen April ihren sicheren Winterschlafplatz. Bis zum Ende des Winterschlafes haben Männchen und nicht-tragende Weibchen ca. 25 % ihres Körpergewichtes verstoffwechselt, während trächtige und säugende Muttertiere ca. 44 % ihrer Gewichtsreserven verbrannt haben.

Die Jungtiere sind so klein, dass sie die geringste Körpergröße in Relation zum Muttertier, im Vergleich mit allen Säugetieren, haben. Ihr Geburtsgewicht beträgt meist nur 350–600 g und der Wurf besteht aus 1–4 Jungtieren. Die Augen sind geschlossen, nur ein flaumartiger Haarwuchs bedeckt ihren Körper. Innerhalb der nächsten Wochen müssen die Jungtiere enorm an Gewicht zulegen. So haben sie durchschnittlich mit drei Monaten bereits 5–15 kg, mit sechs Monaten 10–25 kg und mit einem Jahr 15–45 kg Körpergewicht. Die starken Unterschiede hängen von der Nahrung des Muttertieres und somit der Zusammensetzung der Muttermilch bzw. den Ressourcen ihrer Umgebung ab. Die Bärenmilch ist extrem fettreich (20–28 % in Flüssigkeit gelöst) proteinreich (12–17 % in Flüssigkeit gelöst) und zuckerarm (0,1 %). Jungtiere sind unter bestimmten Umständen ab sechs Monaten überlebensfähig, sollte ihrer Mutter etwas zugestoßen sein. Sie wandern aber zumeist erst mit 1,5–2,5 Jahren von der Mutter ab. Während die Bärin ihre Jungtiere säugt (1–2 Jahre), ist sie nicht fähig, eine erneute Brunft zu haben (*Laktationsazyklie*). Vorbeziehende Männchen, welche nicht die Väter der Jungtiere sind, würden daher im Frühjahr die Jungtiere töten (*Infantizid*). Durch das abrupte Abstillen wird nach ungefähr zwei Wochen eine erneute Brunft ausgelöst, die in einer Verpaarung und normalerweise einer erneuten Trächtigkeit resultiert. Um Infantizid bei ihren Jungtieren zu vermeiden, verbleibt die Bärin im ersten Lebensjahr einige



Bärinnen können während des Winterschlafs gebären. Die Jungtiere weisen die geringste Körpergröße aller Säugetiere in Relation zum Muttertier auf.

Wochen länger in der Winterschlafhöhle, verhält sich hauptsächlich ausweichend, flüchtend und ortsgebunden bzw. nutzt sie sogar die Nähe von menschengemachten Orten (Siedlungen, gerodeten Wäldern, Autobahnen etc.), um den Männchen auszuweichen.

Stoffwechselwunder Bär

Bären sind wahre Stoffwechselwunder. Es ist ihnen möglich, während des Winterschlafs zu gebären, sie können trotz der Unbeweglichkeit während des Winterschlafs ihre Muskelmasse erhalten und vieles mehr. Voraussetzung dafür ist die Fähigkeit, bestimmte Stoffwechselvorgänge zu verändern. Heute stehen wir erst am Anfang einer Forschung, die das Verständnis über die faszinierende Physiologie der Bären zum Ziel hat. Wenn man diese adaptiven physiologischen Mechanismen in Zukunft besser versteht, könnte dies dazu beitragen, v. a. Stoffwechselerkrankungen des Menschen wie Fettleibigkeit, Atherosklerose hervorbringende Lipidstoffwechselstörungen oder kardiovaskuläre Dysfunktionen eventuell besser vermeiden und therapieren zu können.

Die Autoren bedanken sich bei Erik Pekny für die schönen Zeichnungen sowie bei Anita Metzinger und Alex Painer-Gigler für die Editierung.

BÄRENLEBENSZYKLUS

Saisonale Zyklen, die die verschiedenen Lebensereignisse der (Braun-)Bären (*Ursus arctos*) zeigen. Im Spätherbst findet die Paarung der erwachsenen (< 4 Jahre alten) Bären statt. Nach der Paarung müssen sich Bären über den Sommer und Herbst auf den Winterschlaf vorbereiten, indem sie deutlich, v. a. an Fett, zunehmen. Damit stellen sie sicher, den Winterschlaf sowie einen heruntergefahrenen Stoffwechsel und Inaktivität zu überstehen. Im Winter zeigen die großen Winterschläfer starke Anpassungen und eine besondere Resistenz gegenüber stoffwechselbedingten Beeinträchtigungen, einschließlich Eiweißeinsparung, Muskelerhalt, Fettmobilisierung und Schutzmechanismen gegen kardiovaskuläre Fehlfunktionen. Wichtig ist, dass weibliche Bären eine verzögerte embryonale Einnistung (Keimruhe, Diapause) aufweisen, die dazu führt, dass sie erst verspätet, mitten im Winterschlaf, gebären und säugen. Die Jungtiere wachsen dann während des Winters bis zum nächsten Frühjahr enorm. Diese besonderen saisonalen Anpassungen des Stoffwechsels während des Winters und die spezielle Fortpflanzung sowie Jungtierentwicklung sind einzigartige Merkmale des Lebenszyklus von Bären, die sehr inspirierend für die Entwicklung zukünftiger Behandlungen von menschlichen Krankheiten und Fehlfunktionen sein können – ein vergleichender Ansatz, der als „Biomimicry“ bekannt ist.

