Ivo Evstatiev Ivanchev, Sofia, Bulgarien

Überwinterung von *Testudo hermanni* und *Testudo graeca* in der Natur und unter sehr naturnahen Bedingungen in Bulgarien

Während der letzten paar Jahrzehnte wurden *T. hermanni* und *T. graeca* überall auf der Welt zu den häufigsten als Haustier gehaltenen Schildkröten. Das beruht überwiegend auf illegalen Exporten aus osteuropäischen Ländern in jüngerer Vergangenheit und später auch auf der weit verbreiteten Nachzucht unter menschlicher Obhut. Ein weiterer Grund ist, dass sie „Überlebenskünstler" sind und sich an Bedingungen anpassen können, die manchmal sehr von ihrem natürlichen Habitat abweichen.

Eine signifikante Anzahl von Studien wurde in der Natur wie auch unter menschlicher Obhut durchgeführt. Das meiste ihrer Biologie und Ökologie ist gut erforscht worden. Jedoch bleibt der am wenigsten bekannte Aspekt die Periode der Hibernation. Es ist allseits bekannt, dass die Winterstarre als Hauptteil ihres Lebenszyklus eine bedeutende Rolle bezüglich einer normal verlaufenden Entwicklung, einer erfolgreichen Reproduktion sowie der Gesundheit und einer hohen Lebenserwartung spielt.

In jüngerer Zeit wurden die Methoden zur kontrollierten Überwinterung weiterentwickelt und sie scheinen gute Resultate zu ergeben. Sie basieren auf gesammelten Daten verschiedener Spezies, die in der natürlichen Umgebung überwintern. Das relativ große Verbreitungsgebiet von *T. hermanni* und *T. graeca* lässt vermuten, dass sie während des Winters in verschiedenen Teilen ihres Habitats unterschiedlichen Wetterkonditionen ausgesetzt sind, was vermutlich zu verschiedenen Anpassungstechniken zur Überwinterung führte. Sehr wenig ist darüber bekannt, wie sich biotopspezifische Extreme in den Umweltbedingungen innerhalb des Verbreitungsgebietes widerspiegeln, wie beispielsweise anhaltende Perioden mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, wie sie oftmals während des Winters in einigen mediterranen Zonen auftreten. Jede kleinste Datensammlung innerhalb verschiedener Regionen ihrer Habi-

Abb. 1:
Blick auf das Schildkrötenschutzzentrum

tate ist essenziell und trägt zu besserem Verständnis und Wissen bezüglich der Mechanismen der Natur bei, um diese kaltblütigen Lebewesen besser zu schützen.

Grundsätzlich ist bekannt, dass *Testudo hermanni* und *Testudo graeca* in den meisten Fällen von Mitte Oktober bis Ende März hibernieren (Buskirk et al. 2001, Cheylan et al. 2001). Während warmer Perioden kann man ein „Aufwachen" beobachten (Stubbs 1989a,b). Die kritischsten Faktoren sind Erfrierung und Austrocknung. Habitatauswahl und Ausgraben von Gruben unterhalb der Frostgrenze gelten im Allgemeinen als die Hauptmethoden zur Bewältigung der Kälte. Dehydrierung könnte ein signifikanter Mortalitätsfaktor bei terrestrisch überwinternden Reptilien sein, insbesondere innerhalb der Frostzone, wo das Wasserpotential in gefrorener Erde niedrig ist (Costanzo et al. 2001). Eine Austrocknung kann vermieden werden, indem ein Bau ausgewählt wird, der relativ hohe Feuchtigkeit besitzt, sodass der Verlust von Feuchtigkeit über die Atmung minimiert wird (häufig begleitet von dem in Verbindung mit der Hibernation verringertem Stoffwechsel) und indem möglichst wenig Haut offen liegt, durch die am leichtesten Wasser verloren wird (Ultsch 2006). Die Kombination von Temperaturen unter dem Gefrierpunkt und nassen Bedingungen kann jedoch zur Bildung tödlicher Eiskristalle führen (Bidmon 2001).

Testudo hermanni und *Testudo graeca* gehören zu der großen Gruppe der terrestrischen Arten, die den Winter unterirdisch in Bauten verbringen, die sie ausgraben oder die sie übernehmen. Die optimale Temperatur liegt zwischen 0 und 10 °C (Highfield 1984). Anhaltende Frostperioden verursachen häufig ernsthafte gesundheitliche Schäden oder den Tod wegen einfrierender Körperflüssigkeiten.

Langzeit-Nierenschäden, Anorexie und Verlust der Fruchtbarkeit werden als einige der negativen Konsequenzen angeführt, wenn es diesen aus der gemäßigten Zone stammenden Arten an geeigneten Hibernationsbedingungen mangelt.

Abb. 2a-d
Das Schildkrötenschutzzentrum im Eminska-Gebirge in Bulgarien

Die in Bulgarien vorkommenden Landschildkröten gehören den Unterarten *Testudo hermanni boettgeri* MOJSISOVICS 1889 und *Testudo graeca ibera* PALLAS 1814 an. Es gibt keine speziellen Studien bezüglich der Überwinterung in Bulgarien in ihrem Habitat.

Kurze Beschreibung des Gebietes und der Haltungsbedingungen

Das Forschungsgebiet ist ein natürliches Schildkrötenhabitat für *Testudo hermanni boettgeri* und *Testudo graeca ibera*, gelegen im östlichen Teil des Vorkommensgebietes auf dem Balkan und besteht aus einem Areal von etwa 80 km² auf einer Höhe zwischen 0 und 250 m über dem Meeresspiegel. Die klimatischen Bedingungen sind typisch für die Küstenzone des Schwarzen Meeres mit einem durchschnittlichen jährlichen Niederschlag von 550-600 mm und einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 12 °C. Die Vegetation besteht aus Laubwäldern, hauptsächlich Zerr-Eichen, Ulmen, Eschen, Eichen, Weißbuchen usw. Die Region ist für ökologische Untersuchungen sehr gut geeignet. Es gibt weder Bodenschätze noch Industrie, die Bevölkerungsdichte ist niedrig, und sie ist noch ungestört von der Anlage von Ferienorten (IVANCHEV 2007).

Im Jahr 2002 wurde im nordwestlichen Teil des Habitats im Eminska-Gebirge ein kleines privates, spezialisiertes Forschungs- und Schutzzentrum für beide Arten gegründet, was bis jetzt das einzige dieser Art in Bulgarien ist. Dessen Fläche beträgt etwa 2000 m² und liegt auf 180 m Höhe. Es ist Teil eines Abhangs mit Südlage, gut geschützt vor Wild- und Haustieren, praktisch isoliert von menschlicher Anwesenheit. Dort gibt es genug Vegetation, um die Bedürfnisse der Schildkröten nach natürlicher Nahrung zu befriedigen und so wird kein regelmäßiges Extrafutter gegeben, allerdings ist ein Zugang zu Wasser permanent vorhanden. Die Gegebenheiten des Centers sind so nah wie möglich an den natürlichen angelehnt, was es als einen geeigneten Ort für verschiedenste Beobachtungen unter sehr naturnahen Bedingungen ausweist (Abb. 2).

Die Studie

Die Untersuchung enthält vier Überwinterungsperioden – von Herbst 2002, bis zum Frühling 2006. Insgesamt wurden 46 Exemplare beider Arten beobachtet. Die Körpergewichte wurden zwischen 2003 und 2006 aufgezeichnet. Dabei wurden 34 *Testudo hermanni boettgeri* auf ein Gramm Genauigkeit gewogen, davon 17 adulte (sechs Männchen und elf Weibchen), acht zwei Jahre alte Tiere, fünf Einjährige und vier Schlüpflinge. Einige der Erwachsenen wurden mehr als eine Saison vermessen. Mit der gleichen Genauigkeit wurden zehn adulte und zwei juvenile *Testudo graeca ibera* gewogen. Das Gewicht vor der Hibernation wurde in der zweiten Hälfte des Oktobers aufgezeichnet, gefolgt vom Ende der Fastenzeit, die in der Region Ende September oder Anfang Oktober beginnt und bis zum endgültigen Eingraben unter der Erde – meist in der zweiten Novemberhälfte – dauert.

Fast alle Messungen des „Körpergewichts nach der Hibernation" sind am Tag des Aufwachens genommen worden, in ganz seltenen Fällen am nächsten oder übernächsten Tag, jedoch grundsätzlich vor der ersten

Abb. 3a-b
Die ersten Schritte nach der Winterstarre aus dem Bau heraus, erst dieser Tag gilt als „Ende der Winterstarre"

Nahrungsaufnahme. Das Gewicht wurde ermittelt, nachdem die Tiere vorsichtig mit warmem Wasser abgewaschen worden waren, um die normalerweise überall anhaftende Erde zu entfernen und Blase und Darm zu entleeren. Es ist wichtig, dass dieses Vorgehen nicht mit „Baden" verwechselt wird, da die damit verbundene Aufnahme von Trinkwasser Gewicht hinzufügt.

Mit Tagesgenauigkeit wurde die Dauer der Hibernation für 20 *Testudo hermanni boettgeri* und acht *Testudo graeca ibera* aufgenommen. Allerdings liegen wesentlich mehr Daten bezüglich Ein- und Auswinterungsbewegungen (ohne die Bestimmung der genauen Dauer) für Exemplare beider Arten innerhalb des Centers und der beobachteten frei lebenden Population vor. Als „Erster Tag" wurde der Tag festgehalten, ab dem sich die jeweilige Landschildkröte permanent unter der Erde eingegraben hatte, als „Letzter Tag" der Tag, an dem das Exemplar den Bau tatsächlich verlassen hatte und seine ersten Schritte draußen machte (Abb. 3). Diese Unterscheidung ist notwendig, da die Schildkröten oftmals zu einem Drittel oder halb eingegraben bleiben (Abb. 4), wobei sie einige Tage (bis zu 10 Tage) keinerlei Aktivität zeigen.

Die Temperaturen wurden während der Winter 2003-2006 mit Thermochron iButton Thermologgern gemessen, welche so eingestellt waren, dass sie alle drei Stunden Daten aufzeichneten. Die Außentemperaturen wurden auf der Erdoberfläche gemessen, direkt oberhalb des Überwinterungsquartiers. Die Innentemperaturen wurden in der Überwinterungsgrube aufgenommen, etwa auf der Höhe des Schwanzes der Schildkröte, wobei der Thermologger unterirdisch platziert wurde, nachdem sich das jeweils zu beobachtende Exemplar endgültig eingegraben hatte.

Während der Winterperiode 2003-2004 wurden die Temperaturen des Überwinterungsquartiers einer weiblichen *Testudo hermanni boettgeri* „W1" vom 26.12.2003, 8:30 Uhr bis zum 12.04.2004, 15:45 Uhr aufgezeichnet. Während des Winters 2004-2005 wurden eine Überwinterungskammer einer weiblichen *T. h. boettgeri* „W2" vom 14.12.2004, 9:00 Uhr bis zum 18.04.2005, 12:00 Uhr und die einer männlichen *T. h. boettgeri* „M" vom 12.12.2004, 18:00 Uhr bis zum 10.04.2005, 9:00 Uhr überwacht. Die Temperaturdaten während des Winters 2005-2006 stammen aus einem Bau einer zwei Jahre alten juvenilen *T. h. boettgeri* „J" aus

Abb. 4
Normalerweise verharren die Schildkröten einige Tage, bevor sie den Bau ganz verlassen, diese Phase wurde noch zur Winterstarre gerechnet

Individuum	CPL	Max. Breite	Max. Höhe	Gewicht	Hibernation		Dauer	Gewichtsverlust	
	in mm	in mm	in mm	in g	Beginn	Ende	in Tagen	in g	in %
W1	189	135	89	1290	13.11.2003	12.04.2004	150	50	3,97
W2	186	140	95	1420	19.11.2004	18.04.2005	150	120	8,45
M	162	130	86	880	21.11.2004	10.04.2005	140	60	6,80
J	77	64	38	97	10.11.2005	10.04.2006	139	7	7,20

Tabelle 1
Daten der Individuen, Überwinterungsdauer und Gewichtsverlust

dem Zeitraum zwischen dem 30.11.2005, 18:00 Uhr und dem 10.04.2006, 10:00 Uhr (Tabelle 1). Unglücklicherweise wurden wegen Fehlfunktionen des Thermologgers keine Temperaturen in Überwinterungsquartieren von *T. g. ibera* aufgezeichnet. Da keine Unterschiede zwischen beiden Arten bezüglich der Überwinterungsplätze und -techniken beobachtet wurden, sind die Resultate jedoch höchstwahrscheinlich vergleichbar.

Die Periode vor der Überwinterung und die Überwinterungsplätze

Üblicherweise beginnen die Schildkröten Ende September bis Anfang Oktober allmählich weniger zu fressen, weniger zu sonnen und erscheinen träge. Die Tiere bleiben vor und in der Nähe ihrer Bauten (die später für die Überwinterung genutzt werden) und sonnen sich und fressen nur noch während der wärmsten Stunden des Tages. An warmen, sonnigen Tagen kommt es im Oktober gelegentlich zu Balzverhalten. Wenn das Wetter ungünstig ist, kann es auch sein, dass es ganztägig keine Aktivitäten gibt. Während dieser Periode sinkt die Nahrungsaufnahme, bis sie gänzlich endet. Gelegentlich kann man Schildkröten bobachten, die ein paar Tage vor oder selbst am Tag, an dem sie sich eingraben, ein klein wenig an Kräutern herumknabbern. Das tatsächliche Eingraben findet meistens zu Zeiten maximaler Tagestemperatur statt, wenn günstiges Wetter zumindest für ein paar aufeinanderfolgende Tage geboten wird. Dies wird dazu beitragen, genug Körperenergie zu sammeln, die für das Ausgraben des Baus notwendig ist.

Manchmal kommen einzelne Schildkröten nach ein paar Tagen unter der Erde wieder heraus und machen sich ungestüm zu einem ganz anderen Ort auf, wo sie sich erneut eingraben. Es wirkt dabei immer, als wenn „sie genau wüssten, was sie tun". Andere hingegen, die sich unabhängig davon, ob das Wetter günstig bleibt, lange vor allen anderen Mitbewohnern der Kolonie eingegraben haben, kommen kein einziges Mal mehr heraus und bleiben durchgängig unter der Erde. Im Allgemeinen dauert es bis zu 30 Tage, nachdem die erste Schildkröte einer Saison eingegraben ist, bis auch die letzte in der Winterstarre ist.

Es ist erwähnenswert, dass die Nachttemperaturen manchmal während des Oktobers und Novembers für ein paar Tage unter Null fallen und die Tageshöchsttemperaturen 5-6 °C nicht übersteigen. Solche kurzen Perioden, denen wieder gutes Wetter folgt, scheinen die Schildkröten nicht zu stören, selbst während der Minustemperaturen bleiben sie über der Erde.

Ein solches Vorkommnis wurde am 27. Oktober 2003 beobachtet, als es während der Nacht schneite und die Temperatur auf -1 °C fiel. Am 19. November 2005, als ein 24 Stunden andauernder Schneefall eine 10 cm dicke Schneedecke erzeugte und an den beiden folgenden Tagen, am 20. und 21. November, als die Nachttemperaturen auf -2 °C fielen, blieben einige Exemplare bedeckt mit Schnee an der Oberfläche – das war eine meiner stressigsten Beobachtungen während meiner Schildkrötenerfahrungen, aber ich schien der einzige zu sein, der beunruhigt war.

Während solcher Phasen scheinen die Schildkröten komatös zu sein, in der Art, wie sie es auch während der „echten" Hibernationsperiode sind. Die meisten der beobachteten Schildkröten verbringen solche Perioden in flachen selbst geschaffenen Mulden, das heißt, sie graben gerade so tief, dass die Oberkante der Carapaxöffnung in etwa mit der Bodenoberfläche abschließt (Abb. 5), wie schon von Kazmaier et al. (2001) für eine der nordamerikanischen Arten, die Texas-Gopherschildkröte, *Gopherus berlandieri* beschrieben. Ähnliche Unterschlüpfe werden häufig während der gesamten Aktivitätszeit gebildet und benutzt. Wenn die Temperaturen wieder ansteigen, zeigen die Schildkröten wieder für die

Jahreszeit normales Verhalten, was ein Beweis ihres bemerkenswerten Sinnes für noch bevorstehende Wetterwechsel ist.

Die Überwinterungsquartiere innerhalb der beobachteten wilden Population werden meist an Süd- oder Südosthängen vorbereitet. Bevorzugte Plätze scheinen am Fuß bewaldeter Hänge zu liegen, wo schwarze und braune Erden mit langfristig verrottenden Blättern und anderen organischen Überresten vermischt sind (Abb. 6), was eine höhere Temperatur bietet. Es muss aber auch klargestellt werden, dass eine gewisse Anzahl von Schildkröten bei einer erfolgreichen Überwinterung völlig andere Plätze auswählte, kahle Abhänge, Abhänge mit einer abweichenden Ausrichtung, Bauten in sandigeren oder lehmigeren Böden usw. In lehmigen Böden können die Bauten eventuell sauerstoffarm werden, jedoch sind Schildkröten dafür bekannt, dass sie gegenüber Sauerstoffmangel (Hypoxie) sehr tolerant sind (Ultsch & Anderson 1988).

Die Größe der Bauten adulter Schildkröten kann von 20-27 cm in der Länge variieren, von 12-17 cm in der Breite und 13-16 cm in der Tiefe und ist eng mit der Größe der Exemplare korreliert. Die Überwinterungskammer ist wenige Zentimeter breiter als die tatsächliche Größe des Individuums, gerade groß genug, um es ihm zu ermöglichen sich herumzudrehen. Die Höhe der Erdschicht oberhalb des Carapaxes beträgt meist nicht mehr als 10 cm. Im Vergleich mit der Steppenschildkröte, *Agrionemys horsfieldii* (sechs Tiere leben in einem separaten Gehege auf dem Gebiet des Centers), die im September damit beginnen, 30-50 cm tiefe Tunnel zu graben, scheinen *Testudo hermanni boettgeri* und *Testudo graeca ibera* während der gesamten Überwinterungsperiode auf der anfänglichen Tiefe in dem höhlenartigen Bau zu bleiben (Abb. 7).

Um die bevorzugten Überwinterungsplätze zu ermitteln, wurden einige Experimente im Center durchgeführt. In 2005 wurde ein Areal von ungefähr 4-5 m² präpariert, indem dort Überreste verschiedener Pflanzen und Kräuter, trockene Herbstblätter und geschnittenes Gras aufgefüllt wurden. Nachdem dies allmählich zu verrotten begann, wurde alles unter die Erde gemischt und verteilt. Das Ergebnis war, dass viele Schildkröten von beiden Arten dort ihre Überwinterungsquartiere präparierten. Später, im darauffolgenden Sommer, wurde es ein beliebtes Übernachtungsdomizil und bot Schutz vor der Mittagshitze (Abb. 8).

Ein weiteres Experiment wurde mit einer Anzahl künstlicher Bauten durchgeführt, die gegraben wurden, um verlassene Bauten von Schildkröten oder anderen Tieren zu imitieren, wie man sie oft im natürlichen Habitat vorfindet. Obwohl sie häufig zur Übernachtung genutzt wurden, diente keiner davon später als Überwinterungsquartier. Meiner Meinung nach werden Bauten, die vor der Überwinterung genutzt werden, nur selten auch für den Winter verwendet. Die Schildkröten scheinen „frische", neu gegrabene Bauten für die Hibernation zu bevorzugen.

Auf dem gesamten Gelände des Centers haben Schildkröten erfolgreich überwintert. Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, dass das gesamte Areal in günstiger Südausrichtung liegt. Allerdings wurde der kleine Weingarten im östlichen Teil des Centers häufiger für die Überwinterung genutzt. Einige Schildkröten gruben ihre Bauten zwischen den Wurzeln der Weinreben.

Überwinterungsdauer

Die durchschnittliche Dauer der Überwinterung von *Testudo hermanni boettgeri* ist 147 Tage, die längste Periode betrug 157 Tage (7.11.2004-13.4.2005), die kürzeste 139 (22.11.2004-10.4.2005). Es ist interessant, dass beide Extreme im selben Winter auftraten. Der früheste beobachtete Hibernationsbeginn war der 31. Oktober (2003), der späteste der 13. Dezember (2005). Frühestes und spätestes Überwinterungsende waren der 3. April (2004) und der 29. April (2003).

Die Daten von *Testudo graeca ibera* zeigen eine durchschnittliche Dauer von 139 Tagen. Die längste aufgezeichnete Periode umfasste 167 Tage (27.10.2004-12.4.2005) und die kürzeste 109 Tage (30.11.2004-19.3.2005) – auch hier beides innerhalb eines Winters aufgezeichnet. Die früheste Hibernation begann am 27. Oktober (2004), die späteste am 13. Dezember (2005). Das früheste Hibernationsende war am 19. März (2005) und das späteste am 20. April (2005).

Die meisten Schildkröten beider Arten gehen während der zweiten Hälfte des Novembers in die Winterstarre und beenden sie während der ersten zwanzig Tage des Aprils. Alle Schildkröten kommen während einer etwa dreißigtägigen Periode heraus. Vergleichbare und je nach geographischen Vorkommen abgewandelte Überwinterungszyklen werden für beide Arten von Buskirk et al. (2001) und Cheylan et al. (2001) beschrieben. Ähnliche Abstände – zwei Monate

Abb. 5a-e
Flache Mulden dienen als Verstecke (a-c) für kurzfristige Kaltperioden, manche werden später zur Winterstarre genutzt (d-e)

ist der Abstand zwischen der ersten und der letzten Schildkröte – werden für die Kalifornische Wüstenschildkröte, *Gopherus agassizii*, für einen Teil ihres Verbreitungsgebietes beschrieben, in dem diese vergleichbar überwintert – nämlich zwischen spätem November und Mitte März für etwa 151 Tage (Nagy & Medica 1986).

Häufig werden Exemplare unbekannter Herkunft in das Center gebracht, vermutlich aus Gebieten mit relativ unterschiedlichen spezifischen Klimabedingungen. Es traten bislang keine Unterschiede im Überwinterungsverhalten auf – wie ein früherer oder späterer Hibernationsbeginn, ein früheres oder späteres Ende derselben oder Unterschiede bezüglich der Ausbildung der Bauten etc.

Gewichtsverlust

Der minimale relative Gewichtverlust für *Testudo hermanni boettgeri* wurde mit 1 % während einer 145-tägigen Hibernation bei einem zwei Jahre alten Jungtier gemessen. Das Maximum von 19 % trat bei einem einjährigen Jungtier während einer 153 Tage andauernden Überwinterung auf. Der Gewichtsverlust unter erwachsenen Schildkröten schwankt zwischen 1,0-16,0 %. Die durchschnittlichen Ergebnisse für *Testudo hermanni boettgeri* sind bei Weibchen 4,7 % (15 Messungen), Männchen 6,2 % (9), ein Jahr alte Tiere 12,7 % (5), zwei Jahre alte 6,2 % (8) und Schlüpflinge 9,1 % (4).

Die Gewichtsverluste liegen bei *Testudo graeca ibera* im Bereich von 1,0-10,6 %, mit Durchschnittswerten bei Weibchen von 5,5 % (7), bei Männchen von 4,6 % (7) und bei Zweijährigen von 11,0 % (2).

Erwähnenswert ist darüber hinaus, dass während unterschiedlicher Überwinterungsperioden der Gewichtsverlust desselben Exemplars bei beiden Arten bis zu 8 % differieren kann.

Die Daten lassen vermuten, dass der relative Gewichtsverlust von Schlüpflingen und juvenilen Schildkröten größer ist als bei adulten, vielleicht weil die Dehydrierung durch ihre größere Oberfläche in Relation zum Körpergewicht erleichtert wird. Höchstwahrscheinlich korreliert der Gewichtsverlust eher mit dem Körpergewicht als mit dem Alter oder Geschlecht. Jedoch sind weitere Forschungsarbeiten in dieser Richtung notwendig.

Es mag für einige Schildkrötenpfleger von Interesse sein, dass während meiner Erfahrung mit der Überwinterung der Schildkröten im Kühlschrank unter Bedingungen, die als optimal angenommen werden

Abb. 6a-g
Typische Überwinterungsplätze im natürlichen Habitat im Spätherbst

c

d

e

f

g

(Temperaturbereich von 3-6 °C und relative Luftfeuchte 60-80 % für eine 60 Tage dauernde Periode) ein- und zweijährige *Testudo hermanni boettgeri* und *Testudo graeca ibera* (Abb. 9a-b) etwa 7-9 % ihres Gewichtes verloren. Unter denselben Bedingungen während desselben Zeitraums verloren fünf- bis siebenjährige *Agrionemys horsfieldii* (Abb. 9c-d) 3-4 %.

Abb. 7a-e
Typische Überwinterungsplätze im Zentrum

Temperaturen

Die Winter sind in Bulgarien in einigen Regionen mit ergiebigen Niederschlägen in Verbindung mit Schnee und niedrigen Temperaturen verbunden. Offensichtlich sind die Schildkröten in der Lage, extreme Bedingungen während der Hibernation zu bewältigen. Ein Temperaturbereich von 2-6 °C wird als optimal angesehen, wohin-

c

d

e

gegen Temperaturen oberhalb von 8-10 °C oft verschiedene komplexe chemische und biologische Prozesse auslösen und die Freisetzung von in der Leber gespeichertem Glykogen in den Blutkreislauf initiieren, was dann zum Erwachen führt. (Highfield 1984). Jedoch ist wenig über die physiologischen und ökologischen Anpassungen von *Testudo hermanni boettgeri* und *Testudo graeca ibera* für ein Überleben des Winters in der Natur bekannt – wie die Vermeidung von Erfrierungen durch Unterkühlung und Frosttoleranz.

Es gibt einige Beschreibungen der Frosttoleranz bei nordamerikanischen Dosenschildkröten *Terrapene carolina*, welche sich von Erfrierungen unter Laborbedingungen mit Körpertemperaturen von bis zu -3,6 °C für die Dauer von 3-4 Tagen erholten, während derer 44-58 % der Körperflüssigkeiten gefroren waren. Schmuck-Dosenschildkröten, *Terrapene ornata*, erfahren im natürlichen Überwinterungsquartier bis zu 54 Tage lang Temperaturen von bis zu -8 °C (Bernstein & Black 2005, Ultsch 2006). Schlüpflinge einiger terrestrisch überwinternden nordamerikanischen Arten sind dafür bekannt, dass sie sich von Unterkühlungen erholen, *Chrysemys picta bellii* von -10 °C bis -15 °C, andere wie *Kinosternon flavescens* und *Trachemys scripta* unterkühlten auf bis zu -6 °C oder noch darunter (Costanzo et al. 2001).

Laut meiner Messungen (Tabelle 2) liegen die Temperaturen im Überwinterungsquartier von *Testudo hermanni boettgeri* zwischen -5 und +15 °C. Während der gesamten Überwinterungsperiode in 2004-2005 gab es bei Weibchen „W2“ insgesamt 18 Tage mit Frosttemperaturen. 14 Tage und 6 Stunden lang – zwischen dem 31.01.05, 3:00 Uhr und dem 14.02.05, 9:00 Uhr – blieben die Innentemperaturen konstant unter Null, wobei sie zwischen -4,0 °C und -0,5 °C, bei einem Durchschnitt von -3 °C lagen. Im März wurden vier weitere kürzere Perioden mit konstanten Minustemperaturen beobachtet. Diese dauerten jeweils 4 Tage, 15 Stunden, 6 Stunden und 3 Stunden. Am 12. März 2005 wurde um 12:00 Uhr die niedrigste Temperatur in der Überwinterungsgrube mit -5 °C und die niedrigste Außentemperatur mit -26,5 °C gemessen, beides die niedrigsten Werte innerhalb der dreijährigen Zeitspanne, in der ich Temperaturen aufzeichnete.

Abb. 8
Der künstliche angelegte mit pflanzlichen Überresten aufgefüllte Überwinterungsplatz wird stark frequentiert

Abb. 9a-d
Junge *Testudo hermanni boettgeri* (a-b) und *Agrionemys horsfieldii* (c-d) im Center

Trotz dieser Perioden kam „W2“ in guter Verfassung aus der Winterstarre und zeigte keine Unterschiede zum sonstigen normalen Verhalten. Während der folgenden Saison legte „W2“ zwei Gelege (Abb. 10a), beide mit vier Eiern, aus denen sechs Schildkröten schlüpften (Abb. 10b), wohingegen es in anderen Jahren nur ein Gelege mit drei bis vier Eiern entwickelte.

Im Vergleich mit „W2“ sanken die Temperaturen während desselben Winters in der Überwinterungsgrube des Männchens „M“ nicht unter Null. Es ist bemerkenswert, dass sich die Bauten dieser beiden Exemplare nur in sechs Meter Entfernung voneinander befanden, in dem Anschein nach gleicher Art von Erde und sie sich auch nicht bedeutend in Tiefe oder Form unterschieden. Offensichtlich gibt es weitere Faktoren, welche die signifikant größeren Temperaturunterschiede im Überwinterungsquartier von Weibchen „W2“ verglichen mit dem des Männchens „M“ verursachen.

Minustemperaturen im Überwinterungsquartier wurden auch im Winter 2005-2006 aufgezeichnet, mit 30 Tagen insgesamt. Die längsten Perioden konstanter Frosttemperaturen traten im Januar auf mit jeweils 7 und 8 Tagen. Die niedrigste Temperatur betrug -4 °C, bei einer Umgebungstemperatur von -23 °C (Tabelle 2).

Im auf diesen Winter folgenden zeitigen Frühjahr wurden im Center fünf erwachsene *Testudo hermanni boettgeri* tot in ihren Bauten aufgefunden. Jener Winter war ungewöhnlich. Im Januar fielen die Temperaturen nach einem heftigen Regenfall schnell auf -20 °C, was auch einen zerstörerischen Effekt auf einige Bäume in der gesamten Region hatte. Fast alle Feigenbäume in Küstennähe erfroren vollständig, wie auch einige andere Bäume wärmeliebender Arten.

Nach vorsichtiger Untersuchung wurde klar, dass der Wasserspiegel wegen des heftigen Regens, der dem Temperatursturz vorausging, bis in die Schildkrötenbauten gestiegen war. Höchstwahrscheinlich war es dieser verheerende Anstieg des Feuchtigkeitslevels in Verbindung mit den Minustemperaturen, der die Schildkröten an diesen speziellen Überwinterungsplätzen tötete. Die toten Schildkröten waren bezüglich des Verfalls in schlechtem Zustand, was darauf schließen lässt, dass der Tod in der Wintermitte eintrat (Abb. 11). Nachdem die anderen Schildkröten die Winterquartiere verlassen hatten, fielen im Frühling einige Exemplare mit Sehstörungen, Atemwegsproblemen und Nahrungsverweigerung auf. Während eines Monats mit günstigem Wetter, währenddessen alle zwei Tage Bäder in warmem Wasser durchgeführt wurden, haben sich alle Schildkröten vollständig erholt – bis auf eine zweijährige *Testudo hermanni boettgeri*, die nicht überlebte. Das zweijährige Exemplar „J“, das in dem Bau mit Temperaturaufzeichnungen überwinterte, kam jedoch in perfektem Zustand heraus. Sein Überwinterungsquartier war an den Wurzeln eines Mandelbaums ausgehoben worden, was wahrscheinlich eine bessere Drainage für das Oberflächen- wie auch das Grundwasser bot. Außer den oben erwähnten Exemplaren wurden niemals Schildkröten mit gesundheitlichen Problemen nach der Hibernation beobachtet.

Die Temperaturdaten der Winter 2004-2005 und 2005-2006 bestätigen den Schluss von Bidmon (2001), dass Frosttemperaturen alleine nicht so verheerend wirken, wie wenn sie in Kombination mit einem hohen Feuchtigkeitslevel der Erde auftreten.

Die Winterperiode 2003-2004 kann als ohne extreme Temperaturen in der Überwinterungsgrube von „W1“

Winter	Ort	Dezember			Januar			Februar			März			April			Dezember-April		
		Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø
2003-2004	außen	0,5	11,0	2,8	-4,0	12,5	2,2	-21,0	24,5	3,3	-9,5	32,5	8,6	-6,0	30,0	12,9	-21,0	32,5	5,5
	bei W1	2,5	6,5	4,4	2,5	7,5	4,3	1,0	11,0	4,5	3,0	13,5	7,9	6,5	19,0	10,8	1,0	19,0	6,1
2004-2005	außen	-19,0	16,0	0,0	-17,0	-18,0	-0,4	-18,5	21,5	-3,9	-26,5	38,5	2,8	-10,5	40,0	8,2	-26,5	40,0	0,4
	bei W2	1,0	9,5	5,3	-1,5	11,0	4,8	-4.0	9,5	1,3	-5,0	14,0	5,4	3,5	15,5	9,6	-5,0	15,5	4,9
	bei M	4,0	10,5	6,8	2,0	10,0	6,4	1.0	9,5	4,0	1,0	13,5	6,9	5,0	14,5	9,1	1,0	14,5	6,3
2005-2006	außen	-19,5	23,0	0,8	-23,0	20,0	-6,1	-17.5	30,5	1,5	-8,0	26,5	4,9	4,5	27,0	11,6	-23,0	30,5	1,1
	bei J	-3,0	13,5	5,6	-4,0	10,5	-0,1	-3.5	12,5	3,1	-0,5	15,0	6,3	9,0	14,5	12,0	-4,0	15,0	4,3

Tabelle 2
Temperaturdaten (°C) aus den Überwinterungsquartieren (innen unterirdisch und außen auf Bodenhöhe), man beachte, dass die Daten von „W2“ und „M“ aus demselben Winter stammen

beschrieben werden. Es war nicht kälter als 1 °C im Überwinterungsquartier bei einem Minimum der Außentemperatur von -21 °C (Tabelle 2).
Die Temperaturmessungen zeigen, dass die Überwinterungsperiode aus 44-70 Tagen mit einem Temperaturbereich von 2-7,5 °C besteht. Ungefähr von der gleichen Dauer sind die Perioden mit 8-15 °C. Deutlich kürzer, 6-16 Tage, liegen die Temperaturen zwischen 0-1,5 °C. Frosttemperaturen, die -5 °C nicht unterschreiten, dauern bis zu 30 Tagen insgesamt und können in den meisten Fällen ohne weitere Probleme ertragen werden. Ob bei überwinternden *Testudo hermanni boettgeri* und *Testudo graeca ibera* das so genannte Supercooling und/oder andere Formen von Gefriertoleranz auftreten, muss noch erforscht werden. Aber auf alle Fälle muss davon ausgegangen werden, dass solche Überlebensmechanismen in sehr kalten Wintern, insbesondere beim Fehlen einer isolierenden Schneedecke und während des Herbstes und Frühjahrs eine Rolle spielen, wenn die Schildkröten

Abb. 10a-b
Eiablage (a) und Schlupf der Nachzuchten (b) von Weibchen W2

unter plötzlichen extremen Kälteeinbrüchen leiden.

Zeitweilig wurden Aktivitäten während wärmerer Wintermonate beobachtet, welche man als das Entblößen einiger Teile des Panzers, des Kopfes und der Beine außerhalb des Baues beschreiben könnte. Manchmal dauert das nur wenige Stunden, manchmal aber auch einige Tage. Wenn die Temperaturen wieder fallen, verbleiben die Schildkröten wieder innerhalb des Baus. Dieses Verhalten tritt am häufigsten im März auf, einmal jedoch kam ein Männchen einer *Testudo hermanni boettgeri* für einige Stunden an drei aufeinanderfolgen Tagen in der ersten Januarhälfte sowohl in der oben beschriebenen Weise als auch vollständig heraus.

Ein ähnliches Verhalten während des Winters wird auch für die nordamerikanische Gopherschildkröte *Gopherus polyphemus* beschrieben, wenn die Temperaturen 21 °C überschreiten und vor allem, wenn dies zwei oder mehrere Tage andauert (Douglas & Layne 1978).

Aufwachen

Meiner Meinung nach ist der Zeitraum nahe des Hibernationsendes der gefährlichste für das Leben und die Gesundheit der Schildkröten. Kurze Phasen mit hohen Umgebungstemperaturen, denen ein bedeutender Temperatursturz folgt, sind in der Region, insbesondere im März, nicht außergewöhnlich. Während solcher Perioden werden manche Schildkröten fehlgeleitet, ihre Bauten zu verlassen und werden leicht zu Opfern, entweder von Prädatoren oder tödlichen Erfrierungen. Aufgrund ihrer beeinträchtigten physiologischen Kondition nach der Überwinterung kann es ihnen unmöglich sein, den Weg zum Überwinterungsquartier zurückzufinden – selbst wenn es nur einen Meter entfernt ist –, einen neuen Bau anzulegen oder es zu einem anderen Überwinterungsplatz zu schaffen.

Während des zeitigen Frühjahrs im Jahr 2003 (Mitte März) erfolgte ein bedeutender Anstieg der Temperaturen, der eine Woche anhielt, worauf dann jedoch ein starker Kälteeinbruch mit Schneefall folgte, welcher eine Schneedecke von 10-15 cm bildete. Vom 28. März an wurden während einer Woche sieben tote erwachsene *Testudo hermanni boettgeri* im Feld gefunden. Die meisten von ihnen befanden sich in weniger als einem Meter Entfernung von ihren Bauten. Drei davon erschienen unberührt, jedoch fehlten vier Schildkröten Teile der Beine und Köpfe, was zu dem Schluss führt, dass Raubtiere involviert waren. Einige Autoren (bspw. Metcalf & Metcalf 1979) vermuten, dass sich einige Fleischfresser daran gewöhnt haben könnten, im Winter tote Schildkröten zu fressen. Dachs (*Meles meles*), Schakal (*Canis aureus*) und Fuchs (*Vulpes vulpes*) sind die häufigsten Prädatoren in der Region und neben dem Wildschwein (*Sus scrofa*) könnten sie oft an Todesfällen der Schildkröten beteiligt sein.

Zu Beginn des Aprils, wenn die Temperatur im Überwinterungsquartier bei etwa 10 °C bleibt (Tabelle 3), werden die ersten Bewegungen registriert. Die Schildkröten bleiben halb eingegraben und sonnen sich während der wärmsten Phase des Tages im Eingang des Baus (Abb. 12). Nachts verstecken sie sich wieder. Meistens kommen sie nach einer Woche dauerhaft heraus und fangen an zu fressen. Die erste Aktivität der Männchen steht – sofern ein Weibchen in Ihrem Blickfeld anwesend ist – oft eher im Zusammenhang mit Balzverhalten als mit Nahrungsaufnahme.

Individuum	Min. Temp in °C	Max. Temp in °C	Durchschnitt in °C
W1	7	14,5	11,0
W2	8	15,5	11,6
M	5	14,5	9,0
J	9	14,5	12,0

Tabelle 3
Resultate aus den Temperaturmessungen der letzten zehn Tage der Überwinterungsperioden

Zusammenfassung

Die Beobachtungen zeigen, dass beide Landschildkrötenarten im Forschungsgebiet in 15-20 cm tiefen Gruben überwintern. Der Hibernationszeitraum liegt im Durchschnitt bei 147 Tagen für *Testudo hermanni boettgeri* und 139 Tagen für *Testudo graeca ibera*. Währenddessen verlieren *T. h. boettgeri* 1,0-16,0 % und *T. g. ibera* 1,0-10 % ihres Körpergewichts. Die durchschnittlichen Temperaturen liegen in der Überwinterungsgrube bei 4,3-6,1 °C, während die durchschnittlichen Umgebungstemperaturen 0,4-5,5 °C betragen. Es zeigte sich eine bemerkenswerte Toleranz gegenüber Frosttemperaturen innerhalb der Überwinterungsgrube, wobei es darin bis zur Dauer von 13 Tagen konstant unter Null blieb.

Schwache Aktivitäten wurden während warmer Wintertage gezeigt – insbesondere am Ende der Hiberna-

Abb. 11a-b
Während des mittleren Winters verendete Schildkröten im Ausnahmewinter 2005-2006

tionsphase. Die Kombination von Beobachtungen in der Natur und im Gehege, das ein Teil des natürlichen Habitats ist, bietet großartige Möglichkeiten des Studiums der Biologie und Ökologie von *Testudo hermanni boettgeri* und *Testudo graeca ibera* in Bulgarien. Die Resultate können zur Arterhaltung unter menschlicher Obhut beitragen, insbesondere auch zu allen Programmen der Schildkrötenforschung, des Schutzes und der Wiederansiedelung. Weitere Untersuchungen mit mehr technischem Equipment sollten durchgeführt werden, um eine größere Menge an relevanten Daten zu erhalten.

Abb. 12a-b
Langsames Erwachen: Sonnenbad im Eingang des Baus (a) und Rückzug ins Versteck zur Nacht (b)

Eine Menge muss noch für weitere Untersuchungen der Biologie und Ökologie von *T. h. boettgeri* und *T. g. ibera* in Bulgarien getan werden. Die Bedingungen für verschiedene Studien im östlichen Balkangebiet, wo immer noch stabile Populationen beider Arten existieren, sind günstig. Die Hauptgarantien für die Zukunft von *T. h. boettgeri* und *T. g. ibera* in der Region liegen in ihrem höchsten Schutz durch die bulgarische Gesetzgebung, der Existenz eines 42,3 ha großen Schutzgebietes (Abb. 13) und der Perspektive auf den Einschluss eines bedeutend größeren Teils der gesamten Region im Namen der Direktive EU-Natura 2000 zur Einrichtung von Schutzgebieten.

Danksagung

Ich möchte Hans-Jürgen Bidmon und James Buskirk für ihre Unterstützung danken und dafür, dass sie mich glauben machten, dass das, was ich mache, es verdient, getan zu werden.

Literatur

Bernstein, N. P. & R. W. Black (2005): Thermal environment of overwintering ornate box turtles, *Terrapene ornata ornate*, in Iowa. – American Midland Naturalist 153: 370-377.

Bidmon, H.-J. (2001): The regulation of dormancy in tortoises and turtles: What is known and what are the consequences for successful keeping and breeding. – Radiata 10 (4): 3-19.

Buskirk, J. R., C. Keller & A. C. Andreu (2001): *Testudo graeca* Linnaeus, 1758 – Maurische Landschildkröte. – S. 125-178 in: Fritz, U. (Hrsg.): Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Band 3/IIIA Schildkröten (Testudines) I (Bataguridae, Testudinidae, Emydidae). – Wiebelsheim (Aula-Verlag).

Cheylan, M. (2001): *Testudo hermanni* Gmelin, 1789 – Griechische Landschildkröte. – S. 179-289 in: Fritz, U. (Hrsg.): Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Band 3/IIIA Schildkröten (Testudines) I (Bataguridae, Testudinidae, Emydidae). – Wiebelsheim (Aula-Verlag).

Costanzo, J. P., J. D. Litzgus, J. B. Iverson & R. E. Lee (2001): Cold-hardiness and evaporative water loss

in hatchling turtles. – Physiological and Biochemical Zoology 74: 510-519.

Douglas, J. F. & J. N. Layne (1978): Activity and thermoregulation of the gopher tortoise (*Gopherus polyphemus*) in southern Florida. – Herpetologica 34: 359-374.

Highfield, A. C. (1984): Post-hibernation problems in Mediterranean tortoises.– Internet: Tortoise Trust (http://www.tortoisetrust.org/articles), zitiert am 20.12.2006.

Ivanchev, I. E. (2007): Population ecology and biology of *Testudo hermanni* at Eminska Mountain, Bulgaria. – Acta Zoologica Bulgarica 59: im Druck.

Kazmaier, R. T., E. C. Hellgren & D. R. Synatzke (2001): Patterns of behavior in the Texas tortoise, *Gopherus berlandieri*: a multivariate ordination approach. – Canadian Journal of Zoology 79: 1363-1371.

Metcalf, E. L. & A. L. Metcalf (1979): Mortality in hibernating ornate box turtles, *Terrapene ornata*. – Herpetologica 35: 93-96.

Nagy, K. A. & P. A. Medica (1986): Physiological ecology of desert tortoises in southern Nevada. – Herpetologica 42: 73-92.

Stubbs, D. (1989a): *Testudo graeca*. – S. 31-33 in: Swingland R. I & Klemens M. W. (Hrsg.): The Conservation Biology of Tortoises. – IUCN, Gland, Switzerland.

Stubbs D. (1989b): *Testudo hermanni*. – S. 34-36 in: Swingland R. I & Klemens M. W. (Hrsg.): The Conservation Biology of Tortoises. – IUCN, Gland, Switzerland.

Ultsch, G. R. (2006): The ecology of overwintering among turtles: Where turtles overwinter and its consequences. – Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society 81 (3): 339-367.

Ultsch, G. R. & J. F. Anderson (1988): Gas exchange during hypoxia and hypercarbia of terrestrial turtles: A comparison of a fossorial species (*Gopherus polyphemus*) with a sympatric nonfossorial species (*Terrapene carolina*). – Physiological Zoology 61: 142-152.

Autor

Ivo Evstatiev Ivanchev
2, Bisser Str.
1421 Sofia, Bulgaria
Telefon: ++359-2-865-29-25
E-Mail: geain2003@yahoo.com

Übersetzung des englischsprachigen Manuskriptes von Sabine Vinke

Abb. 13
Blick auf die Küstenzone des Naturschutzgebietes „Irakli“