

Body Condition Score bei Griechischen Landschildkröten
(*Testudo hermanni ssp.*)

von Julia Frankenberger

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Body Condition Score bei Griechischen Landschildkröten
(*Testudo hermanni ssp.*)

von Julia Frankenberger
aus Eggenfelden

München 2025

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Innere Medizin der Kleintiere

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Priv.-Doz. Dr. Petra Kölle

**Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Petra Kölle

Korreferent: Prof. Dr. Ivica Medugorac

Tag der Promotion: 8. Februar 2025

Meinen Eltern,
meinen Großeltern,
und meiner Schwester

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	1
II.	PUBLIKATION 1: ÜBERSICHTSARTIKEL.....	4
III.	PUBLIKATION 2: ORIGINAL PUBLIKATION.....	16
IV.	DISKUSSION	39
1.	Methodik	39
1.1.	Auswahl der Tiere	39
1.2.	Bestimmung der Subspezies.....	41
1.3.	Geschlechtsbestimmung.....	44
1.4.	Altersbestimmung	45
1.5.	Messinstrumente.....	47
1.6.	Datenerhebung und Dokumentation.....	48
1.7.	Anwendung der Berechnungen	49
1.8.	Erstellung des BCS.....	50
1.9.	Vergleich mit Literatur.....	53
1.10.	Vergleich mit BCS und MCS beim Säugetier.....	56
2.	Ergebnisse	57
2.1.	Korrelation der Parameter	57
2.2.	Einfluss des Gewichtes.....	57
2.3.	Diskrepanz der Korrelation bei Einzeltieren	61
2.4.	Einfluss der Panzerbeschaffenheit	62
2.5.	Einfluss des Geschlechts	65
2.6.	Einfluss der Subspezies	68
2.7.	Einfluss der Herkunft	69
3.	Limitationen der vorliegenden Studie.....	70
3.1.	Subjektivität	70
3.2.	Anwendbarkeit des BCS bei Jungtieren.....	72
3.3.	Festlegung des Idealwertes.....	75
V.	ZUSAMMENFASSUNG	77
VI.	SUMMARY.....	79

VII.	LITERATURVERZEICHNIS	81
VIII.	ANHANG	104
IX.	DANKSAGUNG	115

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
AG ARK	Arbeitsgemeinschaft Amphibien- und Reptilienkrankheiten
BCI	Body Condition Index
BCS	Body Condition Score
bpt	Bundesverband Praktizierender Tierärzte e. V.
bzw.	beziehungsweise
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
cm	Zentimeter
DEXA	Dual Energy X-Ray Absorptiometry
DGHT	Deutsche Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde
et al.	et alii (und andere)
g	Gramm
IUCN	International Union for Conservation of Nature
kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht
m	Meter
MCS	Muscle Condition Score
PGS	Pyramidal Growth Syndrome
SOPTOM	Station d'Observation et de Protection des Tortues et de leurs Milieux
<i>spp.</i>	Spezies (Arten, Plural)
<i>ssp.</i>	Subspezies (Unterart)
Tab.	Tabelle
<i>T. h. b.</i>	<i>Testudo hermanni boettgeri</i>
<i>T. h. h.</i>	<i>Testudo hermanni hermanni</i>
VCI	Volume Condition Index

I. EINLEITUNG

Fehler in der Fütterung sind eine der Hauptursachen für Morbidität und Mortalität bei Reptilien (KISCHINOVSKY et al., 2017; BOYER und SCOTT, 2019a; JUAN-SALLÉS und BOYER, 2020). Imbalanzen in der Ration, wie Über- oder Unterversorgung mit bestimmten Nährstoffen, können zu einer Vielzahl an Erkrankungen führen. Beispiele sind sekundärer Hyperparathyreoidismus (Rachitis, Osteomalazie), hepatische Lipidose, Hypo- und Hypervitaminose A, Thiaminmangel, Vitamin-E/Selen-Mangel, Pyramidenwachstum des Panzers, Nierenerkrankungen, Steatitis, und nicht zuletzt Adipositas (MILLER, 1998; KÖLLE, 2000; GERLACH, 2004; SIMPSON, 2006; MANS und BRAUN, 2014; BAUER et al., 2018; MARTINS et al., 2018; BOYER und SCOTT, 2019a; MENDOZA et al., 2022; BARBOZA et al., 2023). Reptilien verbrauchen durch ihre geringere Stoffwechselrate infolge der Poikilothermie im Vergleich zum Säugetier deutlich weniger Energie (KAMPHUES et al., 2014). Gleichzeitig ist in Menschenobhut in der Regel eine durchgehende Energieversorgung auf geschütztem, kleinem Raum gegeben, sodass es im Vergleich zu wildlebenden Tieren schneller zu einer Energieübersorgung kommt (RITZ et al., 2010b; RITZ et al., 2010a; RITZ et al., 2012). Adipositas und damit assoziierte Erkrankungen wie insbesondere die hepatische Lipidose sind somit ein häufiges Problem bei Reptilien in Menschenobhut (MCARTHUR und BARROWS, 2004; SIMPSON, 2006; KÖLLE, 2008; RAWSKI und JÓZEFIAK, 2014; MARTINS et al., 2018; BOYER und SCOTT, 2019b; MATTHEW, 2019; JUAN-SALLÉS und BOYER, 2020; BARBOZA et al., 2023; KRUIS et al., 2023).

Die Diagnostik von Erkrankungen bei Reptilien gestaltet sich häufig schwierig, da Reptilien als Wildtiere Symptomarmut zeigen. Zudem sind die Symptome in den meisten Fällen unspezifisch und manifestieren sich zunächst in Form von Apathie oder Anorexie (MILLER, 1998; RIVERA, 2008; PLENZ, 2015; LEHMANN et al., 2022). Aus diesem Grund ist eine präzise Einschätzung der Dauer des Krankheitszustandes durch den Besitzer häufig nicht möglich. Schildkröten weisen aufgrund ihres Panzers zudem den Nachteil auf, dass der Untersucher einen erschwerten Zugang zu inneren Organen hat. Bildgebende Diagnostik steht nicht jeder Praxis zur Verfügung und benötigt je nach Methode eine korrekte Immobilisation des Patienten. Blutuntersuchungen sind prinzipiell in jeder Praxis

durchführbar, da externe Labors die Analysen vornehmen können. Allerdings ist die Interpretation der Werte nicht immer eindeutig, da die Werte saisonal schwanken, Spezies- und geschlechtsspezifisch sind und zum Teil erhebliche Unterschiede in den Referenzspannen existieren (LAWRENCE, 1987; KÖLLE und HOFFMANN, 1996; KÖLLE et al., 2001; ERLER, 2003; KÖLLE, 2004; MATHES et al., 2006; SCOPE et al., 2013; ANDREANI et al., 2014; HETÉNYI et al., 2016; LEINEWEBER et al., 2019b, 2019a, 2021; PALUMBO et al., 2024).

Eine nicht-invasive, kostengünstige Ersteinschätzung der allgemeinen Körperkondition ist daher bereits im Rahmen der klinischen Allgemeinuntersuchung hilfreich. Bei Kleintieren ist gemäß der WSAVA Guidelines die Erhebung des Ernährungszustandes integraler Bestandteil der Standarduntersuchung jedes Patienten (FREEMAN et al., 2011). Dazu zählen die Erhebung des Body Condition Scores zur Beurteilung des Körperfettanteils, sowie der Muscle Condition Score zur Beurteilung des Bemuskelungsgrades (FREEMAN et al., 2011; FREEMAN et al., 2019, 2020). Die tierärztliche Beratung bezüglich Haltung und Fütterung im Rahmen der Präventivmedizin folgt nicht zuletzt auch dem Kodex der Guten Veterinärmedizinischen Praxis gemäß dem Bundesverband Praktizierender Tierärzte e. V. (BPT, 2005).

Eine direkte Übertragung des Body Condition Scores oder des Muscle Condition Scores auf Schildkröten ist aufgrund der im Vergleich zu Säugetieren unterschiedlichen anatomischen Verhältnisse nicht sinnvoll. Auch wenn erste Studien zum BCS bei Reptilien durchgeführt wurden (CHRISTIANSEN, 2007; DEMING et al., 2008; THOMSON et al., 2009; LAMBERSKI, 2013; RAWSKI und JÓZEFIAK, 2014; GIMMEL et al., 2019; GIMMEL et al., 2020; LAGERSTRÖM, 2020; OJEDA-ADAME et al., 2020), basieren sie bisher auf sehr limitierten Daten. Die derzeitige Methode zur Einschätzung des Ernährungszustandes von Schildkröten beruht auf einer Relation der Panzermaße zum Gewicht der Tiere (JACKSON, 1980; DONOGHUE, 1996, 2006; HNÍZDO, 2011; BOYER und BOYER, 2019; MATTHEW, 2019). Diese Vorgehensweise ist jedoch für die tägliche Praxis wenig geeignet und findet daher kaum Anwendung.

Durch die wachsende Beliebtheit von Schildkröten als Heimtieren ist es wichtig, auch bei diesen Tieren eine Einschätzung des Ernährungszustandes in der tierärztlichen Praxis erheben zu können.

Ziel der Studie war es daher, einen speziesspezifischen Body Condition Score für die derzeit beliebteste Schildkrötenart in Menschenobhut in Deutschland, die Griechische Landschildkröte (*Testudo hermanni*), zu erstellen und diesen gegenüber objektiven Berechnungen zur Einschätzung der Körperkondition zu prüfen.

II. PUBLIKATION 1: ÜBERSICHTSARTIKEL

Bestimmung des Ernährungszustandes von mediterranen Landschildkröten

(*Testudo spp.*) – eine Übersicht

Assessment of nutritional condition in Mediterranean tortoises

(*Testudo spp.*) – an overview

Julia Frankenberger¹, Petra Kölle¹

¹Kleintierklinik der LMU München, Deutschland

Akzeptiert in der "Tierärztlichen Praxis" am 17. September 2024

Online veröffentlicht am 5. Dezember 2024

Bestimmung des Ernährungszustandes von mediterranen Landschildkröten (*Testudo* spp.) – eine Übersicht

Assessment of the nutritional condition in Mediterranean tortoises (*Testudo* spp.) – an overview



Autorinnen/Autoren

Julia Frankenberger, Petra Kölle

Institute

Medizinische Kleintierklinik, Ludwig-Maximilians-Universität München

Schlüsselwörter

Chelonia, Body Condition Score, Körperkondition, Reptilien

Keywords

Chelonian, body condition score, nutritional status, reptiles

eingereicht 04.07.2024

akzeptiert 17.09.2024

Bibliografie

Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere 2024; 52: 367–374

DOI 10.1055/a-2435-0356

ISSN 1434-1239

© 2024, Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Oswald-Hesse-Straße 50, 70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Julia Frankenberger

Medizinische Kleintierklinik

Ludwig-Maximilians-Universität München

Veterinärstraße 13

80539 München

Deutschland

paper@familiefrankenberger.de

ZUSAMMENFASSUNG

Die Beurteilung des Ernährungszustandes ist bei allen Patienten ein wichtiger Bestandteil der Allgemeinuntersuchung. Bei

Landschildkröten stellt dies aufgrund ihrer besonderen Anatomie und der Einschränkungen durch den Panzer eine Herausforderung dar. Trotz ihrer Beliebtheit und des entsprechend hohen Aufkommens in der tierärztlichen Praxis existiert derzeit kein etablierter Standard für die Bewertung ihres Ernährungszustandes und der Körperkondition. Die Auswahl der Untersuchungsmethode ist abhängig von der Ausstattung der jeweiligen Praxis. Da jede Methode Vor- und Nachteile hat, sollte die Erhebung des Ernährungszustandes bei Landschildkröten immer auf mehreren Faktoren basieren. Detailliertes Wissen über die Physiologie von Schildkröten ist bei der Wahl der richtigen Methode von essenzieller Bedeutung. Der Artikel bietet einen Überblick über die derzeit bekanntesten Methoden und der Anwendungsmöglichkeiten in der tierärztlichen Praxis unter Berücksichtigung der physiologischen Besonderheiten von Landschildkröten.

ABSTRACT

Assessing the nutritional status is a crucial component of the general examination for all patients. However, in tortoises, this may be challenging due to their unique anatomy and limitations of the shell. Despite their popularity, there is currently no established standard for assessing their nutritional status and body condition. Depending on the equipment of the veterinary practice, different examination methods are available. As each method has advantages and disadvantages and no clear references exist, an assessment of the nutritional status of tortoises should always consist of several factors. Therefore, detailed knowledge of tortoise physiology is essential when selecting the appropriate method. This article presents an overview of the currently best-known methods and their possible applications in veterinary practice, considering the physiological characteristics of tortoises.

Einleitung

Die Erfassung des Ernährungszustandes ist einer der 5 zentralen Beurteilungspunkte in der allgemeinen Untersuchung bei Kleintieren [1, 2]. Obwohl Reptilien inzwischen beliebte Haustiere sind und damit auch regelmäßig in der tierärztlichen Praxis vorgestellt werden [3, 4], ist bei diesen Tieren noch kein Standard zur Unter-

suchung des Ernährungszustandes und der Körperkondition etabliert. Inadäquate Ernährung ist jedoch einer der Hauptgründe für die Entstehung von Krankheiten bei Reptilien in Menschenobhut [5–7]. Die Beurteilung des Ernährungszustandes spielt daher eine wichtige Rolle in der Gesundheitsvorsorge. Aufgrund des Panzers und der speziellen Verteilung des Fettgewebes stellen Schildkrö-

ten in dieser Hinsicht eine Herausforderung dar. Aus diesem Grund wurden in der Vergangenheit andere Bewertungssysteme als beim Säugetier entwickelt. Über deren Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis wird im Folgenden ein Überblick gegeben.

Bedeutung des Ernährungszustandes und der Körperkondition

Obwohl Übergewicht (Syn.: Fettleibigkeit, Adipositas, Obesitas) mit einer Vielzahl von Krankheiten assoziiert wird, ist die Anzahl übergewichtiger Haustiere in den vergangenen Jahrzehnten deutlich gestiegen [8–11]. Diese Entwicklung ist besorgniserregend und hat erhebliche Auswirkungen auf das Tierwohl. Bei Schildkröten dient die Leber als physiologischer Fettspeicher und neigt daher schnell zu einer Verfettung. Bei Übergewicht besteht somit ein hohes Risiko einer evtl. letal verlaufenden hepatischen Lipidose [7, 12–14]. Lipideinlagerungen finden sich bei adipösen Reptilien neben den Hepatozyten auch in anderen Geweben wie dem Tubulusepithel der Nieren [14]. Des Weiteren können Probleme wie Dotterzoelomitis und Dystokie auftreten [15, 16]. Obesitas führt bei Reptilien außerdem zu einer längeren Anflutungsphase in der Inhalationsnarkose und zu einem insgesamt höheren Narkoserisiko, was die Durchführung einer Operation erschweren kann [17].

Genauso schwerwiegend sind die Folgen einer langfristigen Energieunterversorgung. Auch wenn sich Reptilien gut an Fastenzeiten anpassen können, führt eine längerfristig reduzierte Kalorienzufuhr zu verstärktem Katabolismus, Gewichtsverlust, erhöhter Krankheitsanfälligkeit und Sterblichkeit [14]. In Menschenobhut ist Untergewicht meist Folge einer inadäquaten Haltung, kann jedoch auch durch eine Reihe von Krankheiten bedingt sein [14]. Chronische Nierenerkrankungen werden bei Landschildkröten häufig diagnostiziert [18–20]. Diese Tiere zeigen im Verlauf der Erkrankung in der Regel eine verminderte Körperkondition [21]. Bei Schildkröten kann Untergewicht außerdem auf Mangelernährung, chronischen Stress durch Überbesatz, Parasitenbefall, Neoplasien und andere chronische Erkrankungen hinweisen oder als Folge der häufig auftretenden Anorexie bei Viruserkrankungen wie Herpesvirusinfektionen auftreten [14, 22–26]. Da die meisten mediterranen Landschildkröten (*Testudo* spp.) physiologischerweise eine jährliche Winterstarre einlegen, ist die Früherkennung eines unzureichenden Ernährungszustandes vor der Einwinterung essenziell, um ein Versterben der Tiere während der Winterstarre zu verhindern [27].

Energiebedarf bei Reptilien

Im Vergleich zu den homoiothermen Säugetieren ist der Energiebedarf von Reptilien um ein Vielfaches geringer, da diese aufgrund der Ektothermie keine Energie für die Erhaltung der Körpertemperatur aufwenden müssen [28, 29]. Die Trockensubstanzaufnahme von Reptilien wird im Allgemeinen je nach Umgebungstemperatur mit ca. 2–14g TS/kg KM angegeben [29]. Zum Vergleich: Die Trockensubstanzaufnahme eines Meerschweinchens beträgt 40–60g TS/kg KM [29]. Dieser Bedarf kann schnell überschätzt werden. Im natürlichen Verbreitungsgebiet der Griechischen Landschildkröte (*Testudo hermanni*) besteht die Vegetation hauptsächlich aus kar-

gem Bewuchs [30]. Die Tiere verbringen einen großen Teil ihrer täglichen Aktivität mit Sonnenbädern sowie der Nahrungssuche, um ihre Energiereserven und damit auch ihre Überlebenschancen zu erhöhen [30, 31]. In Menschenobhut dagegen liegt in der Regel eine stabile Energieversorgung – häufig ad libitum – auf deutlich kleinerem Raum vor, während die Tiere wenig Energie durch Bewegung verbrauchen. Daher ist Adipositas ein häufiges Problem [7, 14]. Diese Gefahr zeigt sich besonders ausgeprägt bei der Haltung der Russischen Vierzehenschildkröte (*Testudo horsfieldii* GRAY 1844). Aufgrund der extremen Klimabedingungen im Sommer, Herbst und Winter in Zentralasien bleiben Vierzehenschildkröten bis zu 9 Monate im Jahr vergraben und sind im Extremfall nur 3 Monate im Jahr, in welchen auch ihre Nahrungsquellen verfügbar sind, aktiv [32, 33]. Die kargen Lebensbedingungen in freier Wildbahn bewirken eine starke Neigung zur Bildung von Fettreserven, da Tiere instinktiv in ihrer Aktivitätsperiode so viel Futter wie möglich aufnehmen.

Fettstoffwechsel bei Reptilien

Die Verteilung von Fettgewebe unterscheidet sich bei Reptilien erheblich von der bei Säugetieren. Während bei Säugetieren ein Großteil des Fettgewebes subkutan gespeichert wird, um die benötigte Wärmeisolierung zu gewährleisten, ist dies bei Reptilien aufgrund ihrer Ektothermie kaum der Fall. Stattdessen dient besonders die Leber als (Zwischen-)Speicher und ist damit bei Störungen im Fettstoffwechsel vermehrt für eine hepatische Lipidose anfällig [7, 12, 13]. Insbesondere bei weiblichen Tieren unterliegt der Fettstoffwechsel auch saisonalen Schwankungen in Abhängigkeit von der Vitellogenese [34–40]. Außer in der Leber und in geringem Maße subkutan speichern Landschildkröten überschüssiges Fett außerdem in sog. Fettkörpern in der Coelomhöhle [41] und sind somit von außen nur schwer erfassbar.

Methoden zur Erfassung des Ernährungszustandes und der Körperkondition bei Landschildkröten

Jackson Ratio

Die Jackson Ratio bietet die wohl einfachste, nicht invasive Einschätzung der Körperkondition bei Landschildkröten [23]. Analog zum Body-Mass-Index (BMI) beim Menschen, bei dem Körpergewicht und Körpergröße in Relation gesetzt werden, stehen bei dieser Messmethode die Panzerlänge und das Gewicht der Schildkröte in einem Verhältnis zueinander. Das Verhältnis (Ratio) kann aus Grafiken und Tabellen abgelesen [23] oder in abgewandter Form durch Berechnungen ermittelt werden. Im letzteren Fall wird üblicherweise das ideale Körpergewicht für die jeweilige Panzerlänge berechnet [42, 43]:

$$W(\text{Gewicht in g}) = 0,191 \times (\text{Panzerlänge in cm})^3$$

Wenn das tatsächliche Körpergewicht ca. 10% niedriger liegt, kann dies auf potenzielle Probleme mit der Ernährung, dem Stoffwechsel oder der Gesundheit der Schildkröte hinweisen [23]. Ein zu

hohes Verhältnis kann auf Übergewicht hindeuten. Der Schwerpunkt der Jackson Ratio liegt jedoch darin, Tiere zu identifizieren, die im Verhältnis zu ihrer Panzerlänge zu leicht sind und daher vor der Winterstarre medizinische Versorgung benötigen.

Aufgrund ihrer einfachen Anwendung ist die Jackson Ratio weit über die Feldforschung hinaus verbreitet. Diese Einfachheit macht sie jedoch auch anfällig für Fehler. Jacobson et al. [22] identifizierten 6 limitierende Faktoren, die insbesondere das Gewicht der Schildkröte beeinflussen können. Dazu gehören Unterschiede in der Panzergröße und -form aufgrund von sexuellem Dimorphismus, bei dem Weibchen in der Regel z. B. einen höheren und damit schwereren Panzer aufweisen, der Zeitpunkt der Reproduktion bei Weibchen, der Zeitpunkt der Vermessung (während der Winterstarre oder Aktivitätsperiode), regionale Unterschiede zwischen Populationen aufgrund ihrer Unterschiede in Panzerform und Knochendichte sowie der Füllungsgrad der Blase und des Gastrointestinaltrakts. Das Gewicht einer Schildkröte kann außerdem durch Lithophagie, Ödeme, Leber-, Nieren-, oder Blasenerkrankungen wie Blasensteine oder Harnstasis verfälscht werden [22, 24, 44], sodass die Aussagekraft nicht immer mit dem klinischen Bild übereinstimmt. Beispielsweise werden in der tierärztlichen Praxis häufig Schildkröten vorgestellt, die im Vergleich zu wildlebenden Schildkröten ein unphysiologisches Panzerwachstum aufweisen. Dies kann eine Pyramidenbildung des Panzers aufgrund zu trockener Haltung, zu geringer nächtlicher Absenkung oder zu energiereicher Fütterung sein oder ein sehr flacher, weicher Panzer aufgrund eines Mangels an Calcium und/oder UV-Licht [4, 14, 45].

Aufgrund dieses Einflusses sollte bei einer Untersuchung das Gewicht der Schildkröte zuerst erfasst werden, da Handhabung und Manipulation zu Ausscheidungen von Kot und Urin führen und damit die weiteren Messergebnisse erheblich beeinflussen können. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Tabellen und Grafiken der Jackson Ratio auf Daten von maurischen (*Testudo graeca*) und griechischen Landschildkröten (*Testudo hermanni*) basieren und nur bei diesen Arten angewendet werden können. Deren Verwendung bei anderen Spezies, wie der Russischen Vierzehenschildkröte (*Testudo horsfieldii*), würde aufgrund ihrer abweichenden Panzerform zu anderen Ergebnissen führen.

Body Condition Index (BCI)

Der Body Condition Index oder auch „Body Mass Condition Index“ für Landschildkröten (*T. hermanni* ssp., *T. graeca*, *T. marginata*) baut auf dem Prinzip der Jackson Ratio auf [46, 47]. Er berücksichtigt dabei zusätzlich zu Panzerlänge und Gewicht auch das Geschlecht und die Jahreszeit:

$$\frac{\text{LOG}(\text{Gewicht (g)})}{(-a + b * \text{LOG}(\text{Panzerlänge (mm)})}$$

Die Messergebnisse werden in die speziesspezifischen Formeln eingesetzt, und entsprechende Variablen (-a und b) je nach Geschlecht und Monat des Vermessens ergänzt. Genau wie bei der Jackson Ratio deutet ein niedriger Wert auf eine mangelhafte Körperkondition, ein hoher Wert auf eine hohe Kondition hin.

Der Index ist aufgrund der verschiedenen Variablen etwas aufwendiger, aber auch genauer als die Jackson Ratio. Aufgrund der saisonalen Unterschiede ist dieser Index insbesondere für ökologische Studi-

en von Interesse, könnte jedoch gemäß den Autoren auch für das Management von Schildkröten in Menschenobhut wertvoll sein. Die Berechnungen für Tiere aus Aufzuchtstationen in Italien und den Niederlanden ergaben ähnliche Werte wie für wildlebende Schildkröten [46, 47]. Wie bei der Jackson Ratio können auch hier nur speziesspezifische Formeln verwendet werden und aufgrund der Unterschiede in der Panzerform nicht auf andere Spezies übertragen werden. Die Anwendung des BCI ist zudem ausschließlich für adulte Landschildkröten geeignet. Gemäß Willemsen und Hailey [46, 47] ist die Bestimmung des Geschlechts bei *T. hermanni* ab einer Panzerlänge von 10 cm, bei *T. graeca* ab 13 cm und bei *T. marginata* ab 17 cm möglich.

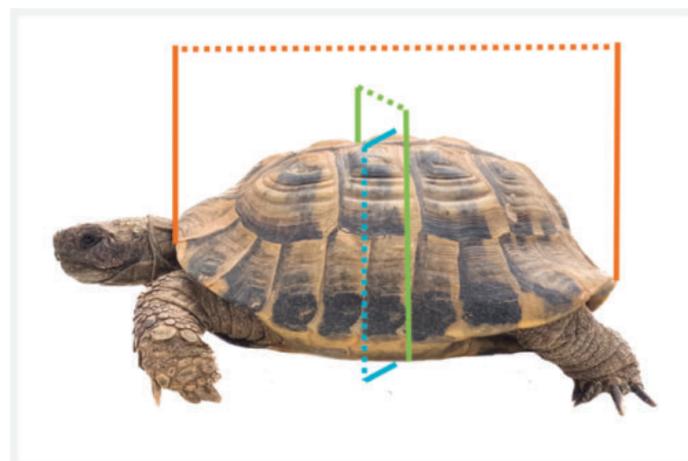
Volume Condition Index

In neuere Messmethoden fließen neben dem Gewicht und der Panzerlänge auch die Panzerhöhe und -breite mit ein (► **Abb. 1**).

Ein Beispiel hierfür ist der Condition Index (CI) nach Nagy et al. [48]:

$$\frac{\text{Gewicht (g)}}{\text{Panzerlänge * Panzerbreite * Panzerhöhe (cm)}}$$

Daraus ergibt sich ein Verhältnis der Körpermasse zum geschätzten Panzervolumen (Masse pro Volumeneinheit, in g/cm³). Der wesentliche Vorteil dieser Volumenmessung besteht in der Berücksichtigung von Unterschieden in der Panzerform. Allerdings beruht die Studie auf der Annahme, dass es in der freien Wildbahn keine Tiere gibt, die krankhaft übergewichtig sind. Eine möglichst hohe Masse für ein bestimmtes Volumen soll daher das Ideal darstellen. Nagy schlägt hier für Gopher-Schildkröten (*Gopherus agassizii*) einen Wert von 0,63 g/cm³ als optimalen Richtwert vor.



► **Abb. 1** Griechische Landschildkröte (*Testudo hermanni*) mit markierten Messpunkten. Panzerlänge (vom Nackenschild bis zum Schwanzschild), dargestellt durch die orangefarbene Linie, Panzerbreite (auf Höhe des dritten Vertebraleschildes), dargestellt durch die grüne Linie, und Panzerhöhe (auf Höhe des dritten Vertebraleschildes), dargestellt durch die blaue Linie. Quelle: J. Frankenberger.

► **Fig. 1** Hermann's Tortoise (*Testudo hermanni*) with marked measurement points. Carapace length (nuchal notch to caudal notch), represented by the orange line, carapace width (at the level of the third vertebral scute) represented by the green line, and carapace height (at the level of the third vertebral scute), represented by the blue line. Source: J. Frankenberger.



► **Abb. 2** Adulte Griechische Landschildkröten (*Testudo hermanni*) mit verschiedenen Body Condition Scores. Von links nach rechts: BCS 2,0; BCS 3,0; BCS 4,5. Zu beachten sind der tiefe Rückzug in den Panzer und die Muskelatrophie an den Vordergliedmaßen der Schildkröte mit niedriger Kondition (links), verglichen mit der Gewebemasse um Hals und Schultern und der ausgeprägten Muskulatur an den Vordergliedmaßen der Schildkröte mit hoher Kondition (rechts). Quelle: J. Frankenberger.

► **Fig. 2** Adult Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni*) with different body condition scores. From left to right: BCS 2.0; BCS 3.0; BCS 4.5. Note the deep withdrawal into the shell and the muscle atrophy on the forelimbs of the tortoise in low condition (left), compared to the tissue mass around the neck and shoulders and the pronounced musculature on the forelimbs of the tortoise in high condition (right). Source: J. Frankenberger.

Ein weiterer Condition Index, die Volumenberechnung nach Loehr et al. [49], projiziert die Panzerform von Schildkröten auf die Formel eines halben Ellipsoides:

$$\frac{6 * \text{Gewicht (g)}}{\pi * \text{Panzerlänge} * \text{Panzerbreite} * \text{Panzerhöhe (cm)}}$$

Dieser Ansatz zeigt einen geringeren Totraum als der Nagy-Index. Auch hier ist das Ergebnis eine Dichtemessung. Die Daten von Loehr et al. [49] basieren auf der Gesägten Flachschildkröte (*Homopus signatus*). In der Anwendung bei anderen Schildkrötenspezies (*Gopherus agassizii*, *Astrochelys radiata*, *Geochelone pardalis*) zeigten sich leichte Unterschiede in den Dichtewerten [48–51]. Eine zusätzliche Berücksichtigung der Panzerform in der Berechnung der Körperkondition scheint in der tierärztlichen Praxis insbesondere für Tiere interessant, deren Panzer nicht physiologisch gewachsen sind. Referenzwerte für *Testudo* spp. existieren jedoch derzeit nicht.

Body Condition Score

Das Body Condition Scoring (BCS) System hat sich bei Haus- und Zoo-säugetieren als einfache und kostengünstige Methode zur Bestimmung des Ernährungszustandes in der klinischen Untersuchung etabliert [1, 2, 52–58]. Das System basiert auf optisch zu beurteilenden Merkmalen, wie der Ausprägung einer Taille oder dem Verlauf der abdominalen Silhouette, als auch auf palpatorisch erfassbaren Merkmalen wie der Ausprägung der subkutanen Fettschicht z. B. über den Rippen und damit der Tastbarkeit der knöchernen Vorsprünge. Gemäß den Ergebnissen wird ein Wert auf einer Skala von 1–5 oder von 1–9 zugewiesen. Ein mittlerer Wert (3/5 bzw. 5/9) entspricht dem Idealgewicht. Niedrige Werte bezeichnen Untergewicht, während höhere Werte Übergewicht bzw. Adipositas anzeigen.

Die Bestimmung des Body Condition Scores ist auch bei Landschildkröten möglich, erfordert jedoch aufgrund anatomischer Besonderheiten ein anderes Beurteilungssystem als beim Säuger. Bei Griechischen Landschildkröten (*T. hermanni*) basiert die Beurteilung auf einer 5-Punkte-Skala (1 = hochgradige Kachexie, 3 = Idealgewicht, 5 = hochgradige Adipositas) (► **Abb. 2**) [59]. Die Evaluierung erfolgt anhand der Tastbarkeit der Halswirbelsäule, der Rück-

ziehbarkeit in den Panzer, der Bemuskelung der Vordergliedmaßen, der Ausprägung der Kopfmuskulatur sowie der Tastbarkeit von intracoelomalen Fettkörpern.

Beim Hund und bei der Katze ist der Muscle Condition Score (MCS) vom BCS zu unterscheiden [60, 61]. Während sich der BCS auf die Beurteilung der subkutanen Fettschicht stützt, liegt der Fokus des MCS auf der Ausprägung der Muskelmasse. Bei Reptilien kann der MCS prinzipiell separat bestimmt werden. Die alleinige Bestimmung des Fettspeichers im Rahmen des BCS ist jedoch aufgrund der ausgeprägten Schwankungen durch Spezies und Geschlecht, Fortpflanzungsstatus, Winterstarre und Aktivitätsniveau und der zugleich schwach ausgebildeten subkutanen Fettschicht nur begrenzt aussagekräftig [62–64]. Zudem betrifft die Atrophie beim Reptil auch die Skelettmuskulatur, die Leber, die Nieren, die Milz und andere Organe [14]. Da Organe äußerlich schwer zu beurteilen sind, bildet der Bemuskelungsgrad bei Reptilien einen integralen Teil des Body Condition Scoring Systems.

Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA)

Die Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) gilt mittlerweile bei Hunden und Katzen als Goldstandard zur Ermittlung des Körperfettanteils und des Ernährungszustandes [65, 66]. In einer Studie von Sion et al. [67] zeigte sich auch bei Sinai-Fächerfingergeckos (*Ptyodactylus guttatus*) eine deutliche Korrelation zwischen der DEXA und der Fettmasse. Secor und Nagy [68] kamen zu ähnlichen Ergebnissen bei Diamant-Wassernattern (*Nerodia rhombifer*). Bei Schildkröten sind die Ergebnisse hingegen möglicherweise nicht verlässlich. Stone et al. [69] argumentieren, dass an Stellen, an denen Strukturen mit unterschiedlicher Dichte überlagert sind (wie Knochen, Weichteil- und Fettgewebe), eine genaue Messung der Komponenten nicht möglich ist. Bei Schildkröten ist die Überlagerung dem Panzer geschuldet, welcher die gesamte Coelomhöhle verdeckt und eine genaue Messung der Zusammensetzung erschwert. Für eine korrekte Durchführung der DEXA ist zudem eine gute Lagerung und gegebenenfalls eine Sedierung oder sogar Anästhesie unabdingbar. Schon leichte Abweichungen in der Position können aufgrund ihrer geringen Körpergröße die Messergebnisse unbrauchbar machen [70, 71].

Computertomografie

Die Computertomografie (CT) steht gegenüber der DEXA im Vorteil in der Messung der Körperzusammensetzung von Schildkröten, da es nicht zu Überlagerungen durch den Panzer kommt [72–74]. In der Regel ist bei dieser Methode ebenfalls eine Anästhesie erforderlich, um die besten Ergebnisse zu erzielen, auch wenn es nach Meinung einiger Autoren [71] ausreicht, die Gliedmaßen und den Kopf der Schildkröten für die Untersuchung mittels Tape im Panzer zu fixieren. Voraussetzung für den Einsatz ist neben der Ausstattung mit einem Computertomografen auch fachkundiges Personal, das die Schnittbilder von Schildkröten richtig interpretieren kann. Erschwert wird die Beurteilung durch die bereits genannte besondere Verteilung des Fettgewebes von Landschildkröten und dem Fehlen von Referenzparametern für *Testudo* spp. Im Allgemeinen bietet die CT eine gute Ergänzung zur klinischen Diagnostik von Krankheiten wie Pneumonien, jedoch wird eine gewisse Körpermasse zur Auswertbarkeit vorausgesetzt und es bedarf noch einer weitreichenden Forschung, bevor diese bei Tieren kleinerer Körpermasse zielbringend eingesetzt werden kann [71]. Nicht zuletzt ist es viel zu aufwendig und teuer für den Praxisgebrauch.

Ultraschall

Neben Russischen Vierzehenschildkröten (*T. horsfieldii*) neigen auch Wasserschildkröten vermehrt zu Fettleibigkeit [75]. Die Messung der gering ausgeprägten subkutanen Fettschicht mittels Ultraschall bietet sich hier bei großen Schildkröten wie der Grünen Meeresschildkröte (*Chelonia mydas*) als Untersuchungsmethode an [76]. Im Gegensatz zu CT oder MRT steht zudem in vielen Praxen ein Ultraschallgerät zur Verfügung, für dessen Anwendung in der Regel keine Anästhesie nötig ist. Eine Einschätzung des Ernährungszustandes von Landschildkröten kann anhand der intracoelomalen Fettkörper erfolgen. Diese liegen in der Regel paarig angelegt lateral in der Coelomhöhle und stellen sich hyperechogen zur Leber dar [77]. Eine präzise Beurteilung von Zwischenstadien ist jedoch mangels artspezifischer Referenzparameter nicht möglich.

Endoskopie

Da Reptilien keine echte Abdominalhöhle besitzen, wird der Begriff Coelioskopie der Laparoskopie vorgezogen [78]. Der gebräuchlichste Zugang zur Coelomhöhle bei Schildkröten ist über die linke oder rechte Fossa präfemorale. Vor dem Eingriff sollten Schildkröten zum Urinabsatz animiert werden, da eine stark gefüllte Blase das Sichtfenster behindern kann. Da die Endoskopie einen sehr invasiven Eingriff darstellt, ist eine ausreichende Anästhesie und Analgesie zwingend erforderlich. Wenn im Rahmen anderweitiger Diagnosestellung eine explorative Endoskopie benötigt wird, etwa zur Beurteilung von Leber und Nieren, so kann gleichzeitig sowohl eine Beurteilung der Fettkörper als auch des perikardialen Fetts hinsichtlich Größe und äußerer Beschaffenheit erfolgen. Meist liegt in diesen Fällen bereits eine Grunderkrankung vor, sodass mit einem höheren Narkoserisiko zu rechnen ist und der Patient im Vorfeld ausreichend stabilisiert werden muss [78]. Ein limitierender Faktor ist zudem die geringe Körpergröße mancher Patienten [78].

Blutuntersuchung

Hyperlipidämie tritt bei Säugern in Verbindung mit Fettleibigkeit auf [79–81]. Bei Reptilien schwanken Triglyceride dagegen physio-

logisch saisonal und sind zudem bei Weibchen im Allgemeinen höher als bei Männchen, mit einem Peak vor der Eibildung [34–40]. Es wird vermutet, dass sich der Lipidstoffwechsel auch während Fastenzeiten erheblich vom Säugetier unterscheidet, da Reptilien ihren Stoffwechsel in Hungerperioden drastisch reduzieren können und ihre Lipidspeicherung demnach eher der Fortpflanzung als der Erhaltung dient [62]. Stark unternährte Schildkröten zeigen mitunter einen niedrigen Albuminspiegel ($< 5\text{g/l}$), welcher insbesondere bei gleichzeitig erhöhtem Gewicht durch Ödembildung als zusätzliches Entscheidungskriterium dienen kann [40, 43]. Allerdings verändert sich der Albuminspiegel ebenfalls im Rahmen von Dehydratation, Enteropathien, Nieren- und Lebererkrankungen, Parasitosen und Blutverlusten [7, 40].

Weitere Messmethoden

Prinzipiell gibt es weitere Methoden zur Messung der Körperkondition von Schildkröten, die jedoch eher akademischer Natur sind und sich somit nicht für die praktische Anwendung eignen [82].

Diskussion

Auf Messdaten basierende Berechnungen

Berechnungen und Messmethoden aus der Feldforschung können prinzipiell auch in der Praxis angewendet werden. Ein großer Vorteil dieser Methoden ist der geringe materielle Aufwand. Eine Waage gehört in der Regel zur Grundausstattung des Praxisinventars. Auch Messschieber oder vergleichbare Apparaturen können relativ günstig erworben werden. Zudem sind die Verfahren nicht invasiv und können durch ihre Objektivität von verschiedenen Untersuchern reproduziert werden. Auch tief im Panzer zurückgezogene Tiere können auf diese Weise untersucht werden, um einen Eindruck vom Ernährungszustand zu erhalten. Allerdings ist die Beurteilung anhand von Berechnungstabellen für den täglichen Gebrauch recht zeitaufwändig und daher in den meisten Fällen nicht praktikabel. Zudem wurden beim Volumen Index saisonale und geographische Schwankungen festgestellt und es fehlen Referenzpunkte für *Testudo* spp., sodass kein Schwellenwert festgelegt werden kann, ab wann ein Tier eine zu niedrige oder zu hohe Dichte aufweist. Außerdem können verschiedene Krankheiten der inneren Organe (siehe oben) ein scheinbar hohes Körpergewicht vorspiegeln. Daher sollten aufgrund des starken Einflusses des Körpergewichtes die Messergebnisse zusätzlich immer mit dem klinischen Bild des Patienten korreliert werden [59].

Body Condition Score

Eine Verwendung des Body Condition Scores ähnlich derer bei Kleintieren in der klinischen Untersuchung bietet eine attraktive Alternative zu bestehenden Systemen, da keine spezielle Ausrüstung oder Sedierung des Tieres erforderlich ist. Im Gegensatz zum Evaluierungssystem bei Säugetieren muss bei Reptilien die zusätzliche Beurteilung der Muskulatur als Kriterium beachtet werden. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass der BCS im Gegensatz zu den Berechnungen eine subjektive Einschätzung des Ernährungszustandes und der Körperkondition bietet. Ein gewisses Training ist somit eine Voraussetzung zum erfolgreichen Einsatz in der tierärztlichen Praxis.

Bildgebung

Obwohl für die Ultraschalluntersuchung in der Regel keine Anästhesie benötigt wird, stellt sie für die reine Erfassung des Ernährungszustandes einen unverhältnismäßig hohen Aufwand in der täglichen Praxis dar. Erschwerend kommt hinzu, dass es für diese Methode keine etablierten Vergleichswerte für Landschildkröten gibt, sodass die Messung der gering ausgeprägten subkutanen Fettschicht und der intracoelomalen Fettkörper ein subjektiver Eindruck bleibt. Daher kann dieses System noch nicht evidenzbasiert angewendet werden.

Aktuelle Studien zeigen zwar vielversprechende erste Ergebnisse für den Einsatz der CT bei der Körperzusammensetzung von Schildkröten, jedoch fehlen auch hier Referenzwerte für die meisten Arten. Die Durchführung ist aufgrund der Zeit- und Kostenintensität sowie der Notwendigkeit einer korrekten Immobilisierung der Tiere zur Bestimmung des Ernährungszustandes für die Verwendung in der Praxis derzeit noch nicht praktikabel [73].

Der große Vorteil der DEXA ist die Genauigkeit, mit der die Körperzusammensetzung am lebenden Tier bestimmt werden kann. Bei Schildkröten zeigen die Ergebnisse von Stone et al. [69] jedoch, dass der Einsatz nur für die Messung der Knochenmineraldichte, nicht aber der Körperzusammensetzung sinnvoll ist [83, 84]. In einer Studie von Heuberger [71] wurde in einem Vorversuch ein minimales Körpergewicht von 150 g als limitierender Faktor für solche Einsätze festgelegt. Aufgrund des hohen Aufwands und der Kosten scheint der Einsatz der DEXA bei Schildkröten für die tägliche Praxis allgemein wenig geeignet.

Von der Endoskopie zur reinen Beurteilung des Ernährungszustandes ist aufgrund der Invasivität und Schmerzhaftigkeit des Eingriffes eindeutig abzuraten.

Blutuntersuchung

Eine Messung von Triglyceriden und Cholesterin im Blut ist bei Schildkröten zur Beurteilung des Ernährungszustandes aufgrund der physiologischen saisonalen Schwankungen nicht sinnvoll.

Beurteilung bei juvenilen Schildkröten

Bei Jungtieren ist weder eine Beurteilung mit dem BCS noch eine Beurteilung nach den anderen oben genannten Methoden möglich, da eine Energiezufuhr über dem Grundbedarf vorwiegend in Wachstum investiert und nicht als Fettreserve gespeichert wird [85]. Daher wird der Ernährungszustand bzw. das Gewicht ähnlich wie bei Welpen [86] anhand von Wachstumskurven überprüft. Als Vergleich können die Kurven bei wildlebenden Schildkröten [87–96] dienen, wobei Daten zu individuellen Jungtieren nur schwer zu erheben sind und für viele Arten, insbesondere bei Landschildkröten, genaue Kurven fehlen [97]. Zudem dürften sich die Wachstumskurven von Tieren in menschlicher Obhut aufgrund des in der Regel reichlicheren Nahrungsangebots und teilweise fehlender Hibernation deutlich von Wildtieren unterscheiden. Jungtiere in menschlicher Obhut zeigen im Allgemeinen häufig ein schnelleres Wachstum als wildlebende Schildkröten [85, 95, 96, 98]. Die Erstellung von perzentilen Wachstumskurven, wie sie beim Menschen und einigen Haussäugetieren bereits verwendet werden [99–101], ist für Schildkröten prinzipiell interessant, aber auch hier fehlen derzeit noch Studien. Nach derzeitigem Stand der Forschung fehlen zudem aussagekräftige Studien, die einen negativen Einfluss

von schnellem Wachstum belegen. Für Artenschutzprojekte sind Aufzucht- und Auffangstationen darauf angewiesen, Schildkröten möglichst schnell wieder auszuwildern. Ein zu schnelles Wachstum begünstigt jedoch einen frühen Eintritt in die Geschlechtsreife [102, 103], was mit prä-ovulatorischer sowie mit obstruktiver Legeot bei allgemein körperlich noch unreifen Tieren in Verbindung gebracht wird [16, 104]. Außerdem wird auch eine zu geringe Mineralisierung des Knochengewebes sowie eine Förderung von Nierenerkrankungen vermutet [105]. Dies gilt insbesondere bei schnellem Wachstum durch nicht artgerechte Ernährung, z. B. durch ein falsches Calcium-Phosphor-Verhältnis und zu viel Protein, dem in älteren Studien auch eine deutlich verkürzte Lebenserwartung zugeschrieben wird [106]. Aus diesem Grund sollte in der privaten Schildkrötenhaltung ein langsames und gleichmäßiges Wachstum, gefördert durch restriktive Fütterung und ausreichend Aktivität, angestrebt werden.

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

Ein etablierter Standard für die Bestimmung des Ernährungszustandes bei Schildkröten existiert derzeit nicht. Die Wahl der Methode sollte sich daher individuell auf das jeweilige Ziel der Erhebung, die Praxisausstattung und Erfahrung des Untersuchers stützen und berücksichtigt im Idealfall mehrere Faktoren. Während mathematische Berechnungen wenig materiellen Aufwand erfordern und eine objektive Aussagekraft haben, sollten sie immer mit dem klinischen Bild korreliert werden, da sie aufgrund der wenigen Parameter fehleranfällig sind. Der Body Condition Score bietet eine kostengünstige und auf dem klinischen Bild basierende Alternative, setzt jedoch aufgrund der Subjektivität Erfahrung voraus. Bildgebende Verfahren wie Computertomografie und Ultraschall müssen, sofern sie dem klinischen Untersucher zur Verfügung stehen, wegen fehlender Vergleichsparameter subjektiv interpretiert werden, bieten jedoch prinzipiell die genauesten Angaben. Die Dual-Energy X-ray Absorptiometry und die Messung von Blutparametern sind für die Beurteilung des Ernährungszustandes von Landschildkröten ungeeignet. Die Endoskopie ist aufgrund ihrer Invasivität zur reinen Erhebung des Ernährungszustandes abzulehnen. Bei juvenilen Landschildkröten sollte die Beurteilung anhand von Wachstumskurven im Kontext des klinischen Bildes erfolgen.

Interessenkonflikte

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

Das Literaturverzeichnis findet sich online unter <http://dx.doi.org/10.1055/a-2435-0356>.

Literatur

1. German A, Morgan L. How often do veterinarians assess the bodyweight and body condition of dogs?. *Vet Rec* 2008; 163: 503-505
2. Freeman L, Becvarova I, Cave N. et al. WSAVA nutritional assessment guidelines. *J Feline Med Surg* 2011; 13: 516-525
3. Krautwald-Junghanns M. Haltung exotischer Tiere und Wildtiere in Privathand: Situationsanalyse, Bewertung und Handlungsbedarf insbesondere unter Tierschutzaspekten (EXOPET). Abschlussbericht Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (März 2024). Im Internet: https://service.ble.de/ptdb/index2.php?detail_id=57204&ssk=9ddea1dad7&site_key=145&stichw=2815HS014&zeilenzahl_zaehler=1#newContent Stand: 30.04.2018
4. Bauer T, Reese S, Koelle P. Nutrition and husbandry conditions of Palearctic tortoises (*Testudo* spp.) in captivity. *J Appl Anim Welf Sci* 2019; 22: 159-170
5. Donoghue S. Nutrition. In: Mader DR, Hrsg. *Reptile medicine and surgery*. 2. Aufl. St. Louis (MS): Elsevier; 2006: 274-276
6. Kischinovskiy M, Rafferty A, Sawmy S. Husbandry and nutrition. In: Doneley D, Monks D, Johnson R et al., Hrsg. *Reptile medicine and surgery in clinical practice*. Oxford, UK: Wiley Blackwell; 2017: 45-60
7. Boyer TH, Scott PW. Nutritional Diseases. In: Divers SJ, Stahl SJ, Hrsg. *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*. 3. Aufl. St. Louis (MS). Elsevier; 2019: 932-950
8. German A. Obesity in companion animals. *In Pract* 2010; 32: 42-50
9. Courcier E, Thomson R, Mellor D. et al. An epidemiological study of environmental factors associated with canine obesity. *J Small Anim Pract* 2010; 51: 362-367
10. Becker N, Dillitzer N, Sauter-Louis C. et al. Fütterung von Hunden und Katzen in Deutschland. *Tierärztl Prax/K* 2012; 40: 391-397
11. German AJ, Woods GR, Holden SL. et al. Dangerous trends in pet obesity. *Vet Rec* 2018; 182: 25
12. Divers SJ, Cooper JE. Reptile hepatic lipidosis. *Semin Avian Exot Pet* 2000; 9: 153-164
13. Marchiori A, da Silva ICC, de Albuquerque Bonelli M. et al. Use of computed tomography for investigation of hepatic lipidosis in captive *Chelonoidis carbonaria* (Spix, 1824). *J Zoo Wildl Med* 2015; 46: 320-324
14. Juan-Sallés C, Boyer TH. Nutritional and Metabolic Diseases. In: Garner MM, Jacobson ER, Hrsg. *Noninfectious Diseases and Pathology of Reptiles: Color Atlas and Text, Diseases and Pathology of Reptiles*. CRC Press; 2020: 55-106
15. Rivera S. Health assessment of the reptilian reproductive tract. *J Exot Pet Med* 2008; 17: 259-266
16. Stahl SJ, DeNardo DF. Theriogenology. In: Divers SJ, Stahl SJ, Hrsg. *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*. 3. Aufl. St. Louis (MS): Elsevier; 2019: 849-893
17. Kristensen L, Malte CL, Malte H. et al. Obesity prolongs induction times in reptiles. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2022; 271: 111255
18. Jacobson ER. Causes of mortality and diseases in tortoises: a review. *J Zoo Wildl Med* 1994; 2-17
19. Lehmann V, Altherr B, Pantchev N. et al. Symmetrical Dimethylarginine as a Diagnostic Parameter in Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni*). *Front vet sci* 2022; 9: 824748
20. Lehmann V, Kölle P. Diagnostik von Nierenerkrankungen bei Europäischen Landschildkröten (*Testudo* spp.). *Tierärztl Prax/K* 2022; 50: 423-430
21. Divers SJ, Innis CJ. Urology. In: Divers SJ, Stahl SJ, Hrsg. *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*. 3. Aufl. St. Louis (MS): Elsevier; 2019. 645.

22. Jacobson ER, Weinstein M, Berry K. et al. Problems with using weight versus carapace length relationships to assess tortoise health. *Vet Rec* 1993; 132: 222-223
23. Jackson O. Weight and measurement data on tortoises (*Testudo graeca* and *Testudo hermanni*) and their relationship to health. *J Small Anim Pract* 1980; 21: 409-416
24. Hailey A. Assessing body mass condition in the tortoise *Testudo hermanni*. *Herpetol J* 2000; 10: 57-62
25. Boyer TH. Differential Diagnoses by Clinical Signs – Chelonians. In: Divers SJ, Stahl SJ, Hrsg. *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*. 3. Aufl. St. Louis (MS): Elsevier; 2019. 1269.
26. Marschang RE. Viruserkrankungen der Reptilien in der tierärztlichen Praxis. *Tierärztl Prax/K* 2020; 48: 119-131
27. Boyer TH, Boyer DM. Tortoises, Freshwater Turtles, and Terrapins. In: Divers SJ, Stahl SJ, Hrsg. *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*. 3. Aufl. St. Louis (MS): Elsevier; 2019: 168-179
28. Hulbert A, Else P. Comparison of the "mammal machine" and the "reptile machine": energy use and thyroid activity. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 1981; 241: R350-R356
29. Kamphues J, Wolf P, Coenen M. et al. *Supplemente zur Tierernährung für Studium und Praxis*. Schlütersche. 2014
30. Lecq S, Ballouard J-M, Caron S. et al. Body condition and habitat use by Hermann's tortoises in burnt and intact habitats. *Conserv Physiol* 2014; 2: cou019
31. Meek R. Thermoregulatory behaviour in a population of Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*) in southern Yugoslavia. *Br J Herpetol* 1984; 6: 387-391
32. Lagarde F, Bonnet X, Corbin J. et al. Foraging behaviour and diet of an ectothermic herbivore: *Testudo horsfieldi*. *Ecography* 2003; 26: 236-242
33. Lagarde F, Bonnet X, Nagy K. et al. A short spring before a long jump: the ecological challenge to the steppe tortoise (*Testudo horsfieldi*). *Can J Zool* 2002; 80: 493-502
34. Dessauer HC. Blood Chemistry of Reptiles: Physiological and Evolutionary Aspects. In: Gans C, Parsons TS, Hrsg. *Biology of the Reptilia*. London and New York: Academic Press; 1970: 26-36
35. Bonnet X, Naulleau G, Mauget R. The influence of body condition on 17- β estradiol levels in relation to vitellogenesis in female *Vipera aspis* (Reptilia, Viperidae). *Gen Comp Endocrinol* 1994; 93: 424-437
36. Duggan AE, Callard IP. Lipids and lipid-transporting proteins in *Chrysemys picta*: role of gonadal steroids and growth hormone in intact and hypophysectomized turtles. *Gen Comp Endocrinol* 2003; 131: 176-184
37. Lagarde F, Bonnet X, Henen B. et al. Plasma steroid and nutrient levels during the active season in wild *Testudo horsfieldi*. *Gen Comp Endocrinol* 2003; 134: 139-146
38. Erler M. Saisonale Veränderungen hämatologischer und blutbiochemischer Werte bei europäischen Landschildkröten (*Testudo graeca*, *Testudo hermanni*, *Testudo marginata*) [Dissertation]. Munich, Germany: LMU, Munich; 2003
39. Sibeaux A, Michel CL, Bonnet X. et al. Sex-specific ecophysiological responses to environmental fluctuations of free-ranging Hermann's tortoises: implication for conservation. *Conserv Physiol* 2016; 4: 1-16
40. Kölle P. *Die Schildkröte: Heimtier und Patient*. Stuttgart, Germany: Georg Thieme Verlag; 2008
41. Schaffner F. The Liver. In: Gans C, Gaunt AS, Hrsg. *Biology of the Reptilia*. Ithaca, New York: Society for the Study of Amphibians and Reptiles; 1998: 512-524
42. Matthew R. Nutrition. In: Girling SJ, Raiti P, Hrsg. *BSAVA Manual of Reptiles*. 3. Aufl. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association; 2019: 49-69
43. Hnízdo J. Allgemeine Schildkrötenmedizin In: Hnízdo J, Pantchev N, Hrsg. *Tierarztpraxis Schildkröten*. Frankfurt am Main: Chimaira; 2011: 83-175

44. Schulte-Hostedde AI, Zinner B, Millar JS. et al. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. *Ecology* 2005; 86: 155-163
45. Wiesner CS, Iben C. Influence of environmental humidity and dietary protein on pyramidal growth of carapaces in African spurred tortoises (*Geochelone sulcata*). *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 2003; 87: 66-74
46. Willemsen R, Hailey A, Longepierre S. et al. Body mass condition and management of captive European tortoises. *Herpetol J* 2002; 12: 115-122
47. Willemsen RE, Hailey A. Body mass condition in Greek tortoises: regional and interspecific variation. *Herpetol J* 2002; 12: 105-114
48. Nagy K, Henen B, Vyas D. et al. A condition index for the desert tortoise (*Gopherus agassizii*). *Chelonian Conserv Biol* 2002; 4: 425-429
49. Loehr VJ, Henen BT, Hofmeyr MD. Reproduction of the smallest tortoise, the Namaqualand speckled padloper, *Homopus signatus signatus*. *Herpetologica* 2004; 60: 444-454
50. Lagerström L. Body condition assessment. 2020
51. Lickel L, Edwards M. Application of body condition indices for leopard tortoises (*Geochelone pardalis*). Proceedings of the Eighth Annual Nutrition Advisory Group Conference Tulsa, OK. 2009 [Erhältlich von: <https://nagonline.net/2214/application-body-condition-indices-leopard-tortoises-geochelone-pardalis/>]
52. Henneke D, Potter G, Kreider J. et al. Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. *Equine Vet J* 1983; 15: 371-372
53. Edmonson A, Lean I, Weaver L. et al. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 1989; 72: 68-78
54. Laflamme D. Development and validation of a body condition score system for dogs. *Canine Pract* 1997; 22: 10-15
55. Laflamme DP. Understanding and managing obesity in dogs and cats. *Vet Clin N Am – Small Anim Pract* 2006; 36: 1283-1295
56. Vieira A, Brandão S, Monteiro A. et al. Development and validation of a visual body condition scoring system for dairy goats with picture-based training. *J Dairy Sci* 2015; 98: 6597-6608
57. Morfeld KA, Meehan CL, Hogan JN. et al. Assessment of body condition in African (*Loxodonta africana*) and Asian (*Elephas maximus*) elephants in North American zoos and management practices associated with high body condition scores. *PLoS One* 2016; 11: e0155146
58. Schiffmann C, Clauss M, Hoby S. et al. Visual body condition scoring in zoo animals-composite, algorithm and overview approaches. *J Zoo Aquar Res* 2017; 5: 1-10
59. Frankenberger J, Ballouard J-M, Caron S. et al. Body condition scoring facilitates healthcare monitoring in Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni ssp.*). *PLoS One* 2024; 19: e0301892
60. Committee WSAVAGN. Muscle Condition Score Chart for Dogs. Tufts University; 2013 [Im Internet <https://wsava.org/wp-content/uploads/2020/01/Muscle-Condition-Score-Chart-for-Dogs.pdf>]
61. Committee WSAVAGN. Muscle Condition Score Chart for Cats. Tufts University; 2014 [Im Internet: <https://wsava.org/wp-content/uploads/2020/01/Muscle-Condition-Score-Chart-for-Cats.pdf>]
62. Price ER. The physiology of lipid storage and use in reptiles. *Biol Rev* 2017; 92: 1406-1426
63. Christopher MM. Physical and biochemical abnormalities associated with prolonged entrapment in a desert tortoise. *J Wildl Dis* 1999; 35: 361-366
64. Graham EA, Burns RE, Ossiboff RJ. Depositional Diseases. In: Garner MM, Jacobson ER, Hrsg. *Noninfectious Diseases and Pathology of Reptiles: Color Atlas and Text, Diseases and Pathology of Reptiles*. CRC Press; 2020: 107-156

65. Speakman JR, Booles D, Butterwick R. Validation of dual energy X-ray absorptiometry (DXA) by comparison with chemical analysis of dogs and cats. *Int J Obes* 2001; 25: 439-447
66. Borges NC, Vasconcellos RS, Carciofi AC. et al. DXA, bioelectrical impedance, ultrasonography and biometry for the estimation of fat and lean mass in cats during weight loss. *BMC Vet Res* 2012; 8: 1-9
67. Sion G, Watson MJ, Bouskila A. Measuring body condition of lizards: a comparison between non-invasive dual-energy X-ray absorptiometry, chemical fat extraction and calculated indices. *Frontiers in Zoology* 2021; 18: 1-9
68. Secor SM, Nagy TR. Non-invasive measure of body composition of snakes using dual-energy x-ray absorptiometry. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2003; 136: 379-389
69. Stone MD, Arjmandi B, Lovern MB. Dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) as a non-invasive tool for the prediction of bone density and body composition of turtles. *Herpetol Rev* 2010; 41: 36-42
70. Raffan E, Holden SL, Cullingham F. et al. Standardized positioning is essential for precise determination of body composition using dual-energy x-ray absorptiometry in dogs. *J Nutr* 2006; 136: 1976S-1978S
71. Heuberger W. Einfluss von UV-Licht und Vitamin D auf die Aufzucht von Wasser-und Landschildkröten [Dissertation]. Munich, Germany: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2008
72. Newman EM, Allender MC, Thompson D. et al. Measuring fat content using computed tomography to establish a body condition index in free-ranging Blanding's turtles (*Emydoidea blandingii*) in Illinois. *J Zoo Wildl Med* 2019; 50: 594-603
73. dePersio S, Allender MC, Dreslik MJ. et al. Body Condition of Eastern Box Turtles (*Terrapene Carolina Carolina*) Evaluated by Computed Tomography. *J Zoo Wildl Med* 2019; 50: 295-302
74. Walden MA, Jania R, Kinney ME. et al. Computed tomography for measuring body fat reserves in the threatened Mojave desert tortoise (*Gopherus agassizii*). *J Zoo Wildl Med* 2022; 53: 412-423
75. Rawski M, Józefiak D. Body condition scoring and obesity in captive African side-neck turtles (*Pelomedusidae*). *Ann Anim Sci* 2014; 14: 573-584
76. Harris HS, Benson SR, James MC. et al. Validation of ultrasound as a noninvasive tool to measure subcutaneous fat depth in leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*). *J Zoo Wildl Med* 2016; 47: 275-279
77. Hochleithner C, Sharma A. Ultrasonography. In: Divers SJ, Stahl SJ, Hrsg. *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*. 3. Aufl. St. Louis (MS): Elsevier; 2019: 543-559
78. Divers SJ. Endoscopy. In: Divers SJ, Stahl SJ, Hrsg. *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*. 3. Aufl. St. Louis (MS): Elsevier; 2019: 589-623
79. Jeusette IC, Lhoest ET, Istasse LP. et al. Influence of obesity on plasma lipid and lipoprotein concentrations in dogs. *Am J Vet Res* 2005; 66: 81-86
80. Diez M, Michaux C, Jeusette I. et al. Evolution of blood parameters during weight loss in experimental obese Beagle dogs. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 2004; 88: 166-171
81. Xenoulis PG, Steiner JM. Lipid metabolism and hyperlipidemia in dogs. *Vet J* 2010; 183: 12-21
82. Stevenson R, Woods WA. Condition indices for conservation: new uses for evolving tools. *Integr Comp Biol* 2006; 46: 1169-1190
83. Fledelius B, Jørgensen G, Jensen H. et al. Influence of the calcium content of the diet offered to leopard tortoises (*Geochelone pardalis*). *Vet Rec* 2005; 156: 831-835
84. Gramanzini M, Di Girolamo N, Gargiulo S. et al. Assessment of dual-energy x-ray absorptiometry for use in evaluating the effects of dietary and environmental management on Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*). *Am J Vet Res* 2013; 74: 918-924
85. Ritz J. Variation in growth of herbivorous tortoises: causes and consequences for reproduction and health management [Doctoral dissertation]. University of Zurich. 2011

86. Salt C, Morris PJ, German AJ. et al. Growth standard charts for monitoring bodyweight in dogs of different sizes. *PLoS One* 2017; 12: e0182064
87. Wilbur HM. A growth model for the turtle *Chrysemys picta*. *Copeia* 1975; 337-343
88. Lambert MR. Studies on the growth, structure and abundance of the Mediterranean spur-thighed tortoise, *Testudo graeca* in field populations. *J Zool* 1982; 196: 165-189
89. Frazer NB, Ladner RC. A growth curve for green sea turtles, *Chelonia mydas*, in the US Virgin Islands, 1913-14. *Copeia* 1986; 1986: 798-802
90. Cox WA, Hazelrig JB, Turner ME. et al. A model for growth in the musk turtle, *Sternotherus minor*, in a north Florida spring. *Copeia* 1991; 954-968
91. Bjørndal KA, Bolten AB, Coan AL. et al. Estimation of green turtle (*Chelonia mydas*) growth rates from length-frequency analysis. *Copeia* 1995; 71-77
92. Lindeman PV. Growth curves for *Graptemys*, with a comparison to other emydid turtles. *Am Midl Nat* 1999; 142: 141-151
93. Willemsen RE, Hailey A. Variation in adult survival rate of the tortoise *Testudo hermanni* in Greece: implications for evolution of body size. *J Zool* 2001; 255: 43-53
94. Znari M, Germano D, Macé J-C. Growth and population structure of the Moorish Tortoise (*Testudo graeca graeca*) in Westcentral Morocco: possible effects of over-collecting for the tourist trade. *J Arid Environ* 2005; 62: 55-74
95. Ritz J, Griebeler EM, Huber R. et al. Body size development of captive and free-ranging African spurred tortoises (*Geochelone sulcata*): high plasticity in reptilian growth rates. *Herpetol J* 2010; 20: 213-216
96. Ritz J, Hammer C, Clauss M. Body size development of captive and free-ranging Leopard tortoises (*Geochelone pardalis*). *Zoo Biol* 2010; 29: 517-525
97. Arsovski D, Tomović L, Golubović A. et al. When carapace governs size: variation among age classes and individuals in a free-ranging ectotherm with delayed maturity. *Oecologia* 2018; 186: 953-963
98. Daly JA, Buhlmann KA, Todd BD. et al. Comparing growth and body condition of indoor-reared, outdoorreared, and direct-released juvenile Mojave Desert Tortoises. *Herpetol Conserv Biol* 2018; 13: 622-633
99. Corson A, Laws J, Laws A. et al. Percentile growth charts for biomedical studies using a porcine model. *animal* 2008; 2: 1795-1801
100. Onoda T, Yamamoto R, Sawamura K. et al. Empirical Percentile Growth Curves with Z-scores Considering Seasonal Compensatory Growths for Japanese Thoroughbred Horses. *J Equine Sci* 2013; 24: 63-69
101. Group WMGRS. de Onis M. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr* 2006; 95: 76-85
102. Jackson CG, Trotter JA, Trotter TH. et al. Accelerated growth rate and early maturity in *Gopherus agassizi* (Reptilia: Testudines). *Herpetologica* 1976; 139-145
103. Brooks MA. Important Factors in Chelonian Nutrition. *Vet Clin N Am – Exot Anim Pract.* 2023
104. Roberts JF, Warner DA. Physiology and Diseases of the Reproductive System. In: Garner MM, Jacobson ER, Hrsg. *Noninfectious Diseases and Pathology of Reptiles: Color Atlas and Text, Diseases and Pathology of Reptiles.* CRC Press; 2020: 331-428
105. McArthur S, Barrows M. Nutrition. In: McArthur S, Wilkinson R, Meyer J, Hrsg. *Medicine and Surgery of Tortoises and Turtles.* UK: John Wiley & Sons; 2004: 73-85
106. Highfield A. Notes on dietary constituents for herbivorous terrestrial chelonian and their effects on growth and development. *ASRA (UK) J* 1989; 3: 7-20

III. PUBLIKATION 2: ORIGINAL PUBLIKATION

**Body condition scoring facilitates healthcare monitoring in Hermann's
Tortoises (*Testudo hermanni ssp.*)**

Julia Frankenberger¹, Jean-Marie Ballouard², Sebastien Caron², Yury Zablotski¹,
Petra Kölle¹

¹LMU Small Animal Clinic, Centre for Clinical Veterinary Medicine, LMU
Munich, Munich, Germany

²Station d'Observation et de Protection des Tortues et de leurs Milieux
(SOPTOM), CRCC, Gonfaron, France

Online veröffentlicht in "PLoS One" am 18. April 2024

[PLoS One](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892). 2024; 19(4): e0301892. DOI: [10.1371/journal.pone.0301892](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892)

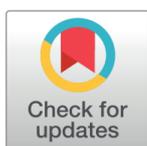
RESEARCH ARTICLE

Body condition scoring facilitates healthcare monitoring in Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni ssp.*)

Julia Frankenberger^{1*}, Jean-Marie Ballouard², Sebastien Caron², Yury Zablotski¹, Petra Kölle¹

1 LMU Small Animal Clinic, Centre for Clinical Veterinary Medicine, LMU Munich, Munich, Germany, **2** Station d'Observation et de Protection des Tortues et de leurs Milieux (SOPTOM), CRCC, Gonfaron, France

* paper@familiefrankenberger.de



OPEN ACCESS

Citation: Frankenberger J, Ballouard J-M, Caron S, Zablotski Y, Kölle P (2024) Body condition scoring facilitates healthcare monitoring in Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni ssp.*). PLoS ONE 19(4): e0301892. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892>

Editor: Murtada D. Naser, Marine Science Centre, University of Basrah, IRAQ

Received: December 29, 2023

Accepted: March 22, 2024

Published: April 18, 2024

Copyright: © 2024 Frankenberger et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: All relevant data are within the manuscript and its [Supporting Information](#) files.

Funding: For the research Julia Frankenberger approved 1500€ from the Ingo and Waltraud Pauler Fond from the AG ARK (part of the DGHT). The money was used as reimbursement of travel costs <https://ag-ark-1.jimdosite.com/fonds/>. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Abstract

Clinical assessment of body condition is crucial in captive and free-ranging reptiles, since a large percentage of diseases result from inadequate nutrition. However, preventive health care is restricted by the lack of a practical method for the assessment in tortoises. Pre-existing evaluation systems based on weight and shell measurements are laborious and ignore the clinical presentation of the animal. The present study aimed to facilitate the assessment by establishing a body condition score. A total of 373 Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni*) (n = 281 tortoises kept as pets in Germany and n = 92 tortoises originating from a free-ranging population (68) or a rearing station (24) in France) were examined and data (weight (g), carapace length (cm), width (cm), height (cm)) were recorded in a standard protocol between October 2020 and October 2021. A modified version of a body condition score for Mojave Desert Tortoises (*Gopherus agassizii*) (1 = cachectic, 3 = ideal, 5 = obese) was utilized and tested against pre-existing shell measurement systems (Jackson's ratio, body condition index, volume condition index, circumferential product). German captive tortoises were significantly heavier and larger than French specimens. In the Spearman's correlation matrix, the body condition score showed a statistically significant correlation with all measurement methods in the total population of captive tortoises (*Testudo hermanni boettgeri*), with a medium correlation strength, and a lack of correlation in free-ranging tortoises (*Testudo hermanni hermanni*). However, individual animal data suggested misleading results of mathematical equations in terms of body condition. Clinical evaluation of tortoises, including a body condition score, should be considered essential to provide good healthcare and should be an integral part of general examination.

Introduction

While the Hermann's Tortoise (*Testudo hermanni*) is likely Europe's most popular reptile species in captivity [1, 2], it is listed as "Near threatened" in the IUCN Red list of endangered

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

species [3]. Tortoise protection centres such as “Station d’Observation et de Protection des Tortues et de leurs Milieux” (SOPTOM) in the south of France are essential to secure their conservation in the wild [4]. Despite their popularity and conservation efforts, the fundamental assessment of their body condition continues to be challenging for veterinarians and ecologists. Given the large impact of diseases resulting from inadequate nutrition, clinical assessment of body condition in reptiles is crucial [5–7]. However, due to the particular difficulties posed by tortoise anatomy, preventive health care is restricted by the lack of a practical method of assessment.

Body condition, commonly described as a marker for the body’s energy reserves, is generally considered an important gauge of an animal’s health and fitness [8, 9]. It indicates the gross trophic and hydric status of individuals and is thus a key integrative parameter that responds to annual and environmental fluctuations in tortoises [10–12]. Recognizing high body condition as a sign of chronic energy surplus is an important step in preventing obesity-related diseases such as steatosis, yolk coelomitis and dystocia [7, 13]. Similarly, detecting poor body condition is crucial, as this can be a sign of malnutrition or an underlying chronic disease that threatens survival, especially during the annual hibernation period [14–17].

For the past few decades, the mathematical relationship between body mass and carapace length has been widely used as a non-destructive method of assessing growth and body condition in tortoises. This relationship was mainly used in the context of Jackson’s ratio [18, 19] and the body condition index [20] (Table 1). These methods, however, have raised concerns as the body mass of a tortoise may be influenced by many underlying factors, including the shape of the carapace, bone structure, bladder filling, state of reproduction in female specimens, gut content, potential lithophagy, oedema, or liver disease [21–23]. More recent considerations base their calculations on parameters such as shell volume instead of carapace length [24–27] (Table 1). These volume equations aim to eliminate factors as sexual dimorphism or interpopulation differences and meet increasing interest in the design of current body condition studies [26–28]. Suggestions for further simplification of these calculations were made by tortoise breeders [29, 30], with the approach of creating a formula from a circumferential product using rounded carapace measurements. While all of the above-mentioned equations present the assessor with an objective result and cause only minimal disturbance to the animal, the mathematic approach is too laborious for daily practice and ignores the clinical presentation of the animal itself.

Table 1. Summary of measurement methods for body condition assessment in tortoises used in the present study.

Method	Parameters	Formula
Body condition score	Muscle mass, fat tissue and bones	Subjective visual and palpatory assessment of muscularity and fat storage according to fixed skeletal points
Jackson’s ratio ^a	Weight and carapace length	$\frac{\text{weight(g)}}{\text{straight length(cm)}^3}$
Body condition index ^a	Weight and carapace length, adjusted to sex and month	$\frac{\text{LOG}(\text{weight(g)})}{(-a+b \cdot \text{LOG}(\text{straight carapace length(mm)})}$ -a and b are adjusted according to sex and month
Volume index based on a rectangle ^b	Weight and carapace length, -height and -width	$\frac{\text{weight(g)}}{\text{straight length} \cdot \text{straight width} \cdot \text{straight height(cm)}}$
Volume index based on an ellipsoid ^b	Weight and carapace length, -height and -width	$\frac{6 \cdot \text{weight(g)}}{\pi \cdot \text{straight length} \cdot \text{straight width} \cdot \text{straight height(cm)}}$
Circumferential product ^b	Weight and circumference of carapace length and -width	$\frac{\text{weight(g)}}{\text{rounded length} \cdot \text{rounded width(cm)}}$

^aIn case of the Jackson’s ratio and the body condition index, the names were derived from literature

^bThe other systems were given descriptive names to facilitate discussion.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.t001>

In this respect, the body condition scoring system (BCS) could provide a rapid and non-invasive measurement system, analogous to domestic mammals and zoo animals, where it already constitutes an integral part of health screening [31–39]. In general, the body condition score is a subjective, semi-quantitative instrument based on key skeletal elements, using both visual aspects of the body's shape as well as palpatory features, such as the prominence of musculature, fat tissue and bones. The two most frequently applied BCS systems are classified on a scale of 1–5 or 1–9, with a low score (1–2 resp. 1–4) indicating under-condition, a middle score (3 resp. 5) assuming ideal condition and a high score (4–5 resp. 4–9) indicating over-condition. In tortoises, however, the shell hides notable features such as the ribcage or the body silhouette. In addition, in reptiles, adipose tissue is also stored in the liver and solid fat bodies in the coelomic area and not evenly subcutaneously, as their need for insulation is lower than in homeothermic animals [13, 40–42].

Recently, promising efforts have been made to create modified BCS systems for reptiles. Snakes such as Burmese pythons (*Python bivittatus*) or Corn snakes (*Pantheropsis guttatus*) would seem to portray ideal candidates for validation of body condition assessments due to their simple body plans [43, 44], and American Crocodiles (*Crocodylus acutus*) and Leopard Geckos (*Eublepharis macularius*) also allow for full body examination [45, 46], however, the shell of chelonians poses a major constraint for the direct transfer of results, even within Testudines. The plastron of green turtles (*Chelonia mydas*) may permit for a certain expansion of the body circumference and therefore allow for a degree of visual depiction of the fat storage within the body [47]. African Side-neck turtles display a wider inguinal field for mobility in water, therefore present the assessor with a larger visual area for examination [15]. There is little data on body condition scoring in tortoises. While Lamberski [48] provides an excellent collection of sample photographs and a detailed body condition protocol in their study on Mojave Desert Tortoises, however, no comparison with an objective measurement assessment was performed for its validation. Gimmel et al. [49] evaluated 34 Hermann's Tortoises using two assessment points, which did not correlate with the Jacksons' ratio or the body condition index.

The knowledge on body condition scoring in tortoises is largely based on very limited data. The aim of the present study was thus to propose a species specific BCS system to the Hermann's Tortoise and test it against the above-mentioned objective calculations of shell measurement systems in a larger population (Table 1). Additionally, the study intended to evaluate how the factors carapace deformation, sex, origin, and subspecies may influence the correlation, and to what extent the shell measurement systems could therefore be substituted for one another. Ultimately, the study aimed to improve health screening in Hermann's Tortoises by assessing whether the body condition score could provide a rapid, non-invasive, and low-cost general examination tool for domestic tortoises in veterinary practice and facilitate body condition assessment in free-ranging tortoises.

Materials and methods

Animals and husbandry

Most data originated from German captive tortoises. Tortoise breeders, private owners and reptile rescue stations in Germany participated in the study program following an appeal in Facebook groups or via direct phone or e-mail inquiries. This way, a total of 256 Hermann's Tortoises (117 male and 139 female) kept as pets were assessed from October 2020 to October 2021. To reduce measurement variations, the same veterinarian conducted the assessments listed further below using the same equipment. Data was recorded in entry forms and later manually transferred into Excel sheets. Included were all clinically healthy *T. hermanni*, except

Table 2. Hermann's Tortoises measured in the present study, divided according to the respective criteria.

	German Tortoises (n)	French Tortoises (n)	Total study population (n)
All sexes	281	92	373
Female	139	57	196
Male	117	33	150
Unsexed	25	2	27
T. h. hermanni	25	92	117
T. h. boettgeri	256	0	256
Captive	281	24	305
Free-ranging	0	68	68

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.t002>

for those missing extremities. A number of tortoises were also photographed to allow for later analysis. In addition, the French tortoise conservation centre “Station d’Observation et de Protection des Tortues et de leurs Milieux” (SOPTOM) were provided with a protocol including precise measurement guidelines and sample photographs. They submitted data on 27 male, 39 female and 2 unsexed Hermann’s tortoises originating from a free-ranging population in southern France and 6 male and 18 female Hermann’s tortoises from their breeding centre in Gonfaron in October 2021. Finally, data on 25 unsexed tortoises were provided by a German veterinary practice specialized in reptiles following the same protocol. All animals had a straight carapace length greater than 10 cm, as suggested by Stubbs et al. [50] and used in the study design by Willemsen and Hailey [20]. This resulted in a total study population of 373 Hermann’s Tortoises (Table 2).

First, history was taken from the animal’s owner, and documents of the animal were sighted if available. Age was noted in years. If age could not be determined based on the documents, which was often the case with found animals in rescue stations, the age was estimated from growth rings on the plastron and carapace and the ventral midline seam of the plastron [51–53]. Accordingly, the animals were divided into corresponding age groups: 0 = under 5 years of age; 1 = 5–10 years of age; 2 = 10–15 years of age; 3 = 15–20 years of age; 4 = 20–30 years of age; 5 = 30–60 years of age; 6 = over 60 years of age. The husbandry of most tortoises could be inspected, and the feeding regime was noted. Animals measured from private owners, breeders, and rescue centres were kept outdoors, hibernated annually, and fed over 80% wild herbs and forage at the time of data collection.

Two subspecies of *Testudo hermanni* are recognized: *Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1789, which originates from the western Mediterranean region, and *Testudo hermanni boettgeri* Mojsisovits, 1889, whose range mainly comprises the Balkan region [54, 55]. For the distinction between these subspecies, identification papers and external features were used, such as the colour and shape of carapace and plastron, presence of a yellow cheek patch and the length of plastron seams. Most of the tortoises measured in Germany were animals of the subspecies *T. h. boettgeri*, while all French tortoises belonged to the subspecies *T. h. hermanni*.

Body weight and metrics

As tortoises tend to defecate and urinate when handled, animals were treated carefully, and body mass was the first parameter recorded. An electronic scale (Tristar Electronic Balance®, Germany) was used for all measurements, and body mass was recorded to the nearest 1g. Sex was determined by plastron concavity, the shape of the rear marginal scute, position of cloaca and relative tail size [53, 56, 57].

The following parameters were then measured with an analogue DIN-862-certified 300mm caliper (Germany) to the nearest 1mm: straight carapace length (from nuchal notch to supracaudal notch), straight carapace width (at the level of the third vertebral scute) and straight carapace height (from the plastron to the highest point of the third vertebral scute; in deformed animals to the highest point). Afterwards, the circumference of the animal was measured with a flexible tape (Prym, Germany) to the nearest 1mm as follows: rounded carapace length (circumference over the length of the animal, over nuchal notch and supracaudal notch) and rounded carapace width (circumference over the width of the carapace at the level of the third vertebral scute, in deformed animals to the highest point) (Fig 1).

The degree of pyramidal growth was determined according to grades given by Wiesner and Iben [2, 58], to test the hypothesis that an abnormal carapace shape may affect the body mass and thus the correlation of a BCS and a mathematic equation. At the time of data collection, the degree of pyramiding was noted as follows: 0 = no pyramiding, 1 = slight pyramiding, 2 = moderate pyramiding, and 3 = high level of pyramiding. Furthermore, the shape of the carapace was considered as follows: 0 = normal shape; 1 = slightly deformed (e.g., slightly flattened); 2 = moderately deformed; 3 = highly deformed (e.g., distinctive hat shape). To facilitate statistical analysis, the scores were pooled as follows: "pyramiding" (degrees 2–4) or "no pyramiding" (degrees 0–1), "deformation" (degrees 2–4) or "no deformation" (degrees 0–1). The assessment of deformity was inspired by the grades of carapace deformation by Bauer et al. [2].

Body condition scoring

Following the measurement of the carapace, the body condition score was assessed. Prior starting the study, two trained veterinarians evaluated tortoises to identify key skeletal elements for body condition assessment in Hermann's Tortoises based on a published body condition score

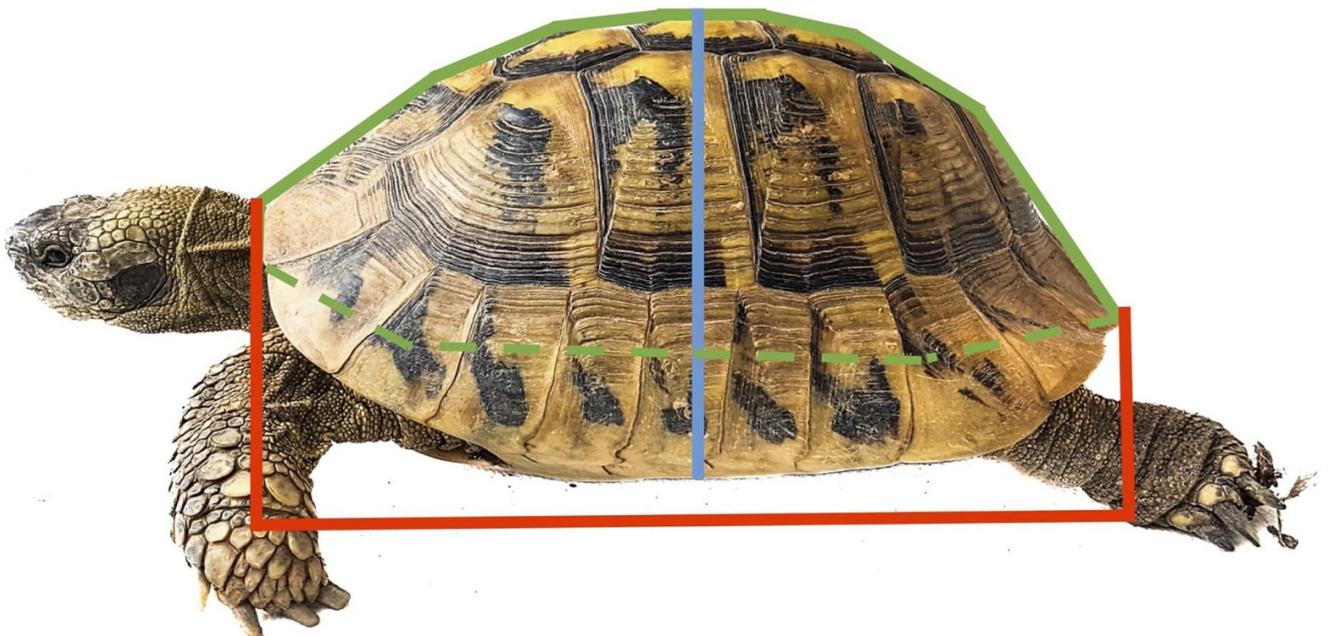


Fig 1. Hermann's Tortoise with marked measurement points. Straight carapace length (from nuchal notch to caudal notch) demonstrated with the red line, carapace height and width (at the level of the third vertebral scute) demonstrated with the blue line and curved carapace and plastron circumference demonstrated with the green line.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.g001>

Table 3. Body condition scoring sheet for Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni*) used in the present study.

	BCS				
	1/5 (emaciated)	2/5 (underweight)	3/5 (good)	4/5 (overweight)	5/5 (obese)
Vertebral spine (neck fully outstretched)	very prominent and sharp, no muscle layer palpable, deep withdrawal into shell possible	prominent, easily palpable, sparse muscle layer palpable	palpable on light pressure, moderate amount of muscle mass	palpable only on pressure, muscle mass prominent	not palpable, tissue very prominent, extruding from shell
Distal Forelimbs	muscle atrophy, may appear concave, bones easily palpable	slight atrophy, muscles appear straight, bones palpable	well-developed musculature, limbs appear convex, bones are not palpable	muscle mass convex, very prominent	muscle mass very prominent, appears rounded
Dorsal head shape	concave, atrophy of temporalis muscle, Crista sagittalis visible, eyes sunken	straight appearance	straight to bi-lobe appearance	bi-lobe appearance	bi-lobe to rounded appearance
Fat depots palpable	no	no	no	slight	yes

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.t003>

for Mojave Desert Tortoises (*Gopherus agassizii*) [48]. The body condition score was then modified into a five-point scale and used for assessment in the present study (Table 3).

First, each individual animal was visually examined by its head shape, limb shape, and whether it was deeply drawn into the shell due to a lack of tissue mass or rather bulging out (Figs 2 and 3). Afterwards, the animal was palpated manually. A score between one and five was then assigned based on the average score, whereby the evaluation of the vertebral spine and distal forelimbs carried more weight than the head shape and fat depot palpability. Intermediate steps were possible for animals that did not fit into one category.

Finally, using the measurements described above, the following equations were calculated in the Microsoft Excel application for each individual: Jackson's ratio [18, 19], body condition index [20], volume condition index of Nagy [24], volume condition index of Loehr [25], circumferential product using rounded carapace measurements (Table 1). As suggested by Williams et al. [14] different equations were used for evaluation of the body condition index in the subspecies *T. h. boettgeri* and *T. h. hermanni* respectively.

The complete data set of Hermann's tortoises measured in the present study can be found in the supporting information (S1 File).

Permits and ethics statement

The ethics committee of the veterinary department of the LMU Munich has approved the research (AZ 224-09-07-2020). The application and approval letter can be found in the supporting information (S2 File). In Germany, since all tortoises were privately owned, the approval for the field site access had been given by the owners. In France, this project was conducted under the permits delivered by prefectural authorities (Departmental Direction of Territory and Sea in the Département du Var) on July 1, 2021, and February 26, 2013 (Cerfa N° 13 616*01). Participant consent was informed prior to the study, given verbally, and witnessed by PD Dr. Petra Kölle. If no consent was given, the tortoise owner was not visited. No minors were included in the study. The animal data were recorded anonymously directly on site.

Statistical analysis

Statistics were performed using R Statistical Software version 4.3.1 (2023-06-16).

To visualize the data and study correlations between parameters, the non-parametric Spearman correlation matrix was used. This allowed testing whether the body condition score correlated with pre-existing systems for measuring body condition, which relationship was



Fig 2. Adult Hermann's Tortoises with different body condition scores (BCS). From left to right: BCS 2.0, BCS 2.5, BCS 3.0, BCS 4.0, BCS 4.5. Notice the deep withdrawal into the shell (arrow) and the muscle atrophy in the forelimbs (circle) of the tortoise in poor condition (BCS 2.0), compared to the tissue bulk around the neck and shoulders (arrow) and prominent muscle mass in the forelimbs (circle) of the tortoise in high condition (BCS 4.5).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.g002>

strongest and whether the measurement systems were interchangeable. In each correlation matrix, the data were first checked for linearity of correlation and normality of distribution.

The hypothesis was first tested in the entire population, taking into account all animals with the exception of those in which individual parameters were missing. In such a case, only the correlations that were possible were performed on this animal (i.e., only correlation of BCS and body condition index). The data was then subdivided according to the parameters of subspecies, origin, husbandry, and sex to detect influencing factors. Additionally, it was assessed whether there was an influence of deformation and pyramiding in the correlation between the BCS and the measurement method with the strongest relationship in the total population, which in this case were the volume indices.

The correlation coefficient ρ in principal ranges from -1 to +1, whereas 0 indicates that there is no linear or monotonic association between two variables, and $\rho + 1$ or -1 signifies the strongest possible relationship. The translation of the correlation coefficient ρ into terms such as "weak", "moderate" or "strong" correlation is inconsistent in literature. Instead of clear cut-off values, it was suggested that rather an interpretation be made in the context of the question posed [59].

Furthermore, it was investigated whether there was sexual dimorphism and a difference in size between the French and German animals in the data set, hypothesizing that female specimens from Germany (mostly *T. h. boettgeri*) were presumably larger and heavier than their male or French (*T. h. hermanni*) counterparts. To this end, the two samples t-test and Mann-Whitney U test were used. First, data were checked for normality of distribution by using Shapiro-Wilk normality tests. When data were not normally distributed, as indicated by low Shapiro-Wilk p-values ($p < 0.05$) in at least one of the groups, Mann-Whitney U test was used. When data were normally distributed, as indicated by high Shapiro-Wilk p-values ($p > 0.05$) in both samples, the homogeneity of variances was checked with Levene's Test for



Fig 3. Adult Hermann's Tortoises with different body condition scores (BCS). Tortoises in poor (left, BCS 2.0), good (center, BCS 3.0) and high (right, BCS 4.5) condition showing the difference in tissue bulk around the axillar region between these condition categories (circle).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.g003>

Homogeneity of Variance. When variances between two samples were similar ($p > 0.05$), Student's t-test was used. When variances were different ($p < 0.05$), Welch's t-test was used.

Level of statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results

Correlation between body condition score and shell measurements

In the total population, there was a significant positive correlation ($p < 0.05$) between the body condition score and all measurement systems. The strength of the correlation differed slightly when considering the subspecies *T. h. boettgeri* and *T. h. hermanni* (Table 4).

The full correlation matrix, including the comparison between measurement methods, is shown in Fig 4.

To determine the influence of the origin of the animals, the data set was split up and the same correlations as shown above were conducted with German and French animals. In the total German population, the correlation of BCS and the volume indices showed the strongest relationship ($\rho: 0.387, p < 0.001$), while in the total French population, it was the correlation of BCS with the circumferential product ($\rho: 0.543, p < 0.001$). In both cases, the correlation of BCS and Jackson's ratio showed the lowest relationship (German tortoises: $\rho: 0.304, p < 0.001$, French tortoises: $\rho: 0.221, p < 0.05$).

Further differences emerged when the data was broken down by sex. In German tortoises, there was an overall significant positive correlation of the BCS and all measurement methods in male and female specimens. In females, the BCS to volume indices correlation showed the highest effect size ($\rho: 0.420, p < 0.001$), and the BCS to Jackson's Ratio the lowest effect size ($\rho: 0.324, p < 0.001$). In males, the BCS to BCI correlation showed the highest effect size ($\rho: 0.351, p < 0.001$), while the BCS to volume indices correlation showed the lowest effect size ($\rho: 0.266, p < 0.01$). While in French tortoises, all correlations were significant in females, with the BCS to circumferential product correlation showing the highest effect size ($\rho: 0.627, p < 0.001$) and the BCS to Jackson's ratio correlation showing the lowest effect size ($\rho: 0.290, p < 0.05$), in male tortoises there was no significant correlation of the BCS with any equation.

The most surprising discovery was made when checking the data for an influence of the husbandry of the animals. While in captive animals, there was a significant correlation between the body condition score and the volume indices ($\rho: 0.645, p < 0.001$), the

Table 4. Strength of correlation between BCS and measurement methods ranging from strongest to weakest (from left to right).

Total population				
	Volume indices	Circumferential product	BCI	Jackson's ratio
BCS	0.373***	0.367***	0.319***	0.286***
<i>T. h. boettgeri</i>				
	Volume indices	BCI	Circumferential product	Jackson's ratio
BCS	0.405***	0.336***	0.334***	0.316***
<i>T. h. hermanni</i>				
	Circumferential product	Volume indices	BCI	Jackson's ratio
BCS	0.482***	0.340***	0.288**	0.215*

^aStrength of correlation is indicated by the Spearman correlation coefficient rho. Stars indicate p-values

* = $p < 0.05$

** = $p < 0.01$

*** = $p < 0.001$

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.t004>

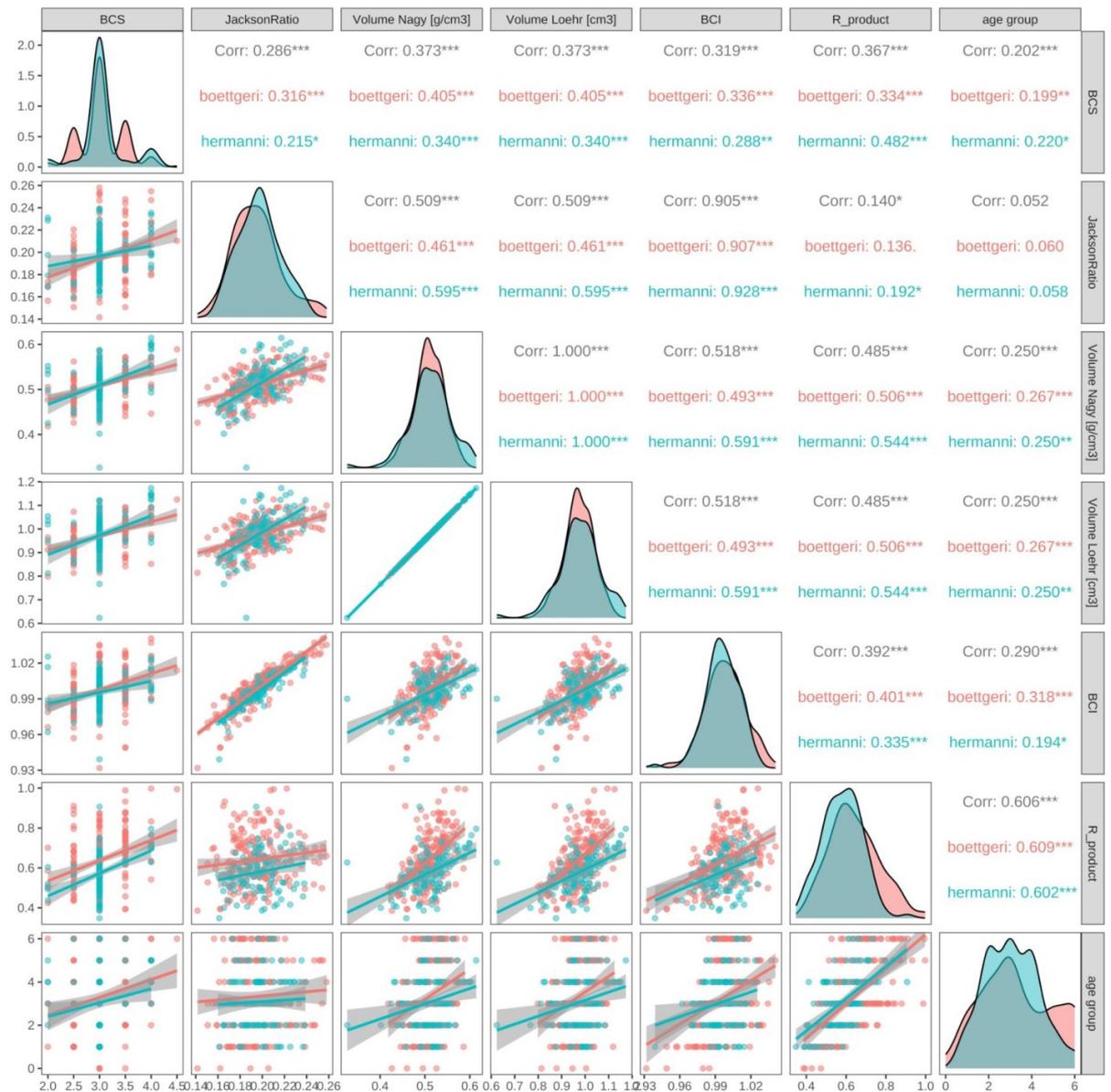


Fig 4. Data visualization in the spearman correlation matrix of the total population. Spearman correlation coefficient rho is indicated in gray (total population), pink (*Testudo hermanni boettgeri*) and blue numbers (*Testudo hermanni hermanni*), p-values are indicated by stars: * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.g004>

circumferential product ($\rho: 0.870, p < 0.001$) and the BCI ($\rho: 0.419, p < 0.05$), but not for the Jackson's ratio, astonishingly, in free-ranging animals, there was no significant correlation between the body condition score and any other measurement method at all.

Regarding the effect of carapace deformation and pyramidal growth, a correlation was performed between the body condition score and the measurement method with the strongest correlation in the total population, which in the case of the current study was the volume index by Loehr et al. [25]. In the data set, animals without carapace deformation or pyramidal growth showed a significant positive correlation ($\rho: 0.372, p < 0.001$). The number of deformed animals was however too small to draw statistical evidence.

Size differences and sexual dimorphism

For the investigations on size differences and to check for sexual dimorphism, only animals for which all measurement data was available were considered. As expected, distinct sexual dimorphism was discovered in the data set, with female German tortoises being significantly heavier and larger than their male counterparts. In detail, German tortoises were heavier (females: median $1159.00 \pm 713.00\text{g}$, males: median $724.00 \pm 271.00\text{g}$), longer (females: mean $18.28 \pm 3.12\text{cm}$, males: mean $15.66 \pm 1.90\text{cm}$), broader (female: mean $13.97 \pm 2.28\text{cm}$, males: mean $12.48 \pm 1.50\text{cm}$) and higher (female: mean $8.96 \pm 1.55\text{cm}$, males: mean $7.69 \pm 0.90\text{cm}$) and than their male counterparts (Figs 5 and 6).

In total, German tortoises (including mostly *T. h. boettgeri*) were significantly heavier and larger than French tortoises (*T. h. hermanni*). This effect also persisted when including only animals with roughly ideal body condition (2.5–3.5). These animals showed a median body weight of 641.0g in French tortoises ($n = 71$) and 914.5g in German tortoises ($n = 216$). They were in median 14.9cm (French tortoises, $n = 71$) and 16.9cm (German tortoises, $n = 216$) long respectively, had a median width of 11.2cm (French tortoises, $n = 71$) and 13.1cm (German tortoises, $n = 216$) and a median height of 7.4cm (French tortoises, $n = 71$) and 8.3cm (German tortoises, $n = 216$).

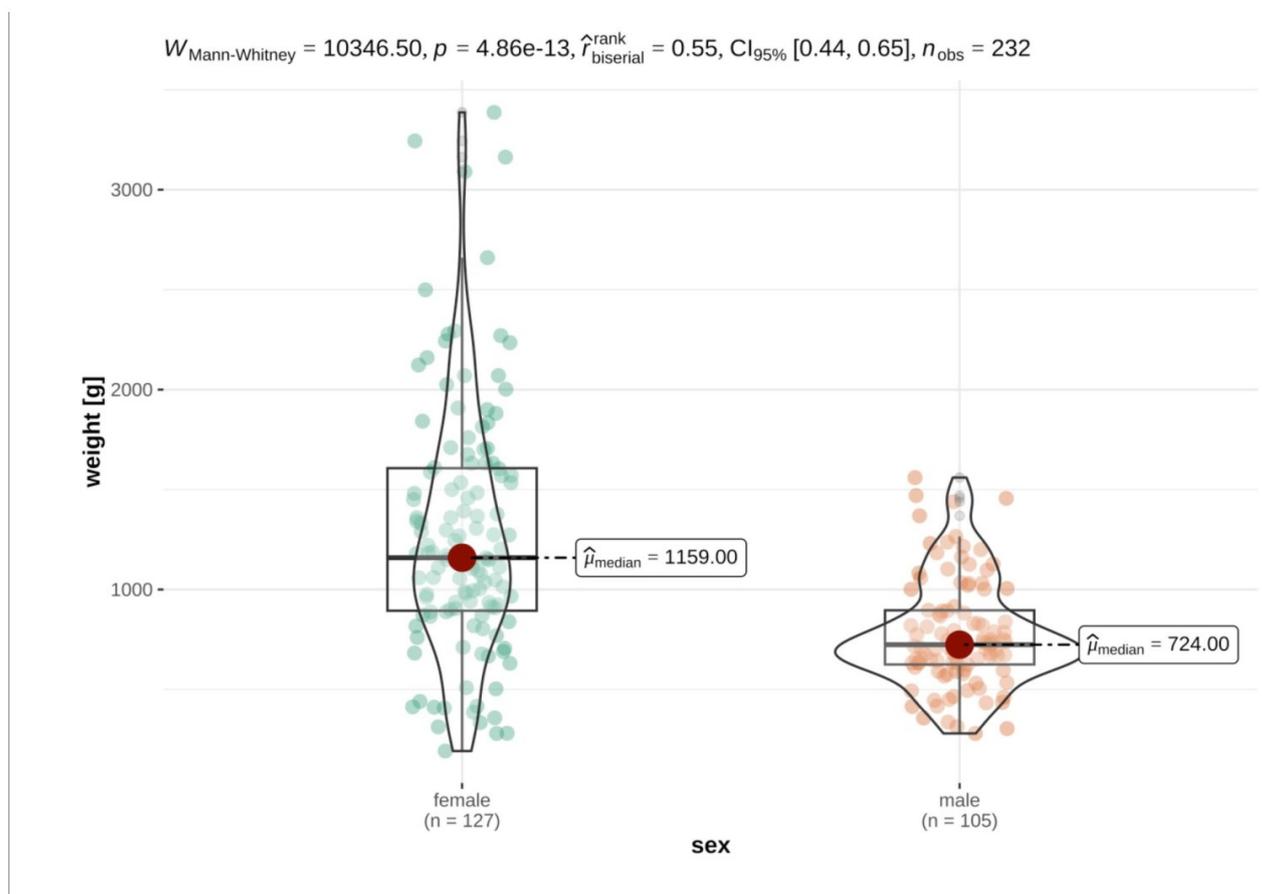


Fig 5. Violin plots of variance distribution of weight in male and female German tortoises. Individual data points are distributed as colored dots within each category, with the box indicating the middle half of the data set and the width of the box expanding with the number of data points. The median values are shown as red dots.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.g005>

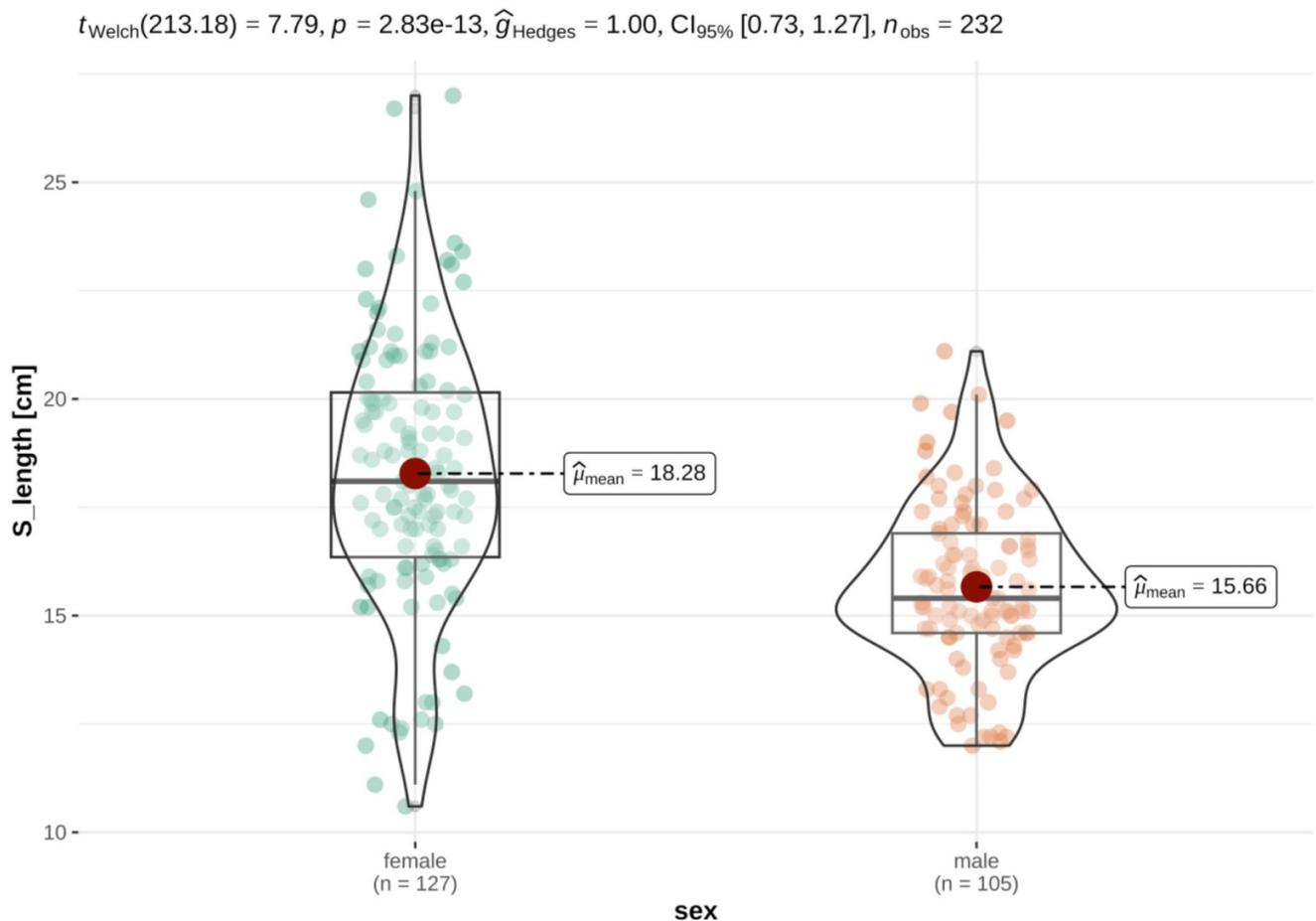


Fig 6. Violin plots of variance distribution of carapace length in male and female German tortoises. Individual data points are distributed as colored dots within each category, with the box indicating the middle half of the data set and the width of the box expanding with the number of data points. The mean values are shown as red dots. This effect was also seen in French tortoises, where female tortoises were significantly heavier (females: mean $816.53 \pm 192.24\text{g}$, males: mean $423.69 \pm 111.08\text{g}$) longer (females: median $15.96 \pm 1.57\text{cm}$ males: median $13.05 \pm 1.51\text{cm}$), broader (female: median $11.84 \pm 0.95\text{cm}$, males: median $10.26 \pm 1.04\text{cm}$) and higher (female: median $8.13 \pm 0.59\text{cm}$, males: median $6.58 \pm 0.53\text{cm}$) than their male counterparts (Figs 7 and 8).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.g006>

A considerable proportion of animals in the data set were in normal condition (62.2%), while 21.7% were over-conditioned and 16.1% were under-conditioned. In general, female German tortoises had higher body condition scores (56.1% in good condition, 28.8% over-conditioned, 15.1% under-conditioned) than males (54.7% in good condition, 19.7% over-conditioned, 25.6% under-conditioned). The same applied to French female tortoises that displayed higher body condition scores (77.2% in good condition, 21.0% over-conditioned, 1.8% under-conditioned) compared to males (90.9% in good condition, 0.0% over-conditioned, 9.1% under-conditioned).

Discussion

Although various techniques are known for assessing the body condition of mammals, their application in tortoises is limited. Current gold standard for measuring body composition including fat and muscle proportions in cats and dogs is the dual-energy X-ray absorptiometry [60, 61]. In principle, this tool is available also to chelonians, but the precision is constrained due to the overlay of the entire coelomic cavity with the carapace [62–64]. In addition, proper

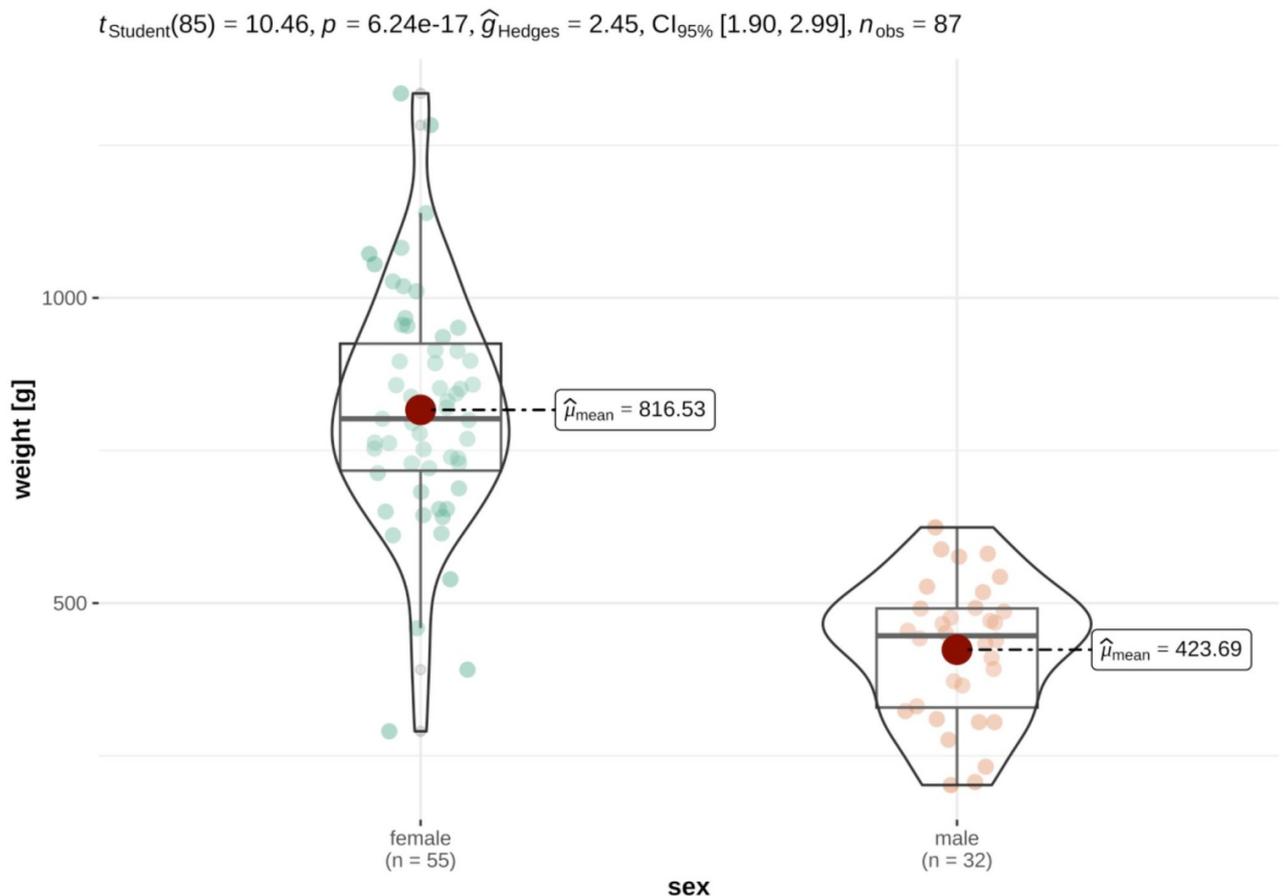


Fig 7. Violin plots of variance distribution of weight in male and female French tortoises. Individual data points are distributed as colored dots within each category, with the box indicating the middle half of the data set and the width of the box expanding with the number of data points. The mean values are shown as red dots.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.g007>

positioning of the animal is crucial to ensure accuracy in the measurement [65], therefore the animal should ideally be anesthetized. This also applies for computed tomography [66, 67]. In addition to the great expenditures and excessive costs for these procedures, most practices further lack the equipment to perform these assessments. While blood analysis is generally a valuable tool for health screening in reptiles, the determination of triglycerides has no reliable diagnostic value for the assessment of nutritional status due to the strong influence by vitellogenesis [12, 68–72]. Ultrasound, in principle, offers the possibility to measure depth of the subcutaneous fat layer, especially in larger sea turtles [73]. However, in addition to the difficulties presented with smaller individuals, reference values in tortoises do not appear to have been established and exact localization and interpretation of intracoelomic fat deposits remains challenging. Other methods for the measurement of body composition, such as total lipid extraction, gas dilution, chemical analysis, or electrical conductivity [74], are elaborate and generate considerable stress for the animals.

The purpose of the present study was to examine whether the body condition score could facilitate the assessment of body condition compared to the mathematical equations that currently represent the most viable alternative for the non-invasive assessment of tortoises. To this end, the significant positive correlation between the body condition score and the mathematical equations in captive tortoises is of particular interest to the veterinarian community.

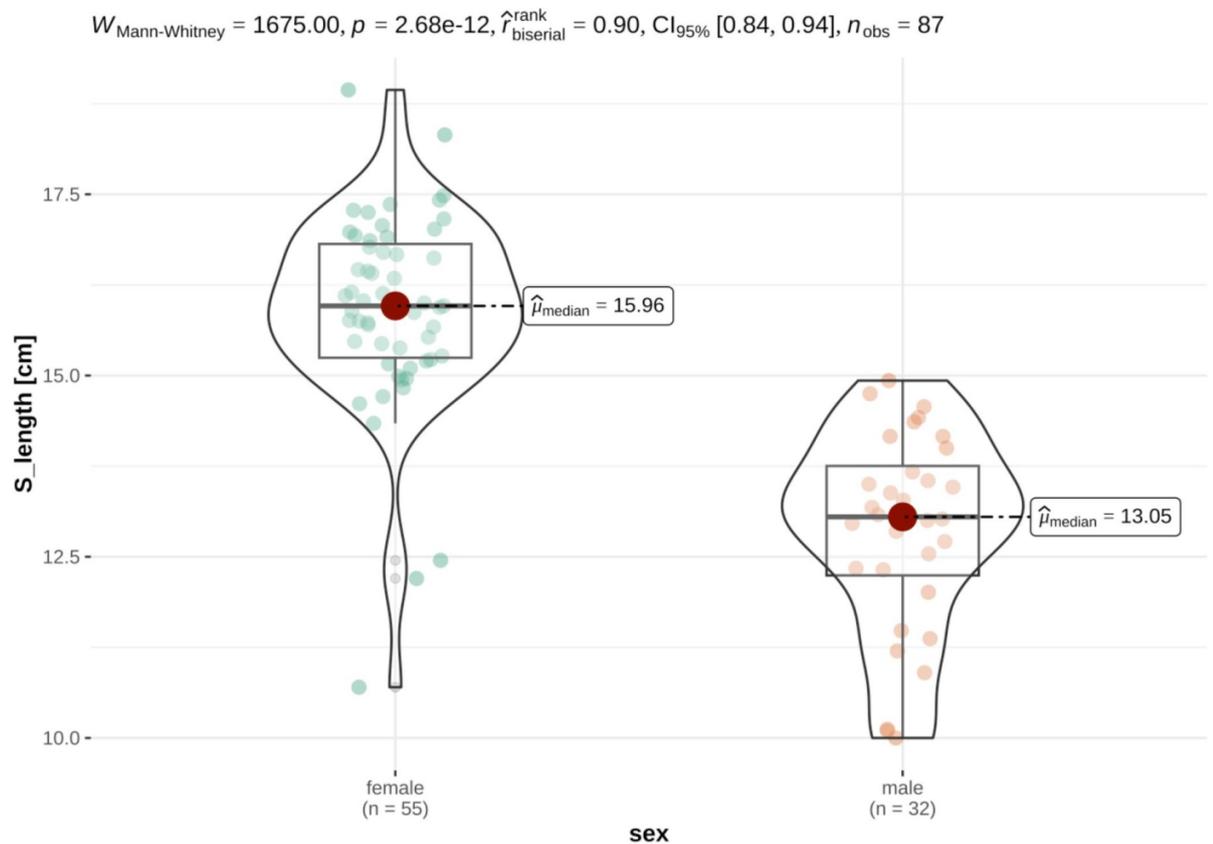


Fig 8. Violin plots of variance distribution of carapace length in male and female French tortoises. Individual data points are distributed as colored dots within each category, with the box indicating the middle half of the data set and the width of the box expanding with the number of data points. The median values are shown as red dots.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301892.g008>

The relationship represented a medium magnitude in the data set, combined with very low p-values, suggesting a significant relationship that is not attributable to chance, but that the results should also be interpreted with consideration. The positive correlation signifies a linear association [75]. Therefore, the higher the index to predict body condition, the higher also the body condition score of an animal, and vice versa. These findings support the hypothesis that a BCS provides comparable results for body condition assessment as mathematical equations.

However, evidence was found that the mathematical equations may not always display the body condition of the tortoise correctly. Regardless of the overall correlation of the measurement systems with the BCS, individual animals with normal or high values in the carapace measurements at the same time displayed a body condition score that was significantly too low and suggested a necessity for medical attention. Conversely, a high measurement score could have led to the false assumption that the animal was in good condition. Pathological reasons for increased weight with low body condition include stasis of the bladder, lithophagy, oedema, egg peritonitis or liver disease [21–23]. These findings are in accordance with Jacobson [21], who argued on many factors limiting body condition assessment based on measurements only: Firstly, when only considering the carapace length and the weight of the animal, sexual dimorphism in tortoises is ignored. The differently shaped shell of female specimens may however be heavier than the male counterpart and therefore wrongly suggest a higher body condition [22]. The quality of bone including that of the shell may also play a part in

body mass. Another issue to consider is the influence of hydration and bladder filling, which can account for up to 30% of the body weight of some tortoises [24].

Concurrently, individual animals with low values in the mathematical equations exhibited high body condition scores at the same time. Considerations of Willemsen and Hailey offer a possible answer to this phenomenon: since their volume is mostly constrained within their shell, fat might increase at the expense of higher density tissue such as muscle and thus lower the body mass of a tortoise with increasing condition [20]. However, intrusive studies would be required to confirm such a theory. Although the body condition score cannot be the sole predictor of health status, this discrepancy underlines the importance of clinical assessment of each animal.

Further data collection on animals with extremely low (<2.0) or extremely high body condition score (>4.5) values might add to determine further influences, which are missing in the data set of the current study. It must be considered that the survey was based on the voluntary participation of tortoise keepers. Participation is expected to be higher among pet owners who keep their animals in a species-appropriate manner than among owners whose animals correspond to the extremes. Further effort was made with an e-mail survey to reptile veterinarians, but there was little feedback. Nevertheless, the BCS range of 2.0 to 4.5 in captive tortoises appeared sufficient to demonstrate the correlation pattern for the BCS.

Despite the above-mentioned points, calculations cause only minimal disturbance to the animal and can be repeatedly performed with little training. They may therefore provide a good basis for assessment especially for shy or free-ranging animals that are contracted back into their shell, and may due to their objectivity also be used retrospectively, which is of great interest for ecological research.

Interestingly, the findings of the present study contrast with previous results by Gimmel et al. [49], who observed no correlation between a body condition score and a body condition index or the Jackson's ratio in Hermann's Tortoises. One hypothesis is that the larger sample size in the current study could have led to different results. This could be particularly true concerning the sometimes strong individual variation that was observed in the present study and which could impair the statistical significance if the sample size is too low. Furthermore, a different body condition scoring sheet was used in their study, limiting the assessment points to the palpation of cervical and tail vertebrae. The exact background is difficult to fathom, as only an abstract of this study has been published to date and no information on the anamnesis of subspecies, age or carapace deformation can be given so far.

As expected, the strongest correlations of the BCS in the total population were observed with the volume indices, the lowest with the Jackson's ratio. The volume indices with their additional carapace measurement points provide more data and should allow more accurate growth-independent predictions, while the Jackson's ratio may be biased due to factors mentioned further above.

Concerning the two subspecies of *T. hermanni*, there was a significant difference in the absolute size of the animals, with *T. h. boettgeri* being larger than *T. h. hermanni*. This result is consistent with previous literature [55, 76]. In the data set of the present study, there were only minor differences in the strength of the correlations in the total population.

Contrary to these findings in the total population, it is interesting to note the lack of correlation of any methods in male French tortoises. Furthermore, the strength of each correlation differed between German and French tortoises. While the underlying factors are not yet fully understood, the apparent lack of correlation can be attributed to several reasons. The use of a BCS, like any subjective assessment in veterinary practice, requires a certain amount of training to achieve the best results. Since the data were collected by different individuals, some variance due to the subjectivity of the assessors cannot be ruled out, even though the most detailed

assistance possible was provided by guidelines including sample photographs beforehand and all examiners were used to handling and assessing tortoises frequently. While this subjectivity lies in the nature of the BCS [37], it can be improved through repeated use and training. Lagerström [27] also noted some discrepancies in body condition scoring results when assessed by different examiners; however, the average scores appeared to be consistent. It therefore remains questionable whether such a large effect as seen in the results of the present study can be caused by examiner variance alone. Repeated data collection on the same animals by different examiners would be needed to determine the magnitude of this effect precisely. A possible source of error could also lie in the narrow BCS range of the French tortoises, as more than 90% of male tortoises had a BCS of 3.0, which limited the sample size for over-conditioned and under-conditioned animals in contrast to the German tortoises, where only 54% of males showed a BCS of 3.0. In addition, the more dome-shaped carapace of the French subspecies *T. h. hermanni* might have influenced calculations differently. For the most accurate measurement, an individual approach might be required, and further underlying factors in body condition assessment may yet need to be identified.

This may also apply to free-ranging animals, which displayed no correlation of the body condition score to any other measurement system. It is discussed that data from free-ranging tortoises may not always be directly applicable to captive tortoises [14], however, precise studies on the background and influencing matter of this nature are lacking. In addition to the reasons mentioned above, seasonal differences or regional variations may have a significant impact [12, 14].

Certain differences arise from the varying climate zones. Germany has a cool temperate climate, while the Mediterranean climate is warm and mild. These seasonal patterns, which result in differences in heat, rainfall, and subsequently food availability, are expected to lead to different growth patterns, as observed in other populations [14]. Furthermore, it is assumed that microclimate factors, such as humidity and day-night subsidence, have an effect on shell shape, particularly in the development of pyramidal growth syndrome [2, 58].

Phenotypic plasticity is a common occurrence in *T. hermanni*, reflecting the species' ability to adapt to various habitats throughout its range. Several studies have described differences in body size, shell shape and morphology among populations [57, 77–81]. These variations are believed to be influenced by factors such as survival rate, growth rate, mortality rate, genetics, and response to environmental conditions [80]. It is suggested that a north-south cline may also play a role. In this context, Bergmann's rule suggests that animals in colder climates tend to have larger body sizes, which helps them retain heat due to their reduced surface area [82]. Studies on Italian and Greek animals partially support this hypothesis [81, 83], although Willmsen and Hailey [81] suggest that differences in adult mortality, rather than thermo-regulation, may be the ultimate cause of size variation. In a recent study conducted by Duro et al. [80], this phenomenon was observed exclusively in females. Duro et al. [80] argue that the larger body size may be an adaptation to a shorter breeding season in this region, resulting in increased reproductive success through larger clutches.

Geographical barriers and dramatic climate changes during Pleistocene and Pliocene are widely believed to have contributed to the particularly strong biological diversification of the subspecies *T. h. boettgeri* in several refugia in the Balkans [55, 77]. There has been repeated discussion about a third subspecies, *Testudo hercegovinensis* (*Testudo graeca* var. *hercegovinensis*) [84]. Although this assumption has been rejected by genetic analyses conducted by Fritz et al. [55], it highlights the potential diversity within the species. Đurakić and Milankov recently suggested that reassessment of a subspecific ranking within *T. h. boettgeri* may be necessary [79]. Geographical barriers can also result in reduced genetic variability, which may lead to skeletal anomalies due to inbreeding [78]. Furthermore, Soler et al. [85] have extensively

discussed the issue of genetic pollution resulting from intraspecific cross-breeding, which is considered a significant threat to the genetic diversity of *T. hermanni*.

Hermann's Tortoises exhibit pronounced sexual dimorphism, as confirmed by the findings of the present study. While ecological differences and natural selection also contribute to the degree of sexual dimorphism, general shell shape is likely influenced by fecundity selection in females (dome shape to carry more eggs) and sexual selection in males (stability and support during mating) [56, 57, 86, 87].

Due to the wide distribution area of *T. hermanni*, morphological variation can be considerable and the results of the study may not be applicable to all populations. One further hypothesis is that the sample size was too low to provide statistical evidence, as might be the case for the lack of correlation in the study by Gimmel et al [49], though this can only be speculated upon without further studies.

While these results suggest that the BCS can be applied to captive female *T. h. hermanni* as well as captive *T. h. boettgeri* of either sex, caution should be advised when applying the score to male *T. h. hermanni* or free-ranging animals without prior confirming studies.

The significant correlation between the age group of the animal and the body condition score, volume indices, BCI and circumferential product should be interpreted separately. As logical consequence of growth, the circumferential product of a tortoise increases with age. Contrary to expectations, however, body condition scores and the volume indices increased with age in the data set, thus the older the animals were, the higher their body condition was. In detail, the youngest animals in the study (up until 5 years of age) predominantly showed a good body condition score on average (3.05), while animals of 5–10 years had the lowest scores (2.90), which then increased further the older the animals became (BCS average score of 3.23 in ages up to 60 years). One hypothesis for this observation is that young tortoises tend to allocate excess energy to faster growth rather than fat storage, making it unlikely to find young animals with higher body condition score [28, 88]. Also, emaciated young animals in the wild are quickly endangered by predators, making it unlikely to find these animals for data measurement. Many factors play a role in the growth of tortoises, not all of which are yet fully understood. Sarcopenia is evident in older mammals [89]. Whether this also plays a part in tortoises has been proposed [5] but not yet sufficiently researched, given the enormous lifespan of tortoises and the considerable effort involved in recording body condition data of individuals throughout their entire lives. It is conceivable that an older tortoise has certain advantages in food and territorial selection due to its size compared to a younger conspecific, comparable to such findings in snakes [90].

In this regard, it should be emphasized that, while being constructed on a similar base model, the principle of the body condition score in the present study is not identical to that of domestic mammals. As mentioned before, the sole measurement of subcutaneous fat and protrusion of bony structures, as considered in other animals, does not seem feasible for tortoises with their different skeletal anatomy and fat distribution. Furthermore, the body condition of an animal is not limited to fat volume alone but also reflects muscle content and hydration status. The body condition score was therefore determined also by the development of the musculature, as is considered in a separate muscle condition score (MCS) in dogs and cats [91, 92].

The difference in weight and carapace measurements between captive and free-ranging animals confirms previous research [28, 88] and may be based on several reasons. For one, the life expectancy of captive tortoises is presumed to expand with healthcare, analogue to other species kept in human captivity. As such, many of the measured captive animals were 60 years and older, while only one free-ranging animal was older than 30 years of age. Furthermore, in the natural range of Hermann's Tortoises, animals will spend a considerable proportion of their daily activity searching for appropriate food [11, 12, 93]. In contrast, captive tortoises are

frequently fed at least once or several times a day, often ad libitum and with a comprehensive selection of wild herbs, salads, and vegetables. In addition, even a large outdoor enclosure provides fewer opportunities for physical activities than natural habitats. The captive tortoises therefore must expend considerably less energy in their search for food, mates, and egg-laying sites. An energy surplus and consequently faster growth is fostered by humans compared to nature [28, 88, 94, 95].

The present study aimed to supplement and facilitate general health examination in Hermann's Tortoises. With evidence of the data set, it is recommended not to rely on either the mathematical equations or the body condition score only. Clinical evaluation of additional health markers, in-depth medical history regarding feeding and husbandry regime or blood evaluation of organ status should be considered as a part of good veterinary care.

Conclusion

The focus of the present study was on the practicability of a non-invasive, simple, and low-cost tool for assessing nutritional status and body condition of Hermann's Tortoises. Due to anatomical features and the physiologically different distribution of fat tissue, it is not possible to directly transfer the body condition scoring system from domestic mammals to tortoises. Instead, the application of a tortoise specific body condition score including both fat and muscle distribution is proposed for condition assessment. The application of a body condition score is a subjective method and requires training to achieve the optimal result. While most of the results of the present study were anticipated, such as sexual dimorphism or size differences between the subspecies *Testudo hermanni hermanni* and *Testudo hermanni boettgeri*, not all results were consistent with previous studies, stressing the importance of further investigating the magnitude of influencing factors on body condition in tortoises. In free-ranging Hermann's Tortoises, further studies need to be conducted to confirm or disprove the use of a BCS. However, the findings of the present study support the hypothesis that the body condition evaluation based on a BCS leads to comparable results as an assessment derived from mathematical equations in captive Hermann's Tortoises. While shell measurement systems may provide initial information especially in shy or free-ranging animals, they can fail to recognize low or high body condition. Therefore, despite their objectivity, clinical evaluation of the tortoise, including a body condition score, remains mandatory for health care in tortoises.

Supporting information

S1 File. Complete raw data set of Hermann's tortoises measured in the present study.
(PDF)

S2 File. Application and approval letter by the ethics committee of the veterinary faculty of LMU Munich.
(PDF)

Acknowledgments

The authors would like to thank all participating rescue centers, private owners, breeders, and veterinarians who assisted in collecting the data. The authors also thank the Ingo- and Waltraud Pauler-Fonds of the DGHT AG-ARK (Deutsche Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde, Arbeitsgemeinschaft für Amphibien- und Reptilienkrankheiten) for sponsoring this project.

Author Contributions

Conceptualization: Julia Frankenberger, Petra Kölle.

Data curation: Julia Frankenberger.

Formal analysis: Julia Frankenberger, Yury Zablotski.

Funding acquisition: Julia Frankenberger, Petra Kölle.

Investigation: Julia Frankenberger.

Methodology: Julia Frankenberger, Petra Kölle.

Project administration: Julia Frankenberger, Petra Kölle.

Resources: Julia Frankenberger, Jean-Marie Ballouard, Sebastien Caron.

Software: Yury Zablotski.

Supervision: Julia Frankenberger, Petra Kölle.

Validation: Julia Frankenberger, Petra Kölle.

Visualization: Julia Frankenberger, Yury Zablotski.

Writing – original draft: Julia Frankenberger.

Writing – review & editing: Jean-Marie Ballouard, Sebastien Caron, Petra Kölle.

References

1. Krautwald-Junghanns M. Haltung exotischer Tiere und Wildtiere in Privathand: Situationsanalyse, Bewertung und Handlungsbedarf insbesondere unter Tierschutzaspekten (EXOPET). Abschlussbericht Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung [Internet]. 2018 [accessed Mar 2024] Available from: https://service.ble.de/ptdb/index2.php?detail_id=57204&ssk=9ddea1dad7&site_key=145&stichw=2815HS014&zeilenzahl_zaebler=1#newContent [German].
2. Bauer T, Reese S, Kölle P. Nutrition and husbandry conditions of Palearctic tortoises (*Testudo* spp.) in captivity. *J Appl Anim Welf Sci*. 2019; 22(2):159–70. <https://doi.org/10.1080/10888705.2018.1453814> PMID: 29609473
3. van Dijk PP, Corti C, Mellado V, Cheylan M. *Testudo hermanni* (errata version published in 2020) e. T21648A176604335. The IUCN red list of threatened species 2004.
4. Ballouard J-M, Conord M, Johany A, Jardé N, Caron S, Deleuze S, et al. Is popularity a double-edged sword? Children want to protect but also harvest tortoises. *J Environ Educ*. 2020; 51(5):347–60.
5. Donoghue S. Nutrition. In: Mader DR, editor. *Reptile medicine and surgery*. 2 ed. St. Louis (MS): Elsevier; 2006. p. 274–6.
6. Kischinovsky M, Raftery A, Sawmy S. Husbandry and nutrition. In: Doneley D, Monks D, Johnson R, Carmel B, editors. *Reptile medicine and surgery in clinical practice*. Oxford, UK: Wiley Blackwell; 2017. p. 45–60.
7. Boyer TH, Scott PW. Nutritional Diseases. In: Divers SJ, Stahl SJ, editors. *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*. 3 ed. St. Louis (MS): Elsevier; 2019. p. 943–5.
8. Peig J, Green AJ. New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos*. 2009; 118(12):1883–91.
9. Peig J, Green AJ. The paradigm of body condition: a critical reappraisal of current methods based on mass and length. *Funct Ecol*. 2010; 24(6):1323–32.
10. Bonnet X, Lagarde F, Henen B, Corbin J, Nagy K, Naulleau G, et al. Sexual dimorphism in steppe tortoises (*Testudo horsfieldii*): influence of the environment and sexual selection on body shape and mobility. *Biol J Linn Soc*. 2001; 72(3):357–72.
11. Lecq S, Ballouard J-M, Caron S, Livoreil B, Seynaeve V, Matthieu L-A, et al. Body condition and habitat use by Hermann's tortoises in burnt and intact habitats. *Conserv Physiol*. 2014; 2(1):cou019. <https://doi.org/10.1093/conphys/cou019> PMID: 27293640

12. Sibeaux A, Michel CL, Bonnet X, Caron S, Fournière K, Gagno S, et al. Sex-specific ecophysiological responses to environmental fluctuations of free-ranging Hermann's tortoises: implication for conservation. *Conserv Physiol*. 2016; 4(1):1–16.
13. Schaffner F. The Liver. In: Gans C, Gaunt AS, editors. *Biology of the Reptilia*. 19. Ithaca, New York: Society for the Study of Amphibians and Reptiles; 1998. p. 512–24.
14. Willemsen R, Hailey A, Longepierre S, Grenot C. Body mass condition and management of captive European tortoises. *Herpetol J*. 2002; 12(3):115–22.
15. Rawski M, Józefiak D. Body condition scoring and obesity in captive African side-neck turtles (Pelomedusidae). *Annals of Animal Science*. 2014; 14(3):573–84.
16. Lehmann V, Altherr B, Pantchev N, Öfner S, Zablotski Y, Murphy R, et al. Symmetrical Dimethylarginine as a Diagnostic Parameter in Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni*). *Front vet sci*. 2022; 9:824748. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.824748> PMID: 35274022
17. Boyer TH. Differential Diagnoses by Clinical Signs—Chelonians. In: Divers SJ, Stahl SJ, editors. *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*. 3 ed. St. Louis (MS): Elsevier; 2019. p. 1269.
18. Jackson O. Weight and measurement data on tortoises (*Testudo graeca* and *Testudo hermanni*) and their relationship to health. *J Small Anim Pract*. 1980; 21(7):409–16. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1980.tb01269.x> PMID: 7431890
19. Donoghue S. Nutrition of the Tortoise. *PROC ARAV*. 1996:21–9 [Available from: https://cdn.ymaws.com/members.arav.org/resource/resmgr/Files/Proceedings_1996/_06.pdf].
20. Willemsen RE, Hailey A. Body mass condition in Greek tortoises: regional and interspecific variation. *Herpetol J*. 2002; 12(3):105–14.
21. Jacobson ER, Weinstein M, Berry K, Hardenbrook B, Tomlinson C, Freitas D. Problems with using weight versus carapace length relationships to assess tortoise health. *Vet Rec*. 1993; 132(9):222–3. <https://doi.org/10.1136/vr.132.9.222> PMID: 8451815
22. Hailey A. Assessing body mass condition in the tortoise *Testudo hermanni*. *Herpetol J*. 2000; 10(2):57–62.
23. Schulte-Hostedde AI, Zinner B, Millar JS, Hickling GJ. Restitution of mass–size residuals: validating body condition indices. *Ecology*. 2005; 86(1):155–63.
24. Nagy K, Henen B, Vyas D, Wallis I. A condition index for the desert tortoise (*Gopherus agassizii*). *Chelonian Conserv Biol*. 2002; 4(2):425–9.
25. Loehr VJ, Henen BT, Hofmeyr MD. Reproduction of the smallest tortoise, the Namaqualand speckled padloper, *Homopus signatus signatus*. *Herpetologica*. 2004; 60(4):444–54.
26. Lickel L, Edwards M, editors. Application of body condition indices for leopard tortoises (*Geochelone pardalis*). *Proceedings of the Eighth Annual Nutrition Advisory Group Conference* Tulsa, OK; 2009 [Available from: <https://nagonline.net/2214/application-body-condition-indices-leopard-tortoises-geochelone-pardalis/>].
27. Lagerström L. Body condition assessment [Independent project]. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences; 2020 [Available from: <https://stud.epsilon.slu.se/16098/>].
28. Daly JA, Buhlmann KA, Todd BD, Moore CT, Peadar JM, Tuberville TD. Comparing growth and body condition of indoor-reared, outdoor-reared, and direct-released juvenile Mojave Desert Tortoises. *Herpetol Conserv Biol*. 2018; 13(3):622–33.
29. Köhler H. Was wiegen Landschildkröten im natürlichen Verbreitungsraum? [Internet] Friedberg 2008 [Updated Oct 2008, accessed May 2023] [Available from: <https://www.schildi-online.eu/berichte-a-artikel/94-was-wiegen-landschildkroeten-im-natuerlichen-verbreitungsraum/>] [German].
30. Köhler H. Über Schwimmverhalten, Gewichte und Gewichtskurven (Wachstumskurven) von Landschildkröten [Internet] Friedberg 2010 [Updated Jan 2011, accessed May 2023] [Available from: https://schildi-online.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=204:ueber] [German].
31. Henneke D, Potter G, Kreider J, Yeates B. Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. *Equine Vet J*. 1983; 15(4):371–2. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1983.tb01826.x> PMID: 6641685
32. Edmonson A, Lean I, Weaver L, Farver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*. 1989; 72(1):68–78.
33. Laflamme D. Development and validation of a body condition score system for dogs. *Canine Practice* 1997; 22(4):10–5.
34. Laflamme DP. Understanding and managing obesity in dogs and cats. *Vet Clin N Am—Small Anim Pract*. 2006; 36(6):1283–95. <https://doi.org/10.1016/j.cvs.2006.08.005> PMID: 17085235
35. German A, Morgan L. How often do veterinarians assess the bodyweight and body condition of dogs? *Vet Rec*. 2008; 163(17):503–5. <https://doi.org/10.1136/vr.163.17.503> PMID: 18953073

36. Freeman L, Becvarova I, Cave N, MacKay C, Nguyen P, Rama B, et al. WSAVA nutritional assessment guidelines. *J Feline Med Surg*. 2011; 13(7):516–25. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2011.05.009> PMID: [21704901](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21704901/)
37. Vieira A, Brandão S, Monteiro A, Ajuda I, Stilwell G. Development and validation of a visual body condition scoring system for dairy goats with picture-based training. *J Dairy Sci*. 2015; 98(9):6597–608. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9428> PMID: [26162790](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26162790/)
38. Morfeld KA, Meehan CL, Hogan JN, Brown JL. Assessment of body condition in African (*Loxodonta africana*) and Asian (*Elephas maximus*) elephants in North American zoos and management practices associated with high body condition scores. *PLoS One*. 2016; 11(7):e0155146. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155146> PMID: [27415629](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27415629/)
39. Schiffmann C, Clauss M, Hoby S, Hatt J-M. Visual body condition scoring in zoo animals—composite, algorithm and overview approaches. *J Zoo Aquar Res*. 2017; 5(1):1–10.
40. Fox H. The Urogenital System of Reptiles. In: Gans C, Gaunt AS, editors. *Biology of the Reptilia*. 6. London and New York: Academic Press; 1977. p. 104.
41. Divers SJ, Cooper JE. Reptile hepatic lipidosis. *Semin Avian Exot Pet*. 2000; 9(3):153–64.
42. Mans C, Braun J. Update on common nutritional disorders of captive reptiles. *Vet Clin N Am—Exot Anim Pract*. 2014; 17(3):369–95. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2014.05.002> PMID: [25155662](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25155662/)
43. Falk BG, Snow RW, Reed RN. A validation of 11 body-condition indices in a giant snake species that exhibits positive allometry. *PLoS One*. 2017; 12(7):e0180791.
44. Gimmel A, Öfner S, Liesegang A. Body condition scoring (BCS) in corn snakes (*Pantherophis guttatus*) and comparison to pre-existing body condition index (BCI) for snakes. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2020. <https://doi.org/10.1111/jpn.13291> PMID: [32056315](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32056315/)
45. Ojeda-Adame RA, Hernández-Hurtado H, Ramírez-Martínez MM, Iñiguez-Davalos LI. A Body Condition Score for Crocodylians. *S Am J Herpetol*. 2020; 16(1):10–5.
46. Deming C, Greiner E, Uhl EW. Prevalence of cryptosporidium infection and characteristics of oocyst shedding in a breeding colony of leopard geckos (*Eublepharis macularius*). *J Zoo Wildl Med*. 2008; 39(4):600–7. <https://doi.org/10.1638/2006-016.1> PMID: [19110703](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19110703/)
47. Thomson JA, Burkholder D, Heithaus MR, Dill LM. Validation of a rapid visual-assessment technique for categorizing the body condition of green turtles (*Chelonia mydas*) in the field. *Copeia*. 2009; 2009(2):251–5.
48. Lamberski N. Body condition scores of desert tortoises. 2013 [Available from: <http://www.avtcp.org/uploads/3/4/4/2/34426410/desert-tortoise-bcs-2013-lamberski-po.pdf>].
49. Gimmel A, Öfner S, Liesegang A, Szyszka O, editors. Body condition scoring of Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*) and comparison to known objective body condition measurements. European Zoo Nutrition Conference; 2019: University of Zurich [Available from: https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/182381/1/Body_condition_scoring_of_Hermann_s_tortoises_%28Testudo_hermannii%29_and_comparison_to_known_objective_body_condition_measurements.pdf].
50. Stubbs D, Hailey A, Pulford E, Tyler W. Population ecology of European tortoises: review of field techniques. *Amphib-Reptil*. 1984; 5(1):57–68.
51. Lagarde F, Bonnet X, Henen BT, Corbin J, Nagy KA, Naulleau G. Sexual size dimorphism in steppe tortoises (*Testudo horsfieldi*): growth, maturity, and individual variation. *Can J Zool*. 2001; 79(8):1433–41.
52. Bertolero A, Carretero M, Llorente G. An assessment of the reliability of growth rings counts for age determination in the Hermann's Tortoise *Testudo hermanni*. *Amphib-Reptil*. 2005; 26(1):17–23.
53. Kölle P. Die Schildkröte: Heimtier und Patient. Stuttgart, Germany: Georg Thieme Verlag; 2008 [German].
54. Wermuth H. *Testudo hermanni robertmertensi* n. subsp. und ihr Vorkommen in Spanien. *Senckenbergiana Biologica* 1952 33(1/3):157–64 [German].
55. Fritz U, Auer M, Bertolero A, Cheylan M, Fattizzo T, Hundsdörfer AK, et al. A rangewide phylogeography of Hermann's tortoise, *Testudo hermanni* (Reptilia: Testudines: Testudinidae): implications for taxonomy. *Zool Scr*. 2006; 35(5):531–43.
56. Willemsen RE, Hailey A. Sexual dimorphism of body size and shell shape in European tortoises. *J Zool*. 2003; 260(4):353–65.
57. Djordjević S, Tomović L, Golubović A, Simović A, Sterijovski B, Djurakic M, et al. Geographic (in-) variability of gender-specific traits in Hermann's tortoise. *Herpetol J*. 2013; 23(2):67.
58. Wiesner CS, Iben C. Influence of environmental humidity and dietary protein on pyramidal growth of carapaces in African spurred tortoises (*Geochelone sulcata*). *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2003; 87(1–2):66–74. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.2003.00411.x> PMID: [14511150](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14511150/)

59. Schober P, Boer C, Schwarte LA. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesth Analg*. 2018; 126(5):1763–8. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864> PMID: 29481436
60. Speakman JR, Booles D, Butterwick R. Validation of dual energy X-ray absorptiometry (DXA) by comparison with chemical analysis of dogs and cats. *Int J Obes*. 2001; 25(3):439–47. <https://doi.org/10.1038/sj.jco.0801544> PMID: 11319644
61. Scafoglieri A, Clarys JP. Dual energy X-ray absorptiometry: gold standard for muscle mass? *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2018; 9(4):786. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12308> PMID: 29786955
62. Stone M, Turner A. Use of dual-energy X-Ray absorptiometry (DXA) with non-human vertebrates: application, challenges, and practical considerations for research and clinical practice. In: Perez-Marin C, editor. *A Bird's-Eye View of Veterinary Medicine*. Rijeka, Croatia: Intech; 2012. p. 100–16.
63. Stone MD, Arjmandi B, Lovern MB. Dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) as a non-invasive tool for the prediction of bone density and body composition of turtles. *Herpetol Rev*. 2010; 41(1):36–42.
64. Gramanzini M, Di Girolamo N, Gargiulo S, Greco A, Cocchia N, Delogu M, et al. Assessment of dual-energy x-ray absorptiometry for use in evaluating the effects of dietary and environmental management on Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*). *Am J Vet Res*. 2013; 74(6):918–24. <https://doi.org/10.2460/ajvr.74.6.918> PMID: 23718661
65. Raffan E, Holden SL, Cullingham F, Hackett RM, Rawlings JM, German AJ. Standardized positioning is essential for precise determination of body composition using dual-energy x-ray absorptiometry in dogs. *J Nutr*. 2006; 136(7):1976S–8S. <https://doi.org/10.1093/jn/136.7.1976S> PMID: 16772471
66. Newman EM, Allender MC, Thompson D, Glowacki GA, Ivančić M, Adkesson MJ, et al. Measuring fat content using computed tomography to establish a body condition index in free-ranging Blanding's turtles (*Emydoidea blandingii*) in Illinois. *J Zoo Wildl Med*. 2019; 50(3):594–603. <https://doi.org/10.1638/2018-0154> PMID: 33517628
67. dePersio S, Allender MC, Dreslik MJ, Adamovicz L, Phillips CA, Willeford B, et al. Body Condition of Eastern Box Turtles (*Terrapene Carolina Carolina*) Evaluated by Computed Tomography. *J Zoo Wildl Med*. 2019; 50(2):295–302. <https://doi.org/10.1638/2018-0201> PMID: 31260192
68. Dessauer HC. Blood Chemistry of Reptiles: Physiological and Evolutionary Aspects. In: Gans C, Parsons TS, editors. *Biology of the Reptilia*. 3. London and New York: Academic Press; 1970. p. 26–36.
69. Bonnet X, Naulleau G, Mauget R. The influence of body condition on 17- β estradiol levels in relation to vitellogenesis in female *Vipera aspis* (Reptilia, Viperidae). *Gen Comp Endocrinol*. 1994; 93(3):424–37.
70. Duggan AE, Callard IP. Lipids and lipid-transporting proteins in *Chrysemys picta*: role of gonadal steroids and growth hormone in intact and hypophysectomized turtles. *Gen Comp Endocrinol*. 2003; 131(2):176–84. [https://doi.org/10.1016/s0016-6480\(03\)00009-1](https://doi.org/10.1016/s0016-6480(03)00009-1) PMID: 12679094
71. Lagarde F, Bonnet X, Henen B, Nagy K, Corbin J, Lacroix A, et al. Plasma steroid and nutrient levels during the active season in wild *Testudo horsfieldi*. *Gen Comp Endocrinol*. 2003; 134(2):139–46. [https://doi.org/10.1016/s0016-6480\(03\)00245-4](https://doi.org/10.1016/s0016-6480(03)00245-4) PMID: 14511984
72. Erler M. Saisonale Veränderungen hämatologischer und blutbiochemischer Werte bei europäischen Landschildkröten (*Testudo graeca*, *Testudo hermanni*, *Testudo marginata*) [Doctoral dissertation]. Munich, Germany: LMU, Munich; 2003 [German].
73. Harris HS, Benson SR, James MC, Martin KJ, Stacy BA, Daoust P-Y, et al. Validation of ultrasound as a noninvasive tool to measure subcutaneous fat depth in leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*). *J Zoo Wildl Med*. 2016; 47(1):275–9. <https://doi.org/10.1638/2015-0023.1> PMID: 27010287
74. Stevenson R, Woods WA Jr. Condition indices for conservation: new uses for evolving tools. *Integr Comp Biol*. 2006; 46(6):1169–90. <https://doi.org/10.1093/icb/ici052> PMID: 21672816
75. Mukaka MM. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J*. 2012; 24(3):69–71.
76. Bertolero A, Cheylan M, Hailey A, Livoreil B, Willemsen R. *Testudo hermanni* (Gmelin 1789)—Hermann's tortoise. Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC tortoise and freshwater turtle specialist group Chelonian Research Monographs 2011. p. 059.1–20.
77. Ljubisavljević K, Džukić G, Vukov T, Kalezić M. Morphological variability of the Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*) in the Central Balkans. *Acta Herpetol*. 2012; 7(2):253–62.
78. orđević S. Carapace peculiarities of Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*) in several Balkan populations. *North West J Zool*. 2015; 11(1):16–26.
79. urakić MR, Milankov VR. Carapace shape variation of genetically divergent populations of *Testudo hermanni boettgeri* (Reptilia: Testudines). *Arch Biol Sci*. 2019; 71(4):609–19.

80. Duro S, Sönmez B, Gündemir O, Jashari T, Szara T. Morphological Divergence of Hermann's Tortoise (*Testudo hermanni boettgeri* Mojsisovits, 1889) in Albania. *Animals*. 2021; 11(1):134. <https://doi.org/10.3390/ani11010134> PMID: 33435316
81. Willemssen R, Hailey A. Variation of adult body size of the tortoise *Testudo hermanni* in Greece: proximate and ultimate causes. *J Zool*. 1999; 248(3):379–96.
82. Bergmann C. Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. Göttingen, Germany: Vandenhoeck und Ruprecht; 1848 [German].
83. Sacchi R, Pupin F, Rosa DP, Fasola M. Bergmann's rule and the Italian Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*): latitudinal variations of size and shape. *Amphib-Reptil*. 2007; 28(1):43–50.
84. Perälä J. Biodiversity in relatively neglected taxa of *Testudo* L., 1758 s. l. *Chelonii*. 2002; 3:40–53.
85. Soler J, Pfau B, Martínez-Silvestre A. Detecting intraspecific hybrids in *Testudo hermanni* (Gmelin 1789). *Radiata*. 2012; 21:4–29.
86. Kaddour KB, Mouden EHE, Slimani T, Bonnet X, Lagarde F. Sexual dimorphism in the Greek tortoise: a test of the body shape hypothesis. *Chelonian Conserv Biol*. 2008; 7(1):21–7.
87. Djordjevic S, Djurakic M, Golubovic A, Ajtic R, Tomovic L, Bonnet X. Sexual body size and body shape dimorphism of *Testudo hermanni* in central and eastern Serbia. *Amphib-Reptil*. 2011; 32(4):445–58.
88. Ritz J. Variation in growth of herbivorous tortoises: causes and consequences for reproduction and health management [Doctoral dissertation]: University of Zurich; 2011.
89. Demontis F, Piccirillo R, Goldberg AL, Perrimon N. Mechanisms of skeletal muscle aging: insights from *Drosophila* and mammalian models. *Dis Model Mech*. 2013; 6(6):1339–52. <https://doi.org/10.1242/dmm.012559> PMID: 24092876
90. Weatherhead PJ, Brown GP. Measurement versus estimation of condition in snakes. *Can J Zool*. 1996; 74(9):1617–21.
91. Committee WSAVAGN. Muscle Condition Score Chart for Dogs. Tufts University; 2013 [Available from: <https://wsava.org/wp-content/uploads/2020/01/Muscle-Condition-Score-Chart-for-Dogs.pdf>].
92. Committee WSAVAGN. Muscle Condition Score Chart for Cats. Tufts University; 2014 [Available from: <https://wsava.org/wp-content/uploads/2020/01/Muscle-Condition-Score-Chart-for-Cats.pdf>].
93. Meek R. The thermal ecology of Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*) in summer and autumn in Yugoslavia. *J Zool*. 1988; 215(1):99–111.
94. Ritz J, Clauss M, Streich WJ, Hatt JM. Variation in growth and potentially associated health status in Hermann's and spur-thighed tortoise (*Testudo hermanni* and *Testudo graeca*). *Zoo Biol*. 2012; 31(6):705–17. <https://doi.org/10.1002/zoo.21002> PMID: 22290654
95. Ritz J, Griebeler EM, Huber R, Clauss M. Body size development of captive and free-ranging African spurred tortoises (*Geochelone sulcata*): high plasticity in reptilian growth rates. *Herpetol J*. 2010; 20(3):213–6.

IV. DISKUSSION

1. Methodik

1.1. Auswahl der Tiere

Die Griechische Landschildkröte (*Testudo hermanni*) lässt sich in zwei derzeit anerkannte Subspezies unterteilen: *Testudo hermanni boettgeri*, Mojsisovics 1889 und *Testudo hermanni hermanni*, Gmelin 1789. Sie zählt zu den beliebtesten Reptilien in Deutschland (BAUER et al., 2018; KRAUTWALD-JUNGHANNS, 2018). Infolge der fortschreitenden Zerstörung ihres natürlichen Lebensraums sind die Bestände dieser Spezies mittlerweile gefährdet und werden in der Roten Liste als „Vulnerable“ geführt (NIKOLIĆ et al., 2018; LUISELLI, 2024). Aus diesem Grund sind diese gemäß Anhang II des Washingtoner Artenschutzübereinkommens (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, kurz CITES) geschützt, sodass in Deutschland jedes Tier mit entsprechenden Papieren bei der zuständigen Behörde gemeldet werden muss. Diese Nachweispflicht ermöglicht in der Regel die exakte Bestimmung der Spezies sowie die Feststellung des Alters der Tiere. In diesem Kontext ist jedoch zu berücksichtigen, dass Tiere aus Auffangstationen eine Sonderstellung einnehmen. In vielen Fällen wurden diese Tiere ausgesetzt oder wurden aus illegalem Besitz oder Handel beschlagnahmt. In Fällen, in denen keine Papiere vorlagen, erfolgte die Einschätzung des Alters und der genauen Speziesbezeichnung phänotypisch.

Der Großteil der untersuchten Tiere stammte aus Privathaltung. Die Kontaktaufnahme mit den Besitzern erfolgte über Anzeigen auf den Webseiten www.Quoka.de und www.Markt.de, über Listungen von Züchtern im Internet sowie über Aufrufe in Facebook-Gruppen, welche sich überwiegend auf naturnahe Haltung von Landschildkröten spezialisiert hatten. Die Besitzer wurden telefonisch, per E-Mail oder per Kontaktformular über das Vorhaben und die Durchführung der Untersuchungen in Kenntnis gesetzt und bei Zustimmung die Tiere vor Ort vermessen.

Insgesamt wurden über diesen Weg 256 adulte Griechische Landschildkröten in Süddeutschland vermessen, davon 117 männliche und 139 weibliche Tiere. Die Tiere sollten eine Mindestlänge des Panzers von 10 cm aufweisen und das Geschlecht anhand der Kloakenposition und der Schwanzlänge phänotypisch

bestimmbar sein. Die untersuchten Tiere stammten überwiegend aus guter und artgerechter Haltung, was sich auch in der entsprechenden Verteilung des Body Condition Scores widerspiegelt. Die Tiere wurden von den Besitzern zum Zeitpunkt der Vermessung als gesund eingestuft. In der vorliegenden Studie konnten somit keine Tiere mit Body Condition Scores von unter 2,0 oder über 4,5 identifiziert werden.

Es kann angenommen werden, dass Tierhalter, die sich durch eine vorbildliche Haltung ihrer Tiere auszeichnen, eher dazu bereit sind, diese vorzuzeigen und eine Vermessung der Tiere für wissenschaftliche Studien zuzulassen. Schildkrötenbesitzer mit wenig Erfahrung oder unzureichender Tierhaltung zeigen in der Regel eine geringere Bereitschaft, ihre Tierhaltung in öffentlichen Gruppen oder im Rahmen einer Doktorarbeit transparent zu präsentieren. In Auffangstationen sind abgemagerte Tiere hingegen häufiger anzutreffen, wenn die Schildkröten erst kürzlich aus einer suboptimalen Haltung übernommen, gefunden oder beschlagnahmt wurden. Zum Zeitpunkt der Vermessung standen jedoch auch in den Auffangstationen keine besonders abgemagerten Tiere mit Scores unter 2,0 für die Studie zur Verfügung.

Aufgrund der Tatsache, dass auf diesem Wege keine Tiere mit extrem geringem oder hohem BCS rekrutiert werden konnten, wurde zudem ein Aufruf über die E-Mail-Verteiler-Liste der DGHT-AG ARK gestartet, um weitere Exemplare aus Tierarztpraxen zu erhalten. Die Resonanz war jedoch gering. Es erfolgte die Rückmeldung einer Tierarztpraxis, welche eine Liste mit 28 Tieren umfasste, bei denen ebenfalls keine Werte unter 2,0 oder über 4,5 festgestellt wurden. Von diesen 28 Tieren erfüllten 25 Tiere das Kriterium der Panzermindestlänge von 10 cm und konnten in die Statistik der Gesamtpopulation eingeschlossen werden.

Es ist zu vermuten, dass Tiere mit einem solch niedrigen BCS bereits in einem derart schlechten Zustand sind, dass sie durch Morbidität selten noch in der Praxis anzutreffen sind oder sie Besitzern gehören, die aus finanziellen oder anderweitigen Gründen ihre kranken Tiere nicht dem Tierarzt vorstellen. Da sich der Zeitraum jedoch nur auf eine kurze Zeitspanne erstreckte und lediglich eine Tierarztpraxis Feedback gegeben hat, kann hier nur von einer Theorie ausgegangen werden. Eventuell zeigt sich auch speziesspezifisch bei der Griechischen Landschildkröte keine ausgeprägte Tendenz zu Adipositas, im Gegensatz zum Beispiel zur Russischen Landschildkröte, die durch Sommer- und Winterruhe im Extremfall nur

wenige Monate im Jahr aktiv ist und somit instinktiv versucht, in dieser Zeitspanne möglichst viel Futter aufzunehmen (LAGARDE et al., 2002; LAGARDE et al., 2003). Auch bei Wasserschildkröten ist das Problem der Adipositas womöglich stärker ausgeprägt, da fast alle Spezies omni- bzw. karnivor, und somit energiereich gefüttert werden (KÖLLE, 2008). Die Adipositas lässt sich bei Wasserschildkröten mitunter auch einfacher diagnostizieren als bei Landschildkröten, da das kürzere Plastron eine größere Menge an Weichteilgewebe nach außen treten lässt (RAWSKI und JÓZEFIAK, 2014).

Zusätzlich erfolgte eine Kollaboration mit der französischen Schildkrötenstation Station d'Observation et de Protection des Tortues et de leurs Milieux (SOPTOM) in Südfrankreich. Die Durchführung der Messungen erfolgte von Wissenschaftlern vor Ort anhand eines eigens dafür erstellten Protokolls mit detaillierten Beschreibungen und Fotografien bereits untersuchter Tiere aus Deutschland. Die anschließend erhobenen Daten wurden in Form einer Exceltabelle zurückübermittelt. Insgesamt erfüllten 27 männliche, 39 weibliche und 2 geschlechtlich nicht bestimmte Griechische Landschildkröten (*T. h. hermanni*) aus einer wildlebenden Population die Panzermindestlänge von 10 cm, sowie 6 männliche und 18 weibliche Griechische Landschildkröten (*T. h. hermanni*) aus ihrer Aufzuchtstation.

Insgesamt konnte so eine Gesamtpopulation von 373 Tieren (196 weiblich, 150 männlich, 27 geschlechtlich unbestimmt) in die Studie eingeschlossen werden.

1.2. Bestimmung der Subspezies

Die phänotypische Unterscheidung der Unterarten erfolgte anhand der in Tabelle 1 dargestellten Kriterien (Tab. 1, Abb. 1):

Tabelle 1: Die Unterscheidung der Unterarten (BERTOLERO et al., 2011; SOLER et al., 2012; WEGEHAUPT, 2012a)

	<i>Testudo hermanni hermanni</i>	<i>Testudo hermanni boettgeri</i>
Herkunft	Westliche Mittelmeerregion	Östliche Mittelmeerregion
Carapax Länge (durchschnittlich)	Weibchen: 15,0-17,9 cm Männchen: 13,0-14,9 cm	Weibchen: >18,0cm Männchen: >15,5cm

Farbe	Kräftige gelbe Grundfärbung mit kontrastreicher dunkelbrauner bis schwarzer Zeichnung	Gelb- bis ocker- oder olivfarbene Grundfärbung mit bräunlich-schwarzer Zeichnung, in der Regel weniger kontrastreich
Panzerform	Hoch gewölbt	Mäßig hoch gewölbt
Schwarze Plastronbänder	Durchgehend	Nicht vorhanden, teilweise vorhanden oder durchgehend schwarz einschließlich der Kehlschilde
1. Vertebraleschild	Im Allgemeinen ein großer, dunkler, zentraler Fleck, überwiegend schwarz	Sehr unterschiedlich, von großem dunklem Fleck bis zu ungemusterten Umrissen
4. Vertebraleschild	Immer ein zentraler schwarzer Fleck	In der Regel ein kleiner schwarzer Fleck, der auch größer ausfallen oder fehlen kann
5. Vertebraleschild	In der Regel eine klar umgrenzte Struktur, die aussieht wie ein Schlüsselloch	Es fehlt fast immer eine Schlüssellochzeichnung
Plastronnähte	Pektoralnaht kürzer als Inguinalnaht	Pektoralnaht in der Regel länger als Inguinalnaht
Gelber Wangenfleck	Ja	Nein bzw. nur schwach

Abbildung 1: Unterschiede in Panzerform, Kopf- und Panzerzeichnung der beiden Subspezies. Links: *Testudo hermanni hermanni* Rechts: *Testudo hermanni boettgeri*



Ein zunehmendes Problem in der Erhaltungszucht der Griechischen Landschildkröte ist das Auftreten von Hybriden. Das Phänomen manifestiert sich insbesondere in der Haltung von Schildkröten in menschlicher Obhut, wenn zwei verschiedene Spezies oder Subspezies entweder aufgrund von Unwissenheit oder

Gleichgültigkeit zusammengehalten oder verpaart werden. Inzwischen sind auch Fälle bei wildlebenden Tieren bekannt, bei denen nicht autochthone Exemplare aus Menschenobhut ausreißen oder willentlich ausgesetzt werden (KIRSCHKE, 1997; SOLER et al., 2012; PEREZ et al., 2014; BECH et al., 2022). Die Erkennung solcher Hybride gestaltet sich mitunter schwierig. Hybride können folglich weder bei den in Menschenobhut gehaltenen Schildkröten noch bei wildlebenden Schildkröten mit vollkommener Sicherheit ausgeschlossen werden.

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Griechischen Landschildkröte erstreckt sich in der Mittelmeerregion von Südfrankreich über Italien bis in die Balkanregion (KIRSCHKE, 1997; VETTER, 2006; BERTOLERO et al., 2011; WEGEHAUPT, 2012b). Die östliche Unterart *Testudo hermanni boettgeri* zeigt dabei aufgrund der vielfältigeren regionalen und klimatischen Bedingungen eine höhere Varianz. Es wird angenommen, dass die starken Schwankungen und die Eiszeit während des Pleistozäns und des Pliozäns zu einer starken Refugienbildung mit Abschottung einzelner Populationen führten (FRITZ et al., 2006; LJUBISAVLJEVIĆ et al., 2012). Einige Autoren postulierten aufgrund dieser signifikanten Variation auch die Einteilung einer dritten Subspezies, *Testudo hermanni hercegovinensis* (PERÄLÄ, 2002, 2004). Diese Spezies, die in Dalmatien heimisch ist, soll in der Regel keine inguinalen Schilder aufweisen und wird von manchen Autoren als Lokalform bezeichnet (PERÄLÄ, 2002; SCHWEIGER, 2009; WIRTH, 2013). Auch wenn die genetischen Analysen nach FRITZ et al. (2006) die Daseinsberechtigung der *T. h. hercegovinensis* als eigenständige Spezies widerlegten (FRITZ et al., 2006), wird die Forderung nach einer neuen Einteilung der Subspezies nach wie vor diskutiert (ĐURAKIĆ und MILANKOV, 2019).

1.3. Geschlechtsbestimmung

Die Geschlechtsbestimmung bei Landschildkröten erfolgt anhand äußerlicher Merkmale (Abb. 2). Bei Griechischen Landschildkröten ist die Geschlechtsbestimmung ab einer Panzerlänge von ca. 10 cm möglich, sodass dieser Parameter als Grenzwert bei der Vermessung der Tiere verwendet wurde (STUBBS et al., 1984; WILLEMSSEN und HAILEY, 1999; WILLEMSSEN und HAILEY, 2002; BERTOLERO et al., 2011). Weibliche Tiere erreichen bei dieser Spezies in der Regel einen größeren Panzer und ein höheres Körpergewicht als männliche Tiere. Zudem weisen sie einen kürzeren Schwanz, ein glattes bis konvexes Plastron und längliche Afterschilder auf, während männliche Tiere einen längeren Schwanz

mit Kloakenöffnung distal des Panzers, ein konkaves Plastron, sowie breitere und schmalere Afterschilde aufweisen (BAUR, 2000; WILLEMSSEN und HAILEY, 2003; KÖLLE, 2008).

Abbildung 2: Geschlechtsbestimmung bei *Testudo hermanni* anhand äußerlicher Merkmale. Links: Männchen. Rechts: Weibchen



1.4. Altersbestimmung

Die Altersschätzung von Landschildkröten kann bis zu einem gewissen Grad anhand von sogenannten Wachstumsringen erfolgen, wie dies von Bertolero, Kölle und anderen Autoren beschrieben wurde (GERMANO, 1988; WILSON et al., 2003; BERTOLERO et al., 2005; KÖLLE, 2008; ATTUM et al., 2011; BERTOLERO et al., 2011) (Abb. 3). Die Bildung dieser Ringe erfolgt durch die Stagnation des Wachstums während der Winterstarre in Verbindung mit dem Wachstum im darauffolgenden Jahr. Diese Bestimmung ist bei *Testudo hermanni* gemäß BERTOLERO et al. (2005) bis zu einem Alter von ca. 7 Jahren bei jährlich durchgeführter Überwinterung möglich, danach erfolgt die Schätzung in größeren Schritten (BERTOLERO et al., 2005). Als Anhaltspunkt kann anschließend die Ausprägung der Plastron-Mittelnaherangezogen werden, welche ab einem Alter von 15 Jahren beginnt, leichte Wellen zu bilden, ab einem Alter von 30 Jahren einzelne Zacken aufweist und ab einem Alter von über 60 Jahren sehr deutliche Zackungen aufweist (KÖLLE, 2008) (Abb. 3). Des Weiteren lassen sich anhand der Abnutzung der Ringe sowie der Ausbildung von Eindellungen im Carapax

Rückschlüsse auf das Alter ziehen (WEGEHAUPT, 2012b) (Abb. 4). Trotz dieser groben Richtwerte ist eine solche Bestimmung lediglich als Schätzwert zu betrachten, da Wachstumsringe durch Umwelt- und Haltungsbedingungen beeinflusst werden können (WILSON et al., 2003).

Ein Großteil der älteren Schildkröten der Studienpopulation war bereits über mehrere Jahrzehnte hinweg im Besitz der jeweiligen Halter. Ihre Altersangabe scheint daher plausibel. Allerdings ist in vielen Fällen ein eindeutiger Altersnachweis nicht möglich, da es sich um Tiere handelt, die bereits als adulte Wildfänge nach Deutschland importiert wurden. Hier kann nur ein Mindestalter vom Besitzer angegeben werden. Als mögliche Fehlerquellen sind in der Auswertung jüngerer Schildkröten außerdem Tiere zu nennen, die nicht jährlich überwintert wurden oder im juvenilen Alter sehr energiereich gefüttert wurden, und somit fehlende oder teilweise doppelte Wachstumsringe pro Jahr aufwiesen. Das exakte Alter konnte aufgrund fehlender Papiere nicht bei jedem Tier verifiziert werden.

Abbildung 3: Schätzung des Alters von anhand der Wachstumsringe des Plastrons. Links: Schildkröte unter 15 Jahren mit gerader Plastron-Mittellaht und deutlichen Wachstumsringen. Mitte: Schildkröte über 30 Jahren mit beginnendem Abrieb der Wachstumsringe und Zackung der Plastron-Mittellaht. Rechts: Schildkröte über 60 Jahren ohne erkennbare Wachstumsringe und starker Zackung der Plastron-Mittellaht



Abbildung 4: Alte Schildkröte mit Eindellungen des Carapax (Pfeile)

1.5. Messinstrumente

Im Rahmen der Studie wurden drei Waagen zur Erhebung des Gewichts verwendet. Für die Vermessung des Großteils der Tiere in Deutschland wurde eine erste Waage verwendet, für die Vermessung der wildlebenden Tiere in Frankreich eine zweite und für die Vermessung der 26 Tiere aus der Tierarztpraxis eine dritte. Der Einfluss schwankender Werte sollte jedoch insgesamt gering sein und die Ergebnisse in sich schlüssig sein, da für jede Gruppe im Gesamten die gleiche Waage verwendet wurde. Das Gewicht wurde auf 1 g genau erfasst.

Anschließend wurden die folgenden Parameter mit einem analogen, DIN-862-zertifizierten 300-mm-Messschieber (Deutschland) auf 1 mm genau gemessen: die gerade Panzerlänge (von der Kerbe im Nackenschild bis zur Kerbe im Kaudalschild), die gerade Panzerbreite (auf Höhe des dritten Vertebraleschildes bzw. der breitesten Stelle) und die Höhe des geraden Panzers (vom Plastron bis zum höchsten Punkt des dritten Vertebraleschildes; bei deformierten Tieren bis zum höchsten Punkt) (Abb. 5). Anschließend wurde der Umfang des Tieres mit einem flexiblen Maßband (Prym, Deutschland) auf 1 mm genau wie folgt gemessen: gerundete Panzerlänge (Umfang über die Länge des Tieres, über Nackenschild und Kaudalschild) und gerundete Panzerbreite (Umfang über die Breite des Panzers auf Höhe des dritten Vertebraleschildes, bei deformierten Tieren über den höchsten Punkt) (Abb. 6).

Abbildung 5: Erhebung der Messparameter. Von links nach rechts: Gerade Panzerlänge, Panzerbreite, Panzerhöhe



Abbildung 6: Erhebung der Messparameter. Links und Mitte: Messung der runden Panzerlänge. Rechts: Messung der runden Panzerbreite



Die Verwendung von Messschiebern erfolgte physikalisch, ohne die Unterstützung durch eine digitale Anzeige. Eine adäquate Handhabung musste folglich zuvor geübt werden. Obwohl mit größtmöglicher Sorgfalt vorgegangen wurde, können menschliche Fehler bei der Handhabung des Messschiebers, der Messtapes oder beim Ablesen der genauen Ziffern nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Jedoch wurden die Messungen innerhalb einer Gruppe auch immer von der gleichen Person vorgenommen. Generell ist davon auszugehen, dass mit abnehmender Größe der Schildkröte weniger Fehlerspielraum bei der Messung besteht (HIGHFIELD, 2013).

1.6. Datenerhebung und Dokumentation

Die Datenerhebung erfolgte manuell und anonymisiert direkt vor Ort in einer fortlaufenden Tabelle. Im Anschluss an die Erhebung der Daten wurde die zuvor erstellte Tabelle manuell in eine entsprechende Tabelle in Microsoft Excel übertragen, um eine statistische Auswertung zu ermöglichen.

1.7. Anwendung der Berechnungen

Wenngleich viele verschiedene Methoden zur Verfügung stehen, um die Körperkondition von Schildkröten zu erfassen, wurden für die Studie die derzeit gängigsten Methoden ausgewählt, welche auch potentiell in der Praxis Anwendung finden können.

Für die Anwendung der Jackson Ratio stehen unterschiedliche Formeln und Möglichkeiten des Einsatzes zur Verfügung. Diesbezüglich sind zwei Vorgehensweisen zu nennen: zum einen das Ablesen aus einer Tabelle bzw. einer Kurve, wie von JACKSON (1980) ursprünglich vorgegeben (JACKSON, 1980), zum anderen die Anwendung verschiedener Formeln.

Die einfachste Form zur Berechnung einer Ratio ist der Quotient aus Körpermasse zum Kubus der Körperlänge (DONOGHUE, 1996):

$$\frac{\text{Gewicht (g)}}{\text{Panzerlänge (cm)}^3}$$

In der Folge wurden von DONOGHUE (1996, 2006) weitere Untersuchungen an 42 Schildkröten, die neun verschiedenen Spezies angehörten, durchgeführt (DONOGHUE, 1996, 2006). Auf Basis dieser Daten entwickelte die Autorin eine Formel zur Bestimmung des Körpergewichts gesunder Exemplare:

$$\text{Gewicht} = 0,15 \times \text{Panzerlänge}^3$$

Sollte das tatsächliche Körpergewicht ca. 10 % niedriger liegen, so sollte das Tier gemäß DONOGHUE (1996, 2006) auf mögliche Ursachen untersucht werden. Zudem wird in Fachbüchern häufig auf eine weitere Formel verwiesen, die ebenfalls Donoghue zugerechnet wird (HNÍZDO, 2011; MATTHEW, 2019):

$$\text{Gewicht} = 0,191 \times \text{Panzerlänge}^3$$

Eine weitere Formel basiert auf Messungen von 220 Kalifornischen Gopher-Schildkröten (*Gopherus agassizii*) (DONOGHUE, 1996; MADER und STOUTENBERG, 1998; DONOGHUE, 2006):

$$\text{Gewicht (g)} = 0,59 (\text{Länge} \times \text{Breite} \times \text{Höhe}) (\text{cm}^3) + 388$$

In Anbetracht des Studiendesigns war es das Ziel, die für die Praxis am wenigsten aufwendige Formel für den Vergleich heranzuziehen. Diese Einfachheit soll außerdem einen möglichst deutlichen Kontrast zu den präziseren Messmethoden

bieten. Aus diesem Grund wurde für die Korrelation zum BCS der Quotient aus Körpermasse zum Kubus der Panzerlänge herangezogen.

Während die Formeln der Jackson Ratio (JACKSON, 1980) und der Body Mass Condition bzw. des Body Condition Index (WILLEMSSEN et al., 2002; WILLEMSSEN und HAILEY, 2002) unter anderem für Griechische Landschildkröten erstellt wurden, existieren für die Volumen Indices (NAGY et al., 2002; LOEHR et al., 2004) keine Referenzwerte für *Testudo spp.*. Aus diesem Grund ist nicht möglich, einen genauen Schwellenwert festzulegen, ab welchem die adäquate Dichte erreicht ist. Im Rahmen der Studie sollte in erster Linie festgestellt werden, ob ein steigender BCS auch mit steigenden Volumenwerten korreliert, sodass ein exakter Schwellenwert nicht notwendig war. Aufgrund der Ergebnisse zeigt sich jedoch, dass insbesondere im Rahmen von zukünftigen Forschungsarbeiten mit ökologischen Studien eine weitere Präzisierung dieser Volumenformeln für *T. hermanni* Potential bietet.

Als letzte Evaluierungsmöglichkeit wurde ein Produkt aus dem Panzerumfang gebildet. Zu dieser Untersuchung liegen bisher keine validierten Studien vor. Die Untersuchung basiert auf empirischen Überlegungen von Schildkrötenzüchtern, welche nach einer praktischeren, einfacheren Anwendung der Berechnungen suchten (KÖHLER, 2008, 2010). Das Ziel der vorliegenden Studie war die Ergänzung der klinischen Untersuchung mit einem einfachen, kostengünstigen System zur Evaluierung der Körperkondition. Aus diesem Grund wurde ein solches Umfangsprodukt in die Berechnungen mit einbezogen. Dieses dient aufgrund der fehlenden Studienbasis weniger der Validierung des BCS als dem Versuch, ein möglichst einfaches objektives System als Alternative zu den bestehenden Verfahren und dem BCS zu testen.

1.8. Erstellung des BCS

Da bisher kein Body Condition Score bei Griechischen Landschildkröten existierte und aufgrund der anatomischen Verhältnisse auch nicht von anderen Spezies übertragen werden konnte, wurde im Vorfeld der Studie ein neuer BCS für Griechische Landschildkröten erstellt. Zu diesem Zweck wurden Schildkröten (*T. hermanni*) in einer Auffangstation durch zwei fachkundige Personen adspektorisch und palpatorisch untersucht, um eine Bandbreite an verschiedenen Konditionen zu sichten und geeignete Messpunkte festzulegen. Als Orientierungs-Grundlage für

die Erstellung dienten dabei die Unterlagen von LAMBERSKI (2011, 2013) und LAMBERSKI et al. (2012, 2019), welche einen BCS von 1-9 bei Gopher-Schildkröten in detaillierten Fotobeispielen und Tabellen darstellten (LAMBERSKI, 2011; LAMBERSKI et al., 2012; LAMBERSKI, 2013; LAMBERSKI et al., 2019). Mithilfe von Literatur wurden die in Erwägung gezogenen Punkte weiter bestätigt, sodass abschließend folgende Messpunkte für den Score herangezogen wurden:

Bei kachektischen Schildkröten stellt die Beurteilung der Kopfmuskulatur den wichtigsten Teil der Untersuchung dar (LAMBERSKI, 2011; LAMBERSKI et al., 2012; LAMBERSKI, 2013; LAMBERSKI et al., 2019). Als weitere Beurteilung dient die Ausprägung der Muskulatur im Bereich der Wirbelsäule und der Gliedmaßen (BARROWS et al., 2004; LAMBERSKI, 2011; LAMBERSKI et al., 2012; LAMBERSKI, 2013; DIVERS, 2019; LAMBERSKI et al., 2019; RAFTERY, 2019). Bei adipösen Schildkröten ist es möglich, Fettdepots im Bereich der Halsregion, der axillaren oder inguinalen Region zu ertasten (LAMBERSKI, 2011; LAMBERSKI et al., 2012; LAMBERSKI, 2013; LAMBERSKI et al., 2019; PEES und GIRLING, 2019; RAFTERY, 2019). Der finale Score wurde in einer Skala von 1-5 (1=kachektisch, 3=ideal, 5=übergewichtig) aus einer gesamten Beurteilung dieser Messpunkte festgesetzt. Zwischenwerte waren ebenfalls möglich, falls ein Tier nicht in eine Kategorie passte. Ein Gesamteindruck entstand aus der Beurteilung, ob ein Tier aus dem Panzer hervorzuquellen schien, oder stark zurückgezogen war. Da sich die Kopfmuskulatur und die Palpation des Fettdepots zum Teil variabel gestalteten, wurde der Beurteilung der Gliedmaßen Muskulatur und der Fett- und Muskelmasse um die Wirbelsäule mehr Gewicht beigemessen.

Ähnlich wie bei anderen Reptilien erfolgte die Einschätzung für die Griechische Landschildkröte weniger anhand der Fettschicht, wie es bei Hunden und Katzen der Fall ist, sondern insbesondere auch anhand der Ausprägung der Muskulatur (Abb. 7). Dies stellt beim Reptil einen wichtigen Hinweis in Bezug auf den Ernährungszustand und die Körperreserven dar, da die subkutane Fettschicht gering oder gar nicht ausgeprägt ist und intracoelomale Fettkörper nur sehr eingeschränkt von außen beurteilbar sind (Abb. 8).

Abbildung 7: Palpatorische Erhebung des Body Condition Scores bei *Testudo hermanni* im Bereich der Halswirbelsäule und der Vordergliedmaßen



Abbildung 8: Palpation der Fettdepots von *Testudo hermanni* im Axillar-, Hals- und Inguinalbereich



Nach der Erstellung des BCS erfolgte die Untersuchung der Schildkröten für die eigentliche Studie. Auf Grundlage der erstellten Tabelle erfolgte die Erhebung des BCS an Schildkröten in Deutschland durch eine Person, mit dem Vorteil, dass weniger Varianz durch unterschiedliche Untersucher gegeben ist (STRINGER et al., 2010), jedoch dem Nachteil, dass diese Messungen den subjektiven Eindruck einer Person vermitteln (VIEIRA et al., 2015). Die Untersuchungen der wildlebenden Schildkröten aus Südfrankreich und der Tiere aus einer deutschen Tierarztpraxis wurden von weiteren Untersuchern durchgeführt. Diese Untersucher stellten ebenfalls fachkundige Personen dar, die den Umgang mit Schildkröten regelmäßig bis täglich durchführten. Als Grundlage wurde ein detailliertes Protokoll mit Fotografien und tabellarischer Erklärung der einzelnen Scores vorgelegt.

Die anonymisierten Messungen wurden anschließend in das Programm Microsoft Excel übertragen und die Statistik durch Dr. Yury Zablotki, mittels dem Programm

R, durchgeführt. Den Untersuchern war im Vorfeld nicht bekannt, wie die Berechnungen der Tiere zu den einzelnen Werten ausfallen würden.

1.9. Vergleich mit Literatur

In den vergangenen Jahren ließ sich ein zunehmendes Interesse und Engagement beobachten, den Body Condition Score auch für die Reptilienmedizin zu etablieren. In den meisten Studien wurde der Body Condition Score mit einer objektiven Messmethode wie dem Verhältnis von Gewicht zu Körperlänge der Tiere verglichen (THOMSON et al., 2009; RAWSKI und JÓZEFIAK, 2014; GIMMEL et al., 2019; GIMMEL et al., 2020; LAGERSTRÖM, 2020; OJEDA-ADAME et al., 2020; POPOVIĆ et al., 2024). Aufgrund der daraus resultierenden Ergebnisse sprachen sich die Autoren fast ausnahmslos für die Anwendung des BCS aus.

Im Rahmen einer Untersuchung zur Prävalenz von Kryptosporidien-Infektionen bei Leopardgeckos (*Eublepharis macularius*) erfolgte auch die Erstellung eines BCS (DEMING et al., 2008). Die Autoren liefern sowohl Beispielbilder als auch eine kurze Beschreibung der einzelnen Kategorien 1 (kachektisch) bis 5 (übergewichtig). Nach den Ergebnissen der Studie wiesen Leopardgeckos mit starkem Kryptosporidienbefall gleichzeitig einen schlechten Ernährungszustand auf. Die genaue Aussagekraft bleibt jedoch aufgrund des Mangels eines Validierungssystems oder Hintergründe in der Erstellung des BCS dieser Studie fraglich. Auch das *BASVA Manual of Reptiles* bietet Bilder zur Bestimmung des Ernährungszustandes von Leopardgeckos, welcher bei dieser Spezies aufgrund der überwiegenden Fettspeicherung im Schwanz allgemein sehr gut geeignet scheint, (BELLAIRS und BRYANT, 1985; RUSSELL et al., 2015; DIVERS, 2019; MATTHEW, 2019).

Bei Schlangen, bei denen die Messung der Körperlänge aufgrund der ständigen Bewegung eine Herausforderung darstellt, kann die Erhebung des BCS die Untersuchung deutlich vereinfachen. GIMMEL et al. (2020) verglichen den Body Condition Score (1-5) mit dem Body Condition Index bei Kornnattern (*Pantheropsis guttatus*) (GIMMEL et al., 2020). Obwohl keine übergewichtigen Tiere mit BCS-Werten von über 3,5/5,0 in der Studie untersucht wurden, kamen die Autoren gemäß einer positiven Korrelation der beiden Messungen zu dem Ergebnis, dass der BCS für die Untersuchung des Ernährungszustandes geeignet ist. Aufgrund seiner einfachen Anwendung überliegt er in der Praxis den mathematischen

Berechnungen und Messungen, hat jedoch durch seine Subjektivität auch seine Limitationen.

OJEDA-ADAME et al. (2020) beschäftigten sich mit der Evaluierung eines BCS bei Spitzkrokodilen (*Crocodylus acutus*) (OJEDA-ADAME et al., 2020). Die Beurteilung erfolgte anhand der Ausprägung von Fettschicht und Muskulatur an Nacken und Schulterregion und wurde anhand detaillierter Skizzen veranschaulicht. Hier lieferte der BCS deutlich zuverlässigere Ergebnisse als vergleichbare mathematische Berechnungen, wie der sogenannte Fulton-Index. Die Autoren sehen den größten Vorteil des BCS für diese Spezies in seiner Unabhängigkeit von der Tiergröße. Besonders bei großen Krokodilen sind die Messungen für mathematische Indices am wachen Tier nicht immer möglich (und auch gefährlich), weshalb insbesondere die optische Beurteilung im Rahmen des BCS eine attraktive Alternative bietet (OJEDA-ADAME et al., 2020). Als mögliche Limitation sehen die Autoren, dass der Einfluss des sexuellen Dimorphismus nicht einbezogen wurde, da männliche Krokodile im Allgemeinen einen größeren Kopf und Körper aufweisen als weibliche Tiere. Gemäß den Autoren sollte der Einfluss auf den BCS jedoch gering sein, da die Körperform der Tiere, und damit die Ausprägung der Fett- und Muskelmasse um die knöchernen Vorsprünge, geschlechterübergreifend gleichbleiben sollte. Sie befürworten bei der Verwendung von Berechnungen außerdem einen mehrheitlichen Ansatz, nachdem nicht ein System alleine für die Beurteilung verwendet werden sollte.

Bei Grünen Meeresschildkröten (*Chelonia mydas*) wurde ein Body Condition Score von 1 (schlecht) bis 3 (gut) vorgeschlagen (THOMSON et al., 2009). Die Tiere wurden anhand der Form des Plastrons und damit der Körpermasse beurteilt, welche aus dem Panzer hervorquillt. Grüne Meeresschildkröten können stark ausgeprägte Fettschichten aufweisen („Blubber“), die sowohl entlang des Plastrons als auch des Carapax gespeichert werden (PRICE, 2017). Aufgrund signifikanter Korrelation des BCS mit zwei objektiven Messverfahren, dem sog. „Ratio Index“ und dem sog. „Residual Index“ kamen die Autoren zu dem Schluss, dass der BCS als schnelle Untersuchungsmethode insbesondere an freilebenden Schildkröten geeignet ist, da die Tiere nur minimaler Manipulation ausgesetzt werden müssen.

Bei Kalifornischen Gopher-Schildkröten (*Gopherus agassizii*) dient der Body Condition Score zur schnellen Beurteilung der körperlichen Verfassung freilebender Tiere. LAMBERSKI (2011, 2013) zeigt anhand einer detaillierten

Tabelle und zahlreicher Beispielfelder den Bereich des Body Condition Scores von 1 bis 9 (LAMBERSKI, 2011; LAMBERSKI, 2013). Der BCS wurde validiert, indem er mit objektiven Messgrößen wie dem Condition Index, Lebergewicht und nicht näher spezifizierten biochemischen Parametern verglichen wurde (LAMBERSKI et al., 2012; LAMBERSKI et al., 2019). Der Score gilt nicht zuletzt aufgrund seiner detaillierten Darstellungen mittlerweile als Basis für die Body Condition Score Untersuchung bei Gopher-Schildkröten und findet regelmäßig Anwendung in Studien auch bei anderen Spezies (PETERSEN, 2016; COZAD, 2018; LAGERSTRÖM, 2020; WALDEN et al., 2022; POPOVIĆ et al., 2024).

Wasserschildkröten wie Pelomedusenschildkröten (*Pelomedusa subfrufa* und *Pelusos castaneus*) neigen dazu, Körperfett anzusammeln (PROKOP, 2010; RAWSKI und JÓZEFIAK, 2014). RAWSKI und JÓZEFIAK (2014) erstellten in einer Langzeitstudie sowohl eine mathematische Formel als auch einen Body Condition Score, um das Erkennen von Adipositas für Besitzer und Tierärzte zu erleichtern. Der Score orientierte sich dabei an der Inguinalregion und der Ausbreitung der Körpermasse über die jeweiligen Schilde. Die Autoren sprechen sich für die Verwendung eines Body Condition Scores zur Erhebung des Allgemeinzustandes von Pelomedusenschildkröten aus und geben an, dass dieser auch bei anderen Arten potenziell verwendet werden könnte. Die Konditionserhebung anhand eines BCS sollte dabei jedoch nicht die einzige Methode zur Erhebung des Gesundheitszustandes sein (RAWSKI und JÓZEFIAK, 2014).

In einer Studie von GIMMEL et al. (2019) wurden 34 Griechische Landschildkröten (24 männliche und 10 weibliche Tiere) untersucht und anhand der Palpation der Hals- und Schwanzwirbelsäule ein Body Condition Score erstellt. Die Scores waren bei weiblichen Tieren im Allgemeinen höher und korrelierten weder bei den weiblichen Tieren noch bei den männlichen Tieren mit der Jackson Ratio oder mit dem Body Condition Index nach Willemsen und Hailey (GIMMEL et al., 2019). Da bis zu diesem Zeitpunkt jedoch abgesehen von einem Abstract keine weiteren Informationen über diese Studie vorliegen, ist die Aussagekraft über die genauen Hintergründe und Methoden gering.

LAGERSTRÖM (2020) befasste sich mit der Beurteilung der Körperkondition bei der Strahlenschildkröte (*Astrochelys radiata*) und verwendete im Zuge der Untersuchungen ebenfalls die BCS-Tabelle nach LAMBERSKI (2013) (LAMBERSKI, 2013). Die Autorin gelangte zu dem Schluss, dass der Body

Condition Score auch bei dieser Schildkrötenart verwendet werden kann. Im Rahmen der Studie wurden leichte Abweichungen in der Anwendung des BCS durch verschiedene Untersucher beobachtet, wobei die durchschnittliche Gesamtpunktzahl im Vergleich zu den anderen Formeln, die auf Berechnungen beruhen, konsistent war (LAGERSTRÖM, 2020).

POPOVIĆ et al. (2024) erstellten auf Basis der Tabelle von LAMBERSKI (2013) (LAMBERSKI, 2013) einen Body Condition Score für die Indische Sternschildkröte (*Geochelone elegans*). Der Score wurde bei 10 Schildkröten anhand einer Skala von 1 (Emaziation) bis 9 (Obesitas) erteilt und anschließend mit den Volumenmessungen nach LOEHR et al. (2004) (laut den Autoren gemäß LICKEL und EDWARDS (2009)) sowie der Jackson Ratio nach JACKSON (1980) verglichen (JACKSON, 1980; LOEHR et al., 2004; LICKEL und EDWARDS, 2009). Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die Jackson Ratio bei der Indischen Sternschildkröte keine verlässliche Aussagekraft besitzt (POPOVIĆ et al., 2024). Während die einzelnen Bewertungspunkte gut dokumentiert sind, bleiben die Ergebnisse der Studie fraglich, da neben der geringen Studientierzahl sowohl die Methodik als auch die Diskussion oberflächlich und lückenhaft beschrieben wird.

1.10. Vergleich mit BCS und MCS beim Säugetier

Der Body Condition Score stellt beim Säugetier den Standard in der Untersuchung und Erhebung des Ernährungszustandes dar. Der Score findet sowohl bei Kleintieren wie Hunden und Katzen (LAFLAMME, 1997a; LAFLAMME, 1997b), bei Pferden (HENNEKE et al., 1983; SCHRAMME, 2003; KIENZLE und SCHRAMME, 2004) und landwirtschaftlichen Nutztieren (RUSSEL et al., 1969; JOHNSTON et al., 1987; EDMONSON et al., 1989; VIEIRA et al., 2015), als auch bei verschiedenen Labor- (ULLMAN-CULLERÉ und FOLTZ, 1999; SUMMERS et al., 2012) und Zootieren (SCHIFFMANN et al., 2017) Anwendung. Der entscheidende Vorteil beim Säugetier ist die ausgeprägte subkutane Verteilung des Fettgewebes, welche eine präzisere Differenzierung der Fett- und Muskelreserven ermöglicht. Aus diesem Grund existiert für Hunde und Katzen ein separater Muscle Condition Score, der insbesondere auch den altersbedingten Muskelschwund bei gleichbleibendem Fettspeicher berücksichtigt (FREEMAN et al., 2011; FREEMAN et al., 2019, 2020).

Eine separate Einteilung in BCS und MCS erscheint bei Schildkröten nach

derzeitigem Forschungsstand wenig sinnvoll. Einerseits ist aufgrund der Ektothermie der Tiere der Bedarf an Isolation gering, sodass nur in geringem Umfang subkutanes Fettgewebe gespeichert wird. Der Hauptspeicher ist stattdessen in der Leber sowie in paarig angelegten Fettkörpern lokalisiert, die sich in der Coelomhöhle befinden. Eine Erfassung von außen ist nur schwer möglich. Des Weiteren unterliegen die Fettspeicher einer physiologischen saisonalen Schwankung über das Jahr hinweg und werden durch Spezies, Geschlecht, Fortpflanzungsstatus, Winterstarre und Aktivitätsniveau beeinflusst (PRICE, 2017; GRAHAM et al., 2020). Die Aussagekraft der reinen Fettreserven ist aus diesem Grund für die allgemeine Untersuchung gering. Mit der zusätzlichen Erhebung des Status der Bemuskelung wird ein umfassenderes Gesamtbild gewonnen.

2. Ergebnisse

2.1. Korrelation der Parameter

Die statistisch signifikante Korrelation des Body Condition Score mit den mathematischen Berechnungen belegt eine lineare Beziehung zwischen den Parametern in der Gesamtpopulation. Diese Beziehung ist nicht zwangsläufig als kausale Beziehung zu interpretieren (MUKAKA, 2012). Die positive Korrelation belegt, dass die Werte in den mathematischen Berechnungen simultan mit dem BCS ansteigen oder fallen. Ein Tier mit hoher Jackson Ratio, Dichte oder hohem BCI zeigt ebenfalls einen hohen BCS-Wert. Im Rahmen der Auswertung und Diskussion stützt diese Beziehung die Hypothese, dass der BCS vergleichbare Ergebnisse für die Bewertung des Körperzustandes liefert wie mathematische Gleichungen. Die Diskrepanzen bei den Einzelwerten zeigen jedoch auch Grenzen in der Evaluierung auf. Ob die Grenzen auf Seiten des BCS oder auf Seiten der Berechnungen bestehen, lässt sich aus der Korrelation selbst zunächst nicht ableiten. In diesem Kontext ist die Berücksichtigung diverser einflussnehmender Parameter von essenzieller Bedeutung, die im Nachfolgenden erläutert werden sollen.

2.2. Einfluss des Gewichtes

Der starke Einfluss diverser Faktoren auf das Körpergewicht von Schildkröten wurde von mehreren Autoren thematisiert. Insbesondere JACOBSON et al. (1993) postulierten sechs Kritikpunkte gegenüber der Aussagekraft der Korrelation von Panzermaßen zum Gewicht (JACOBSON et al., 1993).

Als ersten Punkt nennen die Autoren den Einfluss des Sexualdimorphismus. So zeigen weibliche Tiere von *T. hermanni* in der Regel einen größeren und höheren Panzer und ein planes Plastron, wodurch sich ein höheres Gesamtgewicht und demzufolge eine höhere Kondition ergibt. Wie WILLEMSSEN und HAILEY (2002) jedoch bereits in ihrer Publikation zum BCI anführten, entfällt dieser Einfluss, sobald die Geschlechter getrennt voneinander betrachtet werden (WILLEMSSEN und HAILEY, 2002). Wie von den Autoren vorgeschlagen, wurden auch im Rahmen der Studie für die Berechnungen des BCI separate Formeln für weibliche und männliche Tiere verwendet. Für die Berechnungen der Volumina existieren keine geschlechtsspezifischen Formeln, da hier aufgrund der weiteren Parameter die geschlechtsspezifische Form des Panzers ohnehin mitberücksichtigt wird. Auch im Rahmen der Jackson Ratio liegen keine geschlechtsspezifischen Formeln vor. Für die Korrelationen wurden nach der Betrachtung der Gesamtpopulation alle Untersuchungen nach Geschlechtern getrennt evaluiert, sodass dieser Aspekt entfällt.

Der zweite Kritikpunkt, den JACOBSON et al. (1993) hervorbringen, ist der Einfluss des Reproduktionsstatus bei weiblichen Tieren. Hier soll ein deutlicher Unterschied im Gewicht der Tiere vor und nach der Follikelanbildung bzw. Eiablage festzustellen sein. Gemäß Untersuchungen von HAILEY und LOUMBOURDIS (1990) wogen weibliche *T. hermanni* mit Eier im Durchschnitt nur 0,5-1 % mehr als weibliche Tiere ohne Eier (HAILEY und LOUMBOURDIS, 1990). Die Autoren vermuten, dass diese aufgrund der Limitationen des Panzers einen ähnlichen Raum und ein ähnliches Gewicht wie ein gefüllter Magendarmtrakt einnehmen würden. Dies steht im Einklang mit den Erkenntnissen von MEIENBERGER et al. (1993), die bei graviden weiblichen Tieren einen reduzierten Füllungsgrad des Magendarmtraktes fanden. Direkt nach der Eiablage ist hingegen ein geringeres Gewicht bei Weibchen zu erwarten, bevor sie Gelegenheit haben, ihren Magendarmtrakt in entsprechendem Maße zu füllen (MEIENBERGER et al., 1993). Im Rahmen der Studie wurden im Frühjahr nur diejenigen weiblichen Tiere vermessen, die noch keine Eier gelegt hatten. Ein signifikanter Einfluss des Reproduktionsstatus ist aus diesem Grunde nicht wahrscheinlich.

In diesem Zuge ist auch der dritte Punkt zu nennen, nach welchem die Tiere vor und nach der Winterstarre unterschiedliche Gewichtsverhältnisse haben sollen. Die

Tiere wurden für die Studie direkt vor und nach der Winterstarre vermessen. Reptilien, die eine kontinuierliche Winterstarre durchführen, sollten kaum nennenswerte Fettreserven über den Winter verbrauchen (GREGORY, 1982). Es wird stattdessen vermutet, dass die zusätzlichen Reserven bei der Suche nach Überwinterungsstätten im Herbst und der Fortpflanzung im Frühjahr genutzt werden (GREGORY, 1982). Vermehrte Verluste von Fettreserven werden eher bei Arten beobachtet, die während der Winterstarre Aktivitätsperioden zeigen oder bei wärmeren Temperaturen überwintern (GREGORY, 1982). Tatsächlich ist bei gesunden Schildkröten unter adäquaten Überwinterungsbedingungen je nach Angabe der Autoren mit einem Gewichtsverlust von weniger als 5 % (SWINGLAND und STUBBS, 1985; CHITTY und RAFTERY, 2013; MCCORMACK, 2016; BROWN et al., 2019), 6-7 % (BOYER und BOYER, 2019), 10 % (GREGORY, 1982) oder weniger als 1 % des KGW pro Monats zu rechnen (HIGHFIELD, 2013). Ein größerer Gewichtsverlust spricht für inadäquate Überwinterungsbedingungen und/oder eine Erkrankung des Tieres. Bei *T. hermanni* ist das Urinvolumen während der Winterstarre höher als in der Aktivitätsperiode, sodass die Blase möglicherweise als Wasserspeicher dient (GILLES-BAILLIEN, 1974) und ein Gewichtsverlust auch auf den Verlust von Wasser hinweisen kann (WHITE und WHITE, 1979). Dieser Auffassung ist auch WEGEHAUPT (2012), der einen Gewichtsverlust auf einen Flüssigkeitsverlust aufgrund zu trockener Überwinterung zurückführt (WEGEHAUPT, 2012b). Die Tiere in der vorliegenden Studie sollten also zu den Zeitpunkten der Vermessung ein vergleichbares Körpergewicht aufweisen. Zudem zeigen WILLEMSSEN UND HAILEY (2002) in ihren Studien, dass der Unterschied in der Kondition zwischen Winter und Spätsommer am stärksten ausgeprägt ist, jedoch der allgemeine saisonale Einfluss zwischen den Monaten sehr gering ausfällt (WILLEMSSEN et al., 2002; WILLEMSSEN und HAILEY, 2002).

Als vierten und fünften Punkt nennen JACOBSON et al. (1993) den Einfluss des Füllungsgrades von Harnblase und Magendarmtrakt. Diese Punkte bleiben als Limitationen im Rahmen der Studie bestehen. Gemäß den Empfehlungen von WILLEMSSEN und HAILEY (2002) wurden die Schildkröten vermessen, bevor Kot oder Urin abgesetzt wurde (WILLEMSSEN und HAILEY, 2002). Wurden die Tiere dabei beobachtet, dass sie direkt vor der Gewichtsmessung Kot oder Urin abgesetzt hatten, wurden diese nicht weiter vermessen und aus der Studie ausgeschlossen.

Dies traf in Einzelfällen zu, wenn die Tiere beispielsweise aus dem Gehege entnommen wurden und sich auf dem Weg zur Vermessung entleerten. Nicht auszuschließen ist, dass Tiere direkt vor der Entnahme aus dem Gehege bereits unwissentlich für den Untersucher Kot oder Urin abgesetzt hatten. Der Füllungsgrad des Magendarmtraktes kann rein äußerlich nicht bestimmt werden. Die Magendarmpassagezeit von *T. h. boettgeri* liegt im median bei 7 Tagen, wobei die Kotabsatzfrequenz und Passagezeit von verschiedenen Einflussfaktoren wie der Jahreszeit, der Temperatur, der Fütterung und Nahrungszusammensetzung (vor allem der Rohfasergehalt), äußeren Stressoren und eventuell auch vom Signalement der Tiere beeinflusst wird (SKOCZYLAS, 1978; LAWRENCE und JACKSON, 1982; BAUR, 2008; MCMASTER und DOWNS, 2008; ROGNER, 2008; FISCHER, 2018). Ungewiss bleibt ebenfalls der genaue Hydratationszustand der Tiere. GILLES-BAILLIEN und SCHOFFENIELS (1965) stellten fest, dass der osmotische Druck des Blutes von *T. hermanni* im Sommer ein Minimum erreichte (hoher Körperwassergehalt) und am Ende des Winterschlafs das Maximum erreichte (niedriger Körperwassergehalt), im Gegensatz zum Verlauf der Körpermasse (GILLES-BAILLIEN und SCHOFFENIELS, 1965). Demnach argumentieren WILLEMSEN und HAILEY (2002), dass zumindest ein Teil der Schwankungen des BCI auf Veränderungen des Hydratationszustands zurückzuführen ist (WILLEMSEN und HAILEY, 2002). Auch wenn sich gewisse Hinweise aus der äußerlichen Betrachtung ergeben, wie etwa eingesunkene Augen oder eine schlechte Hautspannung im Bereich der Vordergliedmaßen (BARROWS et al., 2004; PEES und GIRLING, 2019), ist der Grad einer Dehydratation ohne Hämatokrit Bestimmung bei Schildkröten kaum zu messen. Der Füllungsgrad der Blase ist makroskopisch von außen schwer zu erfassen. Auch der Zeitpunkt der letzten Futteraufnahme kann aufgrund der großen Beteiligung von Privatpersonen und ebenso bei wildlebenden Schildkröten nicht exakt bestimmt werden. Aus diesem Grund ist es möglich, dass Tiere im Rahmen der Studie zum Zeitpunkt der Vermessung einen unterschiedlichen Füllungsgrad des Magendarmtraktes und der Harnblase aufwiesen. Zur Überprüfung müsste bei jedem Tier ein Ultraschall der Blase bzw. ein Röntgen oder eine CT/MRT zur möglichen Füllung des Darmtraktes durchgeführt werden, was weder praxistauglich ist noch im Rahmen der Studie machbar war. Im Rahmen der Ergebnisse wird der Einfluss des Magendarmtraktes und des Blasenfüllungsgrades ausführlich diskutiert und ist einer der Gründe, weshalb die klinische Betrachtung der Tiere gegenüber reinen mathematischen

Berechnungen einen deutlichen Einfluss gewinnt.

Die Panzerform und Knochendichte können sich laut JACOBSON et al. (1993) zwischen Tieren unterschiedlicher Regionen ebenfalls unterscheiden (JACOBSON et al., 1993). In ihrer Studie konnten WILLEMSSEN und HAILEY (2002) keine geographisch bedingte Variation der Körperkondition aufgrund von Panzerform oder Knochendichte feststellen (WILLEMSSEN und HAILEY, 2002). Die Panzerform der Tiere wurde im Rahmen der Volumenberechnungen bzw. des Deformationsgrads in der vorliegenden Studie berücksichtigt. Ein gewisser Einfluss regionaler Unterschiede in der Knochendichte kann im Rahmen der Studie nicht ausgeschlossen werden, da hierzu aufwendige Verfahren wie die DEXA zur Knochendichtemessung nötig gewesen wären (GRAMANZINI et al., 2013), welche nicht nur den Rahmen der Studie sprengen, sondern auch für Praxisbedingungen nicht geeignet sind.

2.3. Diskrepanz der Korrelation bei Einzeltieren

In der vorliegenden Studie zeigten sich bei den Einzeltieren zwei Möglichkeiten der Diskrepanz der Korrelationen:

Zum einen zeigten sich Tiere mit niedrigem BCS und gleichzeitig hohen Werten in den mathematischen Berechnungen. Eine mögliche Ursache für diese Diskrepanz ist eine Verfälschung des Gewichtes durch oben genannte Einflüsse wie ein hoher Blasenfüllungsgrad, auch bedingt durch Blasensteine oder Harnstasis, eine starke Füllung des Magendarmtraktes, auch z.B. durch Lithophagie. Die Tiere der Studie wurden keiner röntgenologischen oder sonographischen Untersuchung unterzogen, welche solche Ursachen ausschließen könnten. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass ein Tier derartig hohe Energiereserven besitzt, ohne dass eine entsprechende Bemuskelung oder Fettdepots von außen beurteilbar sind. Auch bei solchen Tieren, die ihre Energiereserven nach Krankheit oder einem Energiemangelzustand zunächst wieder aufbauen müssen, geschieht der Aufbau dieser Reserven erst bei Energieüberschuss, nachdem der Erhaltungsbedarf bereits gedeckt ist. Beim Säugetier ist beispielsweise nach Ruhigstellung einzelner Gliedmaßen wie im Rahmen von Knochenbrüchen und nach langer Hospitalisierung ein gewisser Muskelschwund zu verzeichnen. Bei Schildkröten ist ein solcher Abbau der Muskulatur zwar ebenso denkbar, würde jedoch implizieren, dass sich diese Tiere - außerhalb der physiologischen Vorgänge während der Hibernation - über einen

längeren Zeitraum nicht bewegen. Da Schildkröten an eine ständige Anpassung an die Umgebungstemperatur angewiesen sind, wäre eine externe Immobilisierung notwendig, um einen entsprechend ausgeprägten Muskelverlust zu erhalten. Eine solche Praxis ist im Rahmen der Studientiere praktisch auszuschließen, da sich alle Tiere zum Zeitpunkt der Vermessung in entsprechend artgerecht ausgestatteten Freilandgehegen aufhielten, die artspezifische Bewegung zuließen und zudem von ihren Besitzern als „gesund“ präsentiert wurden. In solchen Fällen ist es dementsprechend wahrscheinlicher, dass die Aussagekraft des BCS gegenüber den mathematischen Berechnungen verlässlicher ist.

Zum anderen zeigten sich Tiere mit hohem BCS und gleichzeitig niedrigen Werten in den mathematischen Berechnungen. Ein hoher BCS kann etwa durch generalisierte Ödeme vorgetäuscht werden (BOYER, 2019), welche beispielsweise durch Hepatische Lipidose, Nieren- oder Herzerkrankungen, oder niedrige Albuminwerte und entsprechend vermindertem onkotischen Druck zustande kommen können. In solchen Fällen ist die palpatorische Unterscheidung von normaler Bemuskulung und Fettgewebe zu der von Ödemen essenziell. Ödeme zeigen sich in der Regel durch eine teigige Konsistenz, bei der ein Abdruck des Fingers für gewisse Zeit bestehen bleibt. Weder Fettgewebe noch Muskulatur hinterlassen ein solches Palpationsmuster. WILLEMSSEN und HAILEY (2002) merken außerdem an, dass Fett aufgrund der geringeren Dichte als Bemuskulung oder Knochen ein geringeres Gewicht aufweist (WILLEMSSEN und HAILEY, 2002). Sie stellen die Theorie auf, dass adipöse Schildkröten aufgrund des limitierenden Panzervolumens ein geringeres Gewicht durch erhöhte Fettreserven aufweisen können, als bei ihrer Panzergröße zu erwarten wäre. Allerdings quellen solche Tiere optisch förmlich aus dem Panzer und können sich auch oft nicht komplett in den Panzer zurückziehen. Bei diesen Tieren ist es wahrscheinlich, dass der BCS den Berechnungen ebenfalls überlegen ist, jedoch wäre eine weiterführende Untersuchung im Rahmen bildgebender Diagnostik und Blutuntersuchung zur abschließenden Bestätigung wünschenswert.

2.4. Einfluss der Panzerbeschaffenheit

Die Beschaffenheit und Form des Panzers wird als wichtiger Indikator für die Qualität der Schildkrötenhaltung in Menschenobhut herangezogen (WIESNER und IBEN, 2003). Während Schildkröten der Gattung *Testudo spp.* im natürlichen Habitat ein glattes Erscheinungsbild des Panzers zeigen, wie auch durch

Abbildungen aus diversen Publikationen belegt wird (HIGHFIELD, 1996; KIRSCH, 1997; VETTER, 2006; SCHARDT, 2007; ROGNER, 2012; WEGEHAUPT, 2012a; HERZ, 2013; WIRTH, 2013; GEIER, 2016, 2017; DENNERT, 2021), wird in Menschenobhut teilweise eine sogenannte Pyramidenbildung beobachtet, die aus einem gesteigerten Wachstum der Schuppenplatten des Carapax resultiert (DONOGHUE, 2006; RITZ et al., 2010a; RITZ et al., 2012; HEINRICH und HEINRICH, 2016; BAUER et al., 2018; BOYER und SCOTT, 2019b; MENDOZA et al., 2022). Diese Deformation wird auch als „*Pyramidal Growth Syndrome*“ (PGS) bezeichnet (Abb. 9).

Abbildung 9: Beispiele für physiologisches und unphysiologisches Panzerwachstum bei *Testudo hermanni*. Erste Reihe: physiologisch gewachsener Panzer. Untere Reihen: Verschiedene Ausprägungen von Formabweichung und / oder Pyramidenbildung



Während die genaue Pathogenese noch nicht abschließend untersucht ist, zeigen einzelne Studien mögliche Faktoren für die Entstehung des PGS auf. So konnten WIESNER und IBEN (2003) einen deutlichen Einfluss einer zu geringen relativen Luftfeuchtigkeit auf die Pyramidenbildung bei Spornschildkröten (*Centrochelys sulcata*) nachweisen. Gleichzeitig war nur ein geringer Effekt des Eiweißgehaltes der Nahrung sowie der Kalzium- und Phosphorwerte im Blut zu sehen (WIESNER

und IBEN, 2003). Diese Erkenntnisse decken sich mit einer früheren Studie von STANCEL et al. (1998) zu Rotwangen-Schmuckschildkröten (*Trachemys scripta elegans*), bei der sich keinerlei Veränderungen der Panzerdeformation bei starker Supplementation mit Kalzium oder Phosphor ergaben (STANCEL et al., 1998). GERLACH (2004) konnte dagegen bei maurischen Landschildkröten (*Testudo graeca*) einen deutlichen Einfluss eines Kalzium-Phosphor-Verhältnis der Nahrung von $<1,8$ auf die Pyramidenbildung aufzeigen (GERLACH, 2004). In einer Studie an Pantherschildkröten (*Stigmochelys pardalis*) und Spornschildkröten (*Centrochelys sulcata*) führte eine erhöhte Wärmezufuhr, insbesondere nachts, zu einer erhöhten Wachstumsrate und einem Pyramidenwachstum des Panzers (HEINRICH und HEINRICH, 2016). Derzeit wird davon ausgegangen, dass die Pyramidenbildung durch einen multifaktoriellen Prozess bedingt ist, wobei sowohl inadäquate Haltungsbedingungen als auch inadäquate Fütterung einen wesentlichen Einfluss ausüben (STEARNS, 1989; MCARTHUR und BARROWS, 2004; DONOGHUE, 2006; KÖLLE, 2008; BAUER et al., 2018; BOYER und SCOTT, 2019b; MENDOZA et al., 2022).

In einer Studie von RITZ et al. (2012) wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der Pyramidenbildung und dem Alter der Tiere festgestellt. Die Autoren stellen aufgrund der Altersverteilung die Hypothese auf, dass wachstumsbedingte Störungen die Lebenserwartung von Landschildkröten begrenzen könnten. Eine kontrollierte Studie wäre jedoch nötig, um diesen Zusammenhang zu beweisen (RITZ et al., 2012). Selbst bei wildlebenden Schildkröten wird zu einem gewissen Maße eine Panzerdeformation beobachtet, insbesondere in trockenen Zonen mit eingeschränktem Wasserzugang (LAMBERT, 1982; WEGEHAUPT, 2012b). WEGEHAUPT (2012) differenziert aus diesem Grund zwischen zwei Arten der Pyramidenbildung: Bei wildlebenden Schildkröten in trockenen Gebieten und begrenztem Wasserzugang zeigten Tiere mit Pyramidenbildung dennoch eine normale Knochenstruktur unter den Schilden. Er vermutete, dass bei Tieren in Menschenobhut aufgrund der intensiven Fütterung mit eiweißreicher Nahrung dagegen ein poröser Panzer vorliegt, insbesondere bei sehr schnell gewachsenen Schildkröten (WEGEHAUPT, 2012b). In einer Studie von GRAMANZINI et al. (2013) wurde ein Pyramidenwachstum dagegen mit einer eher höheren Knochendichte assoziiert (GRAMANZINI et al., 2013). Ob dies aufgrund einer Verdickung des Panzers stattfindet, wie von WEGEHAUPT (2012)

und KIRSCHE (1997) beobachtet, bleibt unklar (KIRSCHE, 1997; WEGEHAUPT, 2012b). Es wird vermutet, dass der Körper versucht, die geringe Festigkeit des Carapax mit mehr Masse auszugleichen (KIRSCHE, 1997). MENDOZA et al. (2022) beobachteten bei Köhlerschildkröten (*Chelonoidis carbonaria*), die hochverdauliches Futter mit hohem Stärkegehalt erhielten, eine niedrigere Knochenmasse, -dichte, und -mineralisation sowie ein schnelleres Wachstum (MENDOZA et al., 2022). WIESNER und IBEN (2003) nehmen an, dass das Angebot an nährstoffreicheren Pflanzen in feuchten Jahreszeiten zunimmt, was sich in stärkerem Wachstum widerspiegelt, während in trockenen Jahreszeiten die Nährstoffqualität abnimmt, was sich wiederum hemmend auf das Wachstum von Schildkröten auswirkt. Viele Schildkrötenarten suchen selbst unter trockenen Bedingungen Verstecke mit hoher Luftfeuchtigkeit auf. In Menschenobhut hingegen würde die durchgehende Verfütterung von nährstoffreicher Nahrung bei einem gleichzeitig zu trockenen Mikroklima zu einem PGS beitragen (WIESNER und IBEN, 2003).

Bei gleicher Panzerlänge und -breite wird ein von Pyramidenbildung betroffenes Tier weniger Volumen innerhalb des Panzers aufweisen als ein vergleichbar großes Tier mit glattem Panzer. In einer Studie von LOEHR et al. (2007) zeigte sich bei juvenilen Gesägten Flachschildkröten (*Homopus Signatus*) keine geringere Körperkondition trotz des geringeren Ossifikationsgrades des Panzers, wie eigentlich zu erwarten wäre (LOEHR et al., 2007b). Auch in einer Studie von WILLEMSSEN und HAILEY (2002) war der Einfluss der geographischen Unterschiede durch Panzerform und Knochendichte auf den Body Condition Index gering (WILLEMSSEN und HAILEY, 2002).

Insgesamt gab es in der vorliegenden Studie zu wenige hochgradig deformierte Tiere, um eine statistisch signifikante Aussage treffen zu können. Der genaue Einfluss der Pyramidenbildung und Panzerdeformation für die Fragestellung bleibt darum unklar. Denkbar ist jedoch durch den allgemein starken Einfluss des Panzers auf das Körpergewicht, dass man bei solchen Tieren verstärkte Vorsicht im Einsatz von Berechnungen walten lassen sollte.

2.5. Einfluss des Geschlechts

Der Unterschied in der relativen Panzergröße zwischen weiblichen und männlichen Griechischen Landschildkröten deckt sich mit Ergebnissen aus der Literatur

(WILLEMSEN und HAILEY, 1999; WILLEMSEN und HAILEY, 2003; BERTOLERO et al., 2011). Es wird angenommen, dass die unterschiedliche Größe und Panzerform bei *Testudo hermanni* in erster Linie aufgrund von sexueller Selektion bei männlichen Tieren beeinflusst wurde (WILLEMSEN und HAILEY, 2003): So bieten das konkave Plastron, die größeren Öffnungen des Panzers und die breiter stehenden Hinterbeine mehr Stabilität während des Aufreitens. Die kürzeren Analschilde bieten dem längeren Schwanz mit Schwanzendnagel mehr Platz, welcher der Stimulierung der Weibchen vor der Kopulation dient. Außerdem unterstützen die stärkere Wölbung des Panzers sowie die Beweglichkeit der Hinterbeine durch größere Panzeröffnungen die männlichen Tiere dabei, sich schneller wieder aufzurichten, insbesondere nach einem Kampf oder einem Balzversuch, bei denen sie auf den Rücken geworfen wurden. Größere Männchen bilden sich in der Regel eher bei Schildkrötenspezies aus, die vermehrt Revierkämpfe austragen, wie etwa bei der Breitrandschildkröte (*T. marginata*) (WILLEMSEN und HAILEY, 2003). Bei *T. hermanni* dagegen sind Kämpfe zwischen männlichen Tieren wesentlich seltener zu beobachten als die Umwerbung der weiblichen Tiere (WILLEMSEN und HAILEY, 1999). Andererseits besteht bei Landschildkrötenweibchen wahrscheinlich eine Selektion auf Fruchtbarkeit, da sie eine positive Korrelation zwischen der Gelege Größe sowie der jährlichen Eiproduktion und der Körpergröße aufweisen (HENEN et al., 1999; LAGARDE et al., 2001). Es konnte nicht gezeigt werden, dass weibliche *T. hermanni* größere Männchen bevorzugen (SWINGLAND und STUBBS, 1985). GALEOTTI et al. (2005) postulieren, dass die Wahl kleinerer Partner auf die Präferenz der Weibchen für eine ausdauernde Balz zurückzuführen sein könnte (GALEOTTI et al., 2005).

In der vorliegenden Studie wurden die Analysen der Korrelationen für beide Geschlechter getrennt voneinander betrachtet, um den Unterschieden durch sexuellen Dimorphismus gerecht zu werden. In den Korrelationen der jeweiligen Messmethoden bestanden dabei gewisse Unterschiede. Bei weiblichen Tieren in Deutschland zeigte die Korrelation des BCS zu den Volumenindices die stärkste Beziehung, bei männlichen Tieren dagegen die Korrelation zum Body Condition Index. Eine Hypothese ist, dass diese Unterschiede mit der Form des Panzers zusammenhängen. So wird beim Volumen Index zwar die Form des Carapax berücksichtigt, nicht jedoch die Wölbung oder Einziehung des Plastrons. Bei weiblichen französischen Tieren zeigte sich die Korrelation des BCS zum

Umfangsprodukt mit der stärksten Beziehung, während bei den männlichen Tieren keine Korrelation zu sehen war. Unter mögliche Ursachen fallen die unterschiedliche Verteilung der Probandenzahl, die Verteilung der Body Condition Scores, der Anwendung der Messmethoden oder auch die Panzerformen der Subspezies. Eine genaue Begründung der Ursachen für die Unterschiede der Korrelationen lieferten die Daten der vorliegenden Studie nicht.

Weibliche Tiere wiesen tendenziell einen höheren BCS auf als männliche Tiere. Diese Ergebnisse decken sich mit der Studie von GIMMEL et al. (2019) (GIMMEL et al., 2019). BONNET et al. (2001) stellen bei *Testudo horsfieldii* die Theorie auf, dass männliche Tiere durch mehr Bewegung und aktive Suche nach weiblichen Tieren mehr Energie verbrauchen und demnach eine geringere Körperkondition aufweisen. Weibliche Tiere dagegen stehen unter dem Druck, große Gelege zu produzieren, und müssen Nährstoffreserven für die Anbildung von Follikeln und die Entwicklung der Eier ansammeln (BONNET et al., 2001). Aufgrund der vielen Einflussfaktoren sehen die Autoren jedoch davon ab, die Ergebnisse detailliert zu interpretieren. HAILEY (2000) kritisierte diese Ansicht, da die Betrachtung lediglich auf die Unterschiede der Masse aufgrund der Morphologie abziele und nichts mit der Kondition als solcher zu tun habe (HAILEY, 2000). SWINGLAND und STUBBS (1985) konnten in ihrer Studie außerdem zeigen, dass männliche Tiere die sexuelle Aktivität zwar immer initiierten, sich für die Suche nach Weibchen jedoch nicht außerhalb ihres Revieres bewegten, sondern vielmehr auf vorbeiziehende weibliche Tiere warteten. Dadurch hatten die männlichen Tiere auch mehr Erfolg, wenn ihre Reviere nahe der Nistplätze lagen (SWINGLAND und STUBBS, 1985).

LOEHR et al. (2007) konnten zeigen, dass Weibchen der Spezies *H. signatus* eine höhere Körperkondition im Frühjahr aufgrund der bevorstehenden Nistaktivitäten und raschen Anhäufung von „Reproduktionsmasse“ (wie etwa Eier) aufwiesen (LOEHR et al., 2007a). WILLEMSSEN et al. (2002) sind bei *T. hermanni* demgegenüber der Meinung, dass sich dies aufgrund der Begrenzung des Panzers nicht auf den BCI auswirkt, es sei denn, dass die Dichten von Eiern und Magendarminhalt sich erheblich unterscheiden (WILLEMSSEN und HAILEY, 2002). Die niedrigen Werte des BCI der Weibchen im Sommer könnte hingegen auf die kürzlich erfolgte Eiablage zurückzuführen sein, allerdings auch auf die stärkere Aktivität der Weibchen (WILLEMSSEN und HAILEY, 2002), wonach

diese sich weiter bewegen (HAILEY, 1989; LONGEPIERRE et al., 2001) und häufiger gesichtet werden (HAILEY und WILLEMSSEN, 2000). Nach BERTOLERO et al. (2011) zeigen männliche Tiere in den Monaten außerhalb der Nistsaison (Mai bis Juli) eine höhere Aktivität als weibliche Tiere, welche demgegenüber während der Nistsaison weitere Strecken zurücklegen (BERTOLERO et al., 2011). Zudem halten Männchen eine kürzere Winterstarre als weibliche Tiere, weshalb sie im Herbst länger und im Frühjahr früher aktiv sind (WEGEHAUPT, 2012b). Ein höherer Energieverbrauch und eine demzufolge saisonal unterschiedliche Körperkondition können demnach je nach Geschlecht variieren.

2.6. Einfluss der Subspezies

Bei den beiden Unterarten von *T. hermanni* zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der absoluten Größe. Tiere der Unterart *T. h. boettgeri* waren im Allgemeinen größer als Tiere der Unterart *T. h. hermanni*. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit der Literatur (BERTOLERO et al., 2011). Wie bereits weiter oben beschrieben, manifestierte sich insbesondere bei der Unterart *T. h. boettgeri* eine signifikante biologische Diversifizierung im Kontext klimatischer Veränderungen. Darüber hinaus lassen sich weitere Unterschiede durch die entsprechende Anpassung an die jeweiligen Lebensräume entlang der Mittelmeerregion beobachten. Dazu zählen Unterschiede in Körpergröße, Panzerform und Morphologie zwischen den Populationen. Der leichte Unterschied in den jeweiligen Korrelationen zwischen den Subspezies kann demnach den unterschiedlichen, an die jeweiligen Lebensräume angepassten, Morphologien geschuldet sein. In der Studie von WILLEMSSEN et al. (2002) etwa zeigten sich weibliche Tiere der Subspezies *T. h. hermanni* um 3% schwerer als weibliche Tiere der Subspezies *T. h. boettgeri* bei derselben Panzerlänge (WILLEMSSEN et al., 2002). Wie bereits beschrieben (Tab. 1) ist der Panzer bei *T. h. hermanni* generell höher und kuppelförmiger ausgebildet als bei *T. h. boettgeri*. Welche Faktoren im Einzelnen genau zu den unterschiedlichen Korrelationen beitragen, ist aus den Daten der vorliegenden Studie nicht ersichtlich. Die Anzahl der Tiere und die Verteilung des BCS unterschied sich deutlich, sodass hier weitere Studienprobanden nötig sind, bevor eine abschließende Aussage getroffen werden kann.

2.7. Einfluss der Herkunft

Bei wildlebenden Schildkröten wurde keine Korrelation zwischen dem Body Condition Score und einem anderen Messsystem festgestellt. Eine fehlerhafte oder abweichende Anwendung des Body Condition Scores sowie der Messmethoden sind eine mögliche Fehlerquelle, wenngleich die bestmöglichen Hilfestellungen durch Fotografien und Beschreibungen zur Anwendung geliefert wurden, um möglichst einheitliche Ergebnisse zu erzielen. Eine gewisse Varianz zwischen verschiedenen Untersuchern ist bei einer subjektiven Messmethode wie dem BCS immer gegeben. Alle Untersucher waren jedoch den Umgang mit Schildkröten gewohnt und setzten die Messmethoden regelmäßig im Monitoring ein.

Als weitere Ursache kommt die geringe Tierzahl im Vergleich zur Anzahl der vermessenen Schildkröten in Menschenobhut als Fehlerquelle in Frage, welche bei den Abweichungen auf individuellem Level, z.B. durch unterschiedliche Blasenfüllungsgrade, zu einer fehlenden Korrelation beitragen kann. Auch bei den Schildkröten in Menschenobhut zeigte sich eine solche Diskrepanz in Einzeltieren, die jedoch aufgrund der großen Tierzahl im Gesamten ausgeglichen wurde.

Zudem sind unterschiedliche regionale, saisonale und klimatische Bedingungen zu berücksichtigen. In Deutschland ergeben sich deutlich andere klimatische Bedingungen als im Mittelmeerraum. Während der Mittelmeerraum durch trockene Sommer mit geringem Nahrungsangebot und geringer Aktivität der Schildkröten gezeichnet ist, steht den Tieren in Menschenobhut in der Regel noch lange Futter und Wasser zur Verfügung. Damit ergibt sich auch ein anderer Peak in der Körperkondition der Tiere. So zeigt die Studie von WILLEMSEN et al. (2002), dass der Peak in nördlichen Regionen deutlich später eintritt als im Mittelmeerraum. Im Sommer und Herbst ergibt sich dieser Umstand in der Regel durch das Futterangebot, welches aufgrund stärkerer und längerer Regenfälle deutlich ausgeprägter ist (WILLEMSEN et al., 2002). Im Frühjahr ergeben sich Unterschiede dagegen eher durch Aktivität und Thermoregulation (HAILEY und WILLEMSEN, 2000; WILLEMSEN et al., 2002; WILLEMSEN und HAILEY, 2002; BIAGGINI, 2017). Aufgrund der klimatischen Gegebenheiten wurde für wildlebende Tiere in Norditalien sogar eine unimodale Aktivitätsperiode beschrieben, die sich von allen anderen Populationen von *T. hermanni* unterscheidet, welche typischerweise eine bimodale Aktivität mit Peaks im Frühjahr und Herbst aufweisen (MAZZOTTI et al., 2002). Wie bereits weiter oben

aufgeführt, zeigen die Tiere auch gemäß ihres geschlechtsspezifischen Verhaltens eine unterschiedliche Körperkondition, je nach Aktivität, Reproduktionsstatus und Futtermittelverfügbarkeit (WILLEMSEN und HAILEY, 2002; LOEHR et al., 2007a). Einen weiteren Faktor stellt das jeweilige Mikroklima im unmittelbaren Bodenbereich dar, welches von der Bodenbeschaffenheit, der geschützten Lage, der Art des Bewuchses und vor allem der intensiven Sonneneinstrahlung geprägt wird (WEGEHAUPT, 2012b, 2012a). WILLEMSEN et al. (2002) zeigen, dass sich das saisonale Muster im BCI zwischen wildlebenden und in Menschenobhut lebenden Schildkröten signifikant unterscheidet, wobei das Ausmaß der Variation recht gering bleibt (WILLEMSEN et al., 2002). Es wird diskutiert, dass Daten von freilebenden Schildkröten somit nicht immer direkt auf Schildkröten in Menschenobhut übertragbar sind (WILLEMSEN et al., 2002). All diese unterschiedlichen klimatischen Bedingungen können zu Unterschieden zwischen wildlebenden Tieren und Tieren in Menschenobhut führen.

Aufgrund der fehlenden Korrelation muss die Anwendung des BCS bei wildlebenden Tieren der Spezies *T. h. hermanni* unter Vorbehalt bleiben, bis weitere Studien die Zusammenhänge untersuchen.

3. Limitationen der vorliegenden Studie

3.1. Subjektivität

Wie jede andere Messmethode hat auch der Body Condition Score seine Grenzen. Die größte Limitation in der Anwendung des BCS ist seine Subjektivität, die ein gewisses Training voraussetzt (KRISTENSEN et al., 2006; VIEIRA et al., 2015; ZIELKE et al., 2018). In verschiedenen Studien zeigte sich, dass ein geeigneter Body Condition Score nur geringe Abweichungen zwischen den Untersuchern aufweisen und im Großen und Ganzen konsistente Ergebnisse aufzeigen sollte (EDMONSON et al., 1989; VIEIRA et al., 2015; ZIELKE et al., 2018). Insbesondere eine mangelhafte Beschreibung der einzelnen Scores wird für Ungenauigkeiten verantwortlich gemacht (EDMONSON et al., 1989). Gewisse Abweichungen zwischen den Untersuchern sind jedoch nicht auszuschließen. Weiterführende Studien zur Messung der Varianz zwischen verschiedenen Untersuchern unterschiedlicher Erfahrungslevel bei der Verwendung des hier vorgestellten Body Condition Scores sind aus diesem Grund wünschenswert. Gemäß STRINGER et al. (2010) kann der Einfluss durch Variabilität zwischen

Untersuchern minimiert werden, indem, wie in der vorliegenden Studie, das Scoring nur durch eine Person durchgeführt wird (STRINGER et al., 2010). Eine detailliertere Skala benötigt in der Regel zudem erfahrenere Untersucher, um den genauen Wert zu ermitteln (VIEIRA et al., 2015). Eine BCS-Skala von 1-9 wäre aus diesem Grund zwar genauer, aber schwieriger in der korrekten Anwendung als eine Skala von 1-5. Durch die Limitation auf 5 Punkte sollte darum der hier vorgestellte Score auch weniger erfahrenen Untersuchern zugänglich sein. Eine weitere Reduzierung des Scores auf nur 3 Punkte (sehr dünn, normal, sehr dick) ist für eine noch einfachere Anwendung in der Praxis ebenfalls denkbar, wie dies bereits in Studien bzw. Protokollen an Säugetieren angewandt wurde (QUALITY, 2009a, 2009b; ANZUINO et al., 2010). SCHIFFMANN et al. (2017) gelangten in ihrer Untersuchung diverser Body-Condition-Scoring-Systeme bei Elefanten außerdem zu dem Schluss, dass bei einem Protokoll mit einem Algorithmus- oder Übersichtsansatz eine signifikant höhere Wiederholbarkeit zwischen den Beobachtern erzielt werden konnte. Die Varianz zwischen Untersuchern kann folglich reduziert werden, wenn das Tier im Gesamten betrachtet und wesentliche Punkte stärker gewichtet werden als andere, anstatt das Tier in gleichwertige Regionen einzuteilen (SCHIFFMANN et al., 2017).

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde der Fokus auf die Ausprägung der Körpermasse um Gliedmaßen und Wirbelsäule gelegt, während die Ausprägung von Kopfmuskulatur und die Palpation von Fettkörpern eine untergeordnete Rolle spielten. Die Ausprägung der Körpermasse im kranialen Körperfeld erlaubt eine ganzheitliche Betrachtung der Schildkröte, insbesondere, ob das Tier eher aus seinem Panzer hervorquillt oder stark eingesunken bzw. zurückgezogen wirkt.

In der Kleintiermedizin ist es sinnvoll, im Rahmen der Allgemeinuntersuchung und Erhebung des BCS auch den jeweiligen Untersucher zu notieren, um bei späterer Evaluierung auch die Varianz nachzuvollziehen. Dies ist auch bei der Verwendung des BCS für Griechische Landschildkröten zu empfehlen, eventuell sogar unter Einbeziehung der einzelnen Punkte (Gliedmaßen, Kopf, ...) zur besseren rückwirkenden Beurteilung. Vor der ersten Bestimmung des BCS sollte außerdem eine eingehende Schulung der Untersucher erfolgen.

3.2. Anwendbarkeit des BCS bei Jungtieren

Ein Energiemangel führt auch bei Jungtieren zu einem Abbau von Fett- und Muskelmasse, sodass es sehr wohl Jungtiere gibt, die zu dünn sind. Überschüssige Energie dagegen wird analog z.B. zu Hunden (MEYER und ZENTEK, 1992) vorwiegend in Wachstum investiert (FURRER et al., 2004; MCARTHUR und BARROWS, 2004; DIEZ et al., 2008; RITZ et al., 2010b; RITZ et al., 2010a). Aus diesem Grund ist der Body Condition Score bei Jungtieren nach oben hin limitiert. Es ist sehr unwahrscheinlich, übergewichtige juvenile Schildkröten zu finden. Bei Jungtieren ist eine Überprüfung anhand von Wachstumskurven anhand von Körpergewicht und Panzermaßen daher sinnvoller (Abb. 10). Perzentile Wachstumskurven sind bereits seit Jahrzehnten in der Humanmedizin im Einsatz und finden sich mittlerweile auch bei einigen Haussäugetieren (CORSON et al., 2008; DE ONIS et al., 2008; ONODA et al., 2013; SALT et al., 2017). Bei Reptilien fehlen derzeit noch genaue Studien zu perzentilen Wachstumskurven, obwohl die Anwendung auch bei diesen denkbar wäre. Für die meisten Schildkrötenspezies sind, wenn überhaupt, nur Studien zum Wachstum von wildlebenden Tieren vorhanden (WILBUR, 1975; LAMBERT, 1982; MEEK, 1985; STUBBS et al., 1985; FRAZER und LADNER, 1986; COX et al., 1991; BJORNDAL et al., 1995; LINDEMAN, 1999; WILLEMSSEN und HAILEY, 1999; WILLEMSSEN und HAILEY, 2001; HAILEY und LAMBERT, 2002; MCARTHUR und BARROWS, 2004; ZIVKOV et al., 2007; MACALE et al., 2009; BERTOLERO et al., 2011; ARSOVSKI et al., 2018). Ob diese direkt auf Tiere in Menschenobhut übertragen werden können, bleibt fraglich. Meist liegt in Menschenobhut eine stabilere und höhere Energieversorgung auf kleinerem, geschütztem Raum, bei deutlich abweichenden klimatischen Verhältnissen vor.

Abbildung 10: Methoden zur Vermessung von juvenilen Schildkröten (*T. hermanni*) zur Erstellung von Wachstumskurven



Im Gegensatz zum Haussäugetier ist der Eintritt der Geschlechtsreife bei Reptilien darüber hinaus nicht abhängig von Alter, sondern der Größe des Tieres, und lässt sich somit durch äußere Einflüsse wie Haltung und Fütterung entsprechend modulieren. Gemäß BERTOLERO et al. (2011) könnte eine typische Wachstumskurve für *T. hermanni* als konstantes lineares Wachstum mit einer Rate von etwa 10 mm/Jahr bis zur Geschlechtsreife im Alter von 8-12 Jahren beschrieben werden (BERTOLERO et al., 2011), gefolgt von einer kontinuierlich abnehmenden Wachstumsrate, die zu einer Annäherung an eine asymptotische Größe bei sehr alten Individuen führt (STUBBS et al., 1985; WILLEMSSEN und HAILEY, 2001). ARSOVSKI et al. (2018) argumentieren dagegen, dass juvenile Schildkröten in den ersten Lebensjahren nicht in eine uniforme Wachstumsklasse zu bündeln sind (ARSOVSKI et al., 2018). Stattdessen findet das Wachstum eher in Stufen statt: frisch geschlüpfte Schildkröten zeigen sich aufgrund der Vulnerabilität durch ihren weichen Panzer überwiegend versteckt (Abb. 11), bis sie ab einem Alter von ca. 2-4 Jahren mit der Umgebung vertraut sind und sich aufgrund des festeren Panzers vermehrt auf Nahrungssuche begeben können. Erst mit einem Alter von ca. 5 Jahren beginnen die Tiere, ihre Umwelt intensiv und effizient zu nutzen.

Abbildung 11: Schlüpfling einer Griechischen Landschildkröte (*T. hermanni*)



Nach BERTOLERO et al. (2011) ist die Ausprägung des sexuellen Dimorphismus bei wildlebenden *T. hermanni* ab einer Panzerlänge von ca. 10 cm zu sehen, was in der Natur etwa einem Alter von 6-7 Jahren entspricht (BERTOLERO et al., 2011). Der genaue Zeitpunkt der Geschlechtsreife ist bei wildlebenden Tieren oft schwer festzustellen und kann sich auch regional unterscheiden. Bei einer Population in Katalonien, Spanien, wurde ein Alter von 6 - 8 Jahren für männliche Tiere, und 8 - 10 Jahren für weibliche Tiere festgelegt (BERTOLERO et al., 2005). Andere Autoren sehen von Altersangaben ab und verwenden dagegen nur die Größe der Tiere als Maßangabe. Für wildlebende *T. hermanni* wird die Geschlechtsreife mit einer Panzerlänge von 15 cm für weibliche Tiere bei Alyki, 12 cm für männliche Tiere und 14,2 cm für weibliche Tiere bei Nordgriechenland, 14 cm für männliche Tiere und 16 cm für weibliche Tiere bei Mikri Volvi und Agios Dimitrios, und 17cm für männliche Tiere und 19 cm für weibliche Tiere bei Deskati angegeben (SWINGLAND und STUBBS, 1985; HAILEY und LOUMBOURDIS, 1990; WILLEMSSEN und HAILEY, 1999; WILLEMSSEN und HAILEY, 2003).

Bei einer nicht naturnahen Haltung oder Fütterung wachsen die Tiere dagegen weitaus schneller. Bei der afrikanischen Spornschildkröte (*Geochelone sulcata*) tritt die Geschlechtsreife in freier Wildbahn mit ca. 15 Jahren ein. Bei Tieren in Menschenobhut lag die entsprechende Größe dagegen teils schon mit 5,9 Jahren vor (RITZ et al., 2010b). DALY et al. (2018) konnten zeigen, dass Kalifornische Gopherschildkröten (*Gopherus agassizii*) bei Innenhaltung über 16-mal schneller wuchsen als ausgewilderte Tiere (DALY et al., 2018).

Einen Extremfall des schnellen Wachstums stellen sog. „Dampfaufzuchten“ dar (WEGEHAUPT, 2012b; WIRTH, 2013). Durch eine Kombination aus fehlender Hibernation, übermäßiger Ernährung von häufig sehr eiweißreichen Futtermitteln und durchgehend warmer Haltung wachsen die Jungtiere im Vergleich zu wildlebenden Schildkröten unverhältnismäßig schnell (MCARTHUR und BARROWS, 2004). Ein schnelles Wachstum begünstigt einen frühen Eintritt der Geschlechtsreife, was insbesondere von professionellen Züchtern angestrebt wird, da es die Zeit zwischen Generationen verkürzt. Auch für die Aufzucht von bedrohten Spezies ist eine frühzeitige Auswilderung durch schnellere Aufzucht der Tiere wünschenswert.

Ein zu früher Eintritt der Geschlechtsreife wird jedoch mit einigen gesundheitlichen Problemen in Verbindung gebracht, darunter präovulatorische Legenot durch

Leberverfettung, postovulatorische Legenot durch körperlich unreife Schildkröten (DENARDO et al., 2000; MCARTHUR und BARROWS, 2004; STAHL und DENARDO, 2019), sowie eine zu geringe Mineralisierung des Knochengewebes und eine Förderung von Nierenerkrankungen (GERLACH, 2004; MCARTHUR und BARROWS, 2004; MENDOZA et al., 2022). Dies gilt insbesondere bei einem falschen Kalzium-Phosphor-Verhältnis und zu viel Protein in der Fütterung, durch welches den Tieren auch eine deutlich verkürzte Lebenserwartung zugeschrieben wird (HIGHFIELD, 1989). Bei Hunden und Katzen wird ein zu schnelles Wachstum auch mit einem erhöhten Risiko für spätere Adipositas und Skelettschäden in Verbindung gebracht (MEYER und ZENTEK, 1992; DOBENECKER et al., 1998; SERISIER et al., 2013; SALT et al., 2020).

Bei Schildkröten fehlen kontrollierte Studien, die einen negativen Einfluss von mäßig schnellerem Wachstum bei gleichzeitig artgerechter Haltung und Futterzusammensetzung belegen. Insbesondere Artenschutzprojekte sind auf die schnelle Aufzucht und Auswilderung von Jungtieren angewiesen. Solche Studien sind jedoch aufgrund ihres zeitlichen Umfanges durch die Alterserwartung der Schildkröten, sowie die zahlreichen äußerlichen Einflussfaktoren, nur schwer durchführbar. Einen Grenzwert, ab welchem Faktor das Wachstum zu schnell vonstatten läuft und gesundheitliche Probleme mit sich bringt, gibt es derzeit nicht. Es ist darum prinzipiell anzustreben, dass Schildkröten in Menschenobhut ähnlich den wildlebenden Tieren möglichst langsam und gleichmäßig wachsen.

3.3. Festlegung des Idealwertes

In der vorliegenden Studie wurde ein BCS-Wert von 3,0 als Idealwert vorgeschlagen. Dieser Wert basierte auf adspektorischen, sowie palpatorischen Untersuchungen von Individuen sowie vergleichbaren BCS-Scores der Spezies *Gopherus agassizii*. Ob dieser Wert jedoch tatsächlich so exakt mit den Energiereserven korreliert, sodass ein Wert von 3,0 als Ideal angestrebt wird, kann aus den Berechnungen nicht zweifelsfrei abgeleitet werden. Der Großteil sowohl der gut gehaltenen als auch wildlebenden Schildkröten der vorliegenden Studie entsprechen dem BCS von 3,0. Es wird aus diesem Grund auch davon ausgegangen, dass es sich damit um das mittlere Ideal handelt. Ähnlich wie bei anderen Tierarten scheinen gesunde Tiere einen durchschnittlichen Anteil an Energiereserven aufzuweisen. Es fehlen jedoch weiterführende Studien zum genauen Verlauf des BCS bei kranken Schildkröten, um abschließend zu beurteilen ab welchem Score

mit gesundheitlichen Folgen zu rechnen ist. In weiteren Studien wäre außerdem zu klären, ob sich der BCS eher am unteren Rand (2,5) oder eher am oberen Rand (3,5) orientieren sollte.

Es ist weiterhin zu klären, inwiefern der hier vorgestellte BCS mit dem tatsächlichen Gehalt der Energiereserven korreliert. Diesbezüglich wären weitere Untersuchungen mithilfe von Blutuntersuchungen, bildgebenden Verfahren wie Ultraschall, Computertomographie, Dual-Energy-X-Ray-Absorptiometry oder invasivere Verfahren wie der Sektion und Extraktion der Gesamtfettmenge notwendig.

Ein weiterer Einflussfaktor kann die Möglichkeit der Alterssarkopenie spielen, der für Schildkröten bisher nicht untersucht wurde. Im Rahmen der vorliegenden Studie zeigten sich eher höhere Körperkonditionen mit zunehmendem Alter.

Tageszeitliche und Intraindividuelle Schwankungen können nur im Rahmen von wiederholten Untersuchungen an gleichen Individuen durchgeführt werden. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde darauf zugunsten einer größeren Probandenzahl verzichtet. In der praktischen Anwendung des BCS erfolgt ebenfalls lediglich eine Momentaufnahme, sodass es Sinn der Studie war, diese möglichst praxisnah zu reflektieren und korrelieren.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die Evaluierung des Ernährungszustandes anhand des Body Condition Scores (BCS) gilt in der Tiermedizin als essenzieller Bestandteil der Allgemeinuntersuchung eines Patienten, ist jedoch in der Reptilienmedizin bisher nicht etabliert. Aufgrund der Beliebtheit Griechischer Landschildkröten (*Testudo hermanni*) als Heimtiere ist eine einfache, schnelle und kostengünstige Ergänzung zur Beurteilung des Ernährungszustandes auch für diese Reptilien wünschenswert. Kachexie ist bei Schildkröten, die an chronischen Krankheiten leiden, häufig zu diagnostizieren. Aufgrund des Panzers und der limitierenden Studienlage basiert die Einschätzung bisher auf zeitaufwendigen und wenig praxistauglichen mathematischen Berechnungen. Das Ziel dieser Arbeit bestand deshalb in der Entwicklung eines speziesspezifischen Body Condition Scores und seiner Evaluierung mit objektiven Messmethoden.

Zu diesem Zweck wurde eine BCS-Skala von 1 (abgemagert) bis 5 (adipös) erstellt. Die Beurteilung der Muskulatur ist aufgrund des gering ausgeprägten subkutanen Fettgewebes ein integraler Teil des BCS bei Reptilien. Eine separate Beurteilung, wie im Rahmen des Muscle Condition Score bei Kleintieren, ist wenig sinnvoll. Im Anschluss wurden der BCS sowie die Körpermaße (Panzerlänge, -breite, -höhe, -umfang und Gewicht) von 373 adulten Schildkröten (*T. hermanni ssp.*) aus menschlicher Obhut in Deutschland und aus einer wildlebenden Population in Südfrankreich erfasst. Abschließend wurde der BCS anhand der vorliegenden Daten mit den Ergebnissen der Formeln gemäß Jackson Ratio, Body Condition Index, Volume Condition Index und Panzerumfang verglichen.

Die statistisch signifikante Korrelation ($p < 0,05$) des BCS mit allen Messmethoden in der Gesamtpopulation ($n = 373$) lässt den Schluss zu, dass der BCS in fast allen Fällen zu vergleichbaren Werten führt wie objektive mathematische Berechnungen. In einzelnen Fällen wurde eine Diskrepanz zwischen BCS und Messwerten beobachtet, welche bei 7 Tieren (1,9%) besonders deutlich ausfiel. Daher ist bei der Beurteilung von Landschildkröten anhand von Berechnungen eine gewisse Vorsicht geboten, da eine klinische Beurteilung nicht erfolgt und das Vorliegen von Krankheiten, die ein scheinbar hohes Körpergewicht bei gleichzeitig reduziertem Ernährungszustand vortäuschen können, wie z.B. Lithophagie oder Blasensteine, nicht berücksichtigen kann. Die stärkste Korrelation in der Gesamtpopulation

zeigte sich zwischen dem BCS und den Volumenindices ($r = 0,373$; $p < 0,001$), die schwächste Korrelation zwischen dem BCS und der Jackson Ratio ($r = 0,286$; $p < 0,001$). Bei männlichen Tieren aus Frankreich ($n = 33$) sowie bei den wildlebenden Tieren der Subspezies *T. h. hermanni* ($n = 68$) konnte hingegen keine statistisch signifikante Korrelation beobachtet werden.

Der Vorteil des BCS besteht in der individuellen Bewertung im Rahmen des Gesamteindrucks der Tiere, der durch Gewichtsschwankungen nicht verfälscht werden kann. Die Anwendung erfordert jedoch aufgrund der Subjektivität Erfahrung und regelmäßige Übung und sollte durch andere Methoden zur Beurteilung des Gesundheitszustandes ergänzt werden. Bei Jungtieren ist der BCS zudem zur Einstufung des Ernährungszustandes wenig geeignet, da hohe Energiezufuhr vorwiegend in schnelleres Wachstum investiert wird und somit adipöse Tiere praktisch nicht vorkommen.

VI. SUMMARY

In veterinary medicine, the evaluation of nutritional status using the Body Condition Score (BCS) is considered an essential part of the general examination of a patient, but has not yet been established in reptile medicine. Due to the popularity of Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni*) as pets, a simple, quick and inexpensive addition to the assessment of nutritional status is also desirable for these reptiles. Cachexia is frequently diagnosed in tortoises suffering from chronic diseases. Due to the shell and the limited number of studies, the assessment has so far been based on time-consuming and impractical mathematical calculations. The aim of this study was therefore to develop a species-specific body condition score and evaluate it using objective measurement methods.

For this purpose, a BCS scale from 1 (emaciated) to 5 (obesity) was created. The assessment of the musculature is an integral part of the BCS in reptiles due to the low level of subcutaneous adipose tissue. A separate assessment, as part of the Muscle Condition Score in small animals, is not useful. Subsequently, the BCS and body measurements (carapace length, width, height, girth and weight) of 373 adult tortoises (*T. hermanni ssp.*) from human care in Germany and from a wild population in southern France were recorded. Finally, the BCS was compared with the results of the formulas according to Jackson Ratio, Body Condition Index, Volume Condition Index and carapace circumference using the available data.

The statistically significant correlation ($p < 0.05$) of the BCS with all measurement methods in the total population ($n = 373$) allows the conclusion that the BCS leads to comparable values to objective mathematical calculations in almost all cases. In individual cases, a discrepancy between BCS and measured values was observed, which was particularly pronounced in 7 animals (1.9%). Therefore, a certain degree of caution is required when assessing tortoises on the basis of calculations, as a clinical assessment is not carried out and the presence of diseases that can simulate an apparently high body weight combined with a reduced nutritional status, such as lithophagia or bladder stones, cannot be taken into account. The strongest correlation in the total population was found between the BCS and the volume indices ($r = 0.373$; $p < 0.001$), the weakest correlation between the BCS and the Jackson ratio ($r = 0.286$; $p < 0.001$). In contrast, no statistically significant correlation was observed in males from France ($n = 33$) or in wild animals of the

subspecies *T. h. hermanni* (n = 68).

The advantage of the BCS is the individual assessment as part of the overall impression of the animals, which cannot be distorted by weight fluctuations. However, due to its subjectivity, its use requires experience and regular practice and should be supplemented by other methods for assessing the state of health. The BCS is also not suitable for juvenile animals, as high energy intake is primarily invested in faster growth.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

Andreani G, Carpena E, Cannavacciuolo A, Di Girolamo N, Ferlizza E, Isani G. Reference values for hematology and plasma biochemistry variables, and protein electrophoresis of healthy Hermann's tortoises (*Testudo hermanni* ssp.). *Veterinary Clinical Pathology* 2014; 43: 573-83.

Anzuino K, Bell N, Bazeley K, Nicol C. Assessment of welfare on 24 commercial UK dairy goat farms based on direct observations. *Veterinary Record* 2010; 167: 774-80.

Arsovski D, Tomovic L, Golubovic A, Nikolic S, Sterijovski B, Ajtic R, Ballouard JM, Bonnet X. When carapace governs size: variation among age classes and individuals in a free-ranging ectotherm with delayed maturity. *Oecologia* 2018; 186: 953-63.

Attum O, Rabea B, Duffy KI, Din BME. Testing the reliability of ring counts for age determination in the Egyptian tortoise (*Testudo kleinmanni*). *Herpetological Journal* 2011; 21: 209-11.

Barboza T, Susta L, Reavill D, Beaufrère H. Prevalence and risk factors of hepatic lipid changes in bearded dragons (*Pogona vitticeps*). *Veterinary Pathology* 2023; 60: 133-8.

Barrows M, McArthur S, Wilkinson R. Diagnosis. In: *Medicine and Surgery of Tortoises and Turtles*. McArthur S, Wilkinson R, Meyer J, eds. UK: John Wiley & Sons 2004: 109-40.

Bauer T, Reese S, Koelle P. Nutrition and husbandry conditions of Palearctic tortoises (*Testudo* spp.) in captivity. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 2018; 22: 159-70.

Baur M. Physiologie und Pathologie der Fortpflanzung bei Schildkröten. In: *Schildkröten*. Artner H, Meier E, eds. Münster: Natur und Tier Verlag 2000: 141-

65.

Baur M. Die Erkrankungen der Gastrointestinalorgane. Reptilienmedizin. Fortbildungsveranstaltungen der Bayerischen Landestierärztekammer 2008; 6: 154-69.

Bech N, Nivelles D, Caron S, Ballouard J, Arnal V, Arsovski D, Golubović A, Bonnet X, Montgelard C. Extent of introgressive hybridization in the Hermann's tortoise (*Testudo hermanni hermanni*) from the south of France. *European Journal of Wildlife Research* 2022; 68: 37.

Bellairs AdA, Bryant SV. Autotomy and Regeneration in Reptiles. In: *Biology of the Reptilia. Volume 15. Development.* Gans C, Billet F, eds. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, and Singapore: John Wiley & Sons 1985: 301-410.

Bertolero A, Carretero M, Llorente G. An assessment of the reliability of growth rings counts for age determination in the Hermann's Tortoise *Testudo hermanni*. *Amphibia-Reptilia* 2005; 26: 17-23.

Bertolero A, Cheylan M, Hailey A, Livoreil B, Willemsen R (2011) *Testudo hermanni* (Gmelin 1789)—Hermann's tortoise. In: *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC tortoise and freshwater turtle specialist group.* Chelonian Research Monographs. 059.1-.20

Biaggini M. Notes on patterns of variation of body condition in *Testudo hermanni* in Italy. *atti XI Congresso nazionale della Societas Herpetologica italica*, Trento 2016 2017;

Bjorndal KA, Bolten AB, Coan Jr AL, Kleiber P. Estimation of green turtle (*Chelonia mydas*) growth rates from length-frequency analysis. *Copeia* 1995: 71-7.

Bonnet X, Lagarde F, Henen B, Corbin J, Nagy K, Naulleau G, Balhoul K, Chastel O, Legrand A, Cambag R. Sexual dimorphism in steppe tortoises (*Testudo*

horsfieldii): influence of the environment and sexual selection on body shape and mobility. *Biological Journal of the Linnean Society* 2001; 72: 357-72.

Boyer TH, Scott PW. Nutrition. In: *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*, 3 edn. Divers SJ, Stahl SJ, eds. St. Louis (MS): Elsevier 2019a: 201-23.

Boyer TH, Scott PW. Nutritional Diseases. In: *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*, 3 edn. Divers SJ, Stahl SJ, eds. St. Louis (MS): Elsevier 2019b: 932-50.

Boyer TH. Differential Diagnoses by Clinical Signs - Chelonians. In: *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*, 3 edn. Divers SJ, Stahl SJ, eds. St. Louis (MS): Elsevier 2019: 1269.

Boyer TH, Boyer DM. Tortoises, Freshwater Turtles, and Terrapins. In: *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*, 3 edn. Divers SJ, Stahl SJ, eds. St. Louis (MS): Elsevier 2019: 168-79.

bpt. Kodex GVP Gute Veterinärmedizinische Praxis–wirksames Instrument für gezieltes Qualitätsmanagement in der tierärztlichen Praxis und Klinik. Bundesverband praktizierender Tierärzte eV
http://www.tieraerzteverband.de/wDeutsch/fokus/gvp_kodex.pdf 2005;

Brown SJL, Naylor AD, Machin RA, Pellett S. Gastrointestinal System. In: *BSAVA Manual of Reptiles*. Girling SJ, Raiti P, eds. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association 2019: 284-308.

Chitty J, Raftery A (2013) *Essentials of tortoise medicine and surgery*, 1 edn. John Wiley & Sons, UK

Christiansen EF. Body Condition Scoring and Feeding in sea turtle rehabilitation. Fourth Annual Crissey Zoological Nutrition Symposium, Raleigh, North Carolina, USA, 7-8 December, 2007 2007 pp.19 ref.3 2007: 19.

Corson AM, Laws J, Laws A, Litten J, Lean IJ, Clarke L. Percentile growth charts for biomedical studies using a porcine model. *Animal : an international journal of animal bioscience* 2008; 2 12: 1795-801.

Cox WA, Hazelrig JB, Turner ME, Angus RA, Marion KR. A model for growth in the musk turtle, *Sternotherus minor*, in a north Florida spring. *Copeia* 1991: 954-68.

Cozad RA. Investigation of health in translocated gopher tortoises (*Gopherus polyphemus*) at a protected site in northwest Florida. [Dissertation]. 2018. University of Georgia.

Daly JA, Buhlmann KA, Todd BD, Moore CT, Peaden JM, Tuberville TD. Comparing growth and body condition of indoor-reared, outdoorreared, and direct-released juvenile Mojave Desert Tortoises. *Herpetological Conservation and Biology* 2018; 13: 622-33.

De Onis M, Garza C, Onyango A, Rolland-Cachera M. WHO growth standards for infants and young children. *Archives de pediatrie: organe officiel de la Societe francaise de pediatrie* 2008; 16: 47-53.

Deming C, Greiner E, Uhl EW. Prevalence of cryptosporidium infection and characteristics of oocyst shedding in a breeding colony of leopard geckos (*Eublepharis macularius*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 2008; 39: 600-7.

DeNardo D, Barten SL, Rosenthal KL, Raiti P, Nathan R. Dystocia. *Journal of Herpetological Medicine and Surgery* 2000; 10: 8-17.

Dennert C (2021) Ernährung von Landschildkröten. Natur-und-Tier - Verlag GmbH, Münster

Diez M, Vanstrazeele B, Detilleux J, Dortu P, Grolet L, Istasse L, Remy C (2008) Effects of two levels of energy allowances and of hibernation on growth in

hatchling *Testudo hermanni boettgeri* (Mojsisovic, 1889). 5th European Zoo Nutrition Conference

Divers SJ. Medical History and Physical Examination. In: Mader's reptile and amphibian medicine and surgery, 3 edn. Divers SJ, Stahl SJ, eds. St.Louis (MS): Elsevier 2019: 385-404.

Dobenecker B, Kienzle E, Köstlin R, Matis U. Mal-and overnutrition in puppies with or without clinical disorders of skeletal development. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 1998; 80: 76-81.

Donoghue S. Nutrition of the Tortoise. *PROC ARAV* 1996: 21-9 [Available from: https://cdn.ymaws.com/members.arav.org/resource/resmgr/Files/Proceedings_1996/_06.pdf].

Donoghue S. Reptile medicine and surgery. In: *Reptile Medicine and Surgery*. Mader DR, ed.: 2006: 251-98.

Đurakić MR, Milankov VR. Carapace shape variation of genetically divergent populations of *Testudo hermanni boettgeri* (Reptilia: Testudines). *Archives of Biological Sciences* 2019; 71: 609-19.

Edmonson A, Lean I, Weaver L, Farver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 1989; 72: 68-78.

Erler M. Saisonale Veränderungen hämatologischer und blutbiochemischer Werte bei europäischen Landschildkröten (*Testudo graeca*, *Testudo hermanni*, *Testudo marginata*). [Dissertation]. 2003. LMU.

Fischer A. Magen-Darm-Passagezeit bei Schildkröten (*Trachemys scripta elegans*, *Emys orbicularis* und *Testudo hermanni boettgeri*). [Dissertation]. 2018. LMU.

Frazer NB, Ladner RC. A growth curve for green sea turtles, *Chelonia mydas*, in

the US Virgin Islands, 1913-14. *Copeia* 1986; 1986: 798-802.

Freeman L, Becvarova I, Cave N, MacKay C, Nguyen P, Rama B, Takashima G, Tiffin R, van Beukelen P, Yathiraj S. WSAVA nutritional assessment guidelines. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 2011; 13: 516-25.

Freeman LM, Michel KE, Zanghi BM, Boler BMV, Fages J. Evaluation of the use of muscle condition score and ultrasonographic measurements for assessment of muscle mass in dogs. *American Journal of Veterinary Research* 2019; 80: 595-600.

Freeman LM, Michel KE, Zanghi BM, Boler BMV, Fages J. Usefulness of muscle condition score and ultrasonographic measurements for assessment of muscle mass in cats with cachexia and sarcopenia. *American Journal of Veterinary Research* 2020; 81: 254-9.

Fritz U, Auer M, Bertolero A, Cheylan M, Fattizzo T, Hundsdörfer AK, Martín Sampayo M, Pretus JL, Široký P, Wink M. A rangewide phylogeography of Hermann's tortoise, *Testudo hermanni* (Reptilia: Testudines: Testudinidae): implications for taxonomy. *Zoologica Scripta* 2006; 35: 531-43.

Furrer S, Hatt J, Snell H, Márquez C, Honegger R, Rübel A. Comparative study on the growth of juvenile Galapagos giant tortoises (*Geochelone nigra*) at the Charles Darwin Research Station (Galapagos Islands, Ecuador) and Zoo Zurich (Zurich, Switzerland). *Zoo Biology* 2004; 23: 177-83.

Galeotti P, Sacchi R, Fasola M, Rosa DP, Marchesi M, Ballasina D. Courtship displays and mounting calls are honest, condition-dependent signals that influence mounting success in Hermann's tortoises. *Canadian Journal of Zoology* 2005; 83: 1306-13.

Geier T (2016) *Der Schildkröten-Gärtner - Naturnahe Ernährung Europäischer Landschildkröten*. Kleintierverlag Thorsten Geier, Biebertal

Geier T (2017) Fester Panzer - weiches Herz - Der Ratgeber zur naturnahen Haltung Europäischer Landschildkröten. Kleintierverlag Thorsten Geier, Biebental

Gerlach J. Effects of diet on the systematic utility of the tortoise carapace. *African Journal of Herpetology* 2004; 53: 77-85.

Germano DJ. Age and growth histories of desert tortoises using scute annuli. *Copeia* 1988: 914-20.

Gilles-Baillien M, Schoffeniels E. Variations saisonnières dans la composition du sang de la tortue grecque *Testudo hermanni* JF Gmelin. *Ann. Soc. Roy. Zool. Belg* 1965; 95: 75-9.

Gilles-Baillien M. Seasonal variations in reptiles. *Chemical zoology* 1974; 9: 353-76.

Gimmel A, Öfner S, Liesegang A, Szyszka O (2019) Body condition scoring of Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*) and comparison to known objective body condition measurements. *European Zoo Nutrition Conference*. 15

Gimmel A, Öfner S, Liesegang A. Body condition scoring (BCS) in corn snakes (*Pantherophis guttatus*) and comparison to pre-existing body condition index (BCI) for snakes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2020; 00: 1-5.

Graham EA, Burns RE, Ossiboff RJ. Depositional Diseases. In: *Noninfectious Diseases and Pathology of Reptiles: Color Atlas and Text, Diseases and Pathology of Reptiles*. Garner MM, Jacobson ER, eds.: CRC Press 2020: 107-56.

Gramanzini M, Di Girolamo N, Gargiulo S, Greco A, Cocchia N, Delogu M, Rosapane I, Liuzzi R, Selleri P, Brunetti A. Assessment of dual-energy x-ray absorptiometry for use in evaluating the effects of dietary and environmental management on Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*). *American Journal of Veterinary Research* 2013; 74: 918-24.

Gregory PT. Reptilian Hibernation. In: Biology of the Reptilia Volume 13. Gans C, Plough FH, eds.: Academic Press 1982: 55-154.

Hailey A. How far do animals move? Routine movements in a tortoise. Canadian Journal of Zoology 1989; 67: 208-15.

Hailey A, Loumbourdis N. Population ecology and conservation of tortoises: demographic aspects of reproduction in *Testudo hermanni*. HERPETOL. J. 1990; 1: 425-34.

Hailey A. Assessing body mass condition in the tortoise *Testudo hermanni*. Herpetological Journal 2000; 10: 57-62.

Hailey A, Willemsen R. Population density and adult sex ratio of the tortoise *Testudo hermanni* in Greece: evidence for intrinsic population regulation. Journal of Zoology 2000; 251: 325-38.

Hailey A, Lambert M. Comparative growth patterns in Afrotropical giant tortoises (Reptilia Testudinidae). Tropical Zoology 2002; 15: 121 - 39.

Heinrich M, Heinrich KK. Effect of Supplemental Heat in Captive African Leopard Tortoises (*Stigmochelys pardalis*) and Spurred Tortoises (*CENTROCHELYS sulcata*) on Growth Rate and Carapacial Scute Pyramiding. Journal of Exotic Pet Medicine 2016; 25: 18-25.

Henen B, Nagy K, Bonnet X, Lagarde F (1999) Reproductive output of female Central Asian tortoises (*Testudo horsfieldi*). Proceedings of the 24th Annual Meeting and Symposium of the Desert Tortoise Council, St. George, Utah. 5-8

Henneke D, Potter G, Kreider J, Yeates B. Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. Equine Veterinary Journal 1983; 15: 371-2.

Herz M (2013) Maurische Landschildkröten: *Testudo graeca*: Lebensweise, Haltung, Nachzucht. Natur und Tier Verlag GmbH, Münster, Germany

Hetényi N, Sátorhelyi T, Kovács S, Hullár I. Variations in blood biochemical values in male Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*). *Veterinaria* 2016; 65: 15-21.

Highfield A. Notes on dietary constituents for herbivorous terrestrial chelonian and their effects on growth and development. *ASRA (UK) J* 1989; 3: 7-20.

Highfield A (2013) *The Tortoise Trust Guide to Tortoises and Turtles*, 4 edn. Carapace Press

Highfield AC (1996) *Practical encyclopedia of keeping and breeding tortoises and freshwater turtles*. Carapace Press

Hnízdo J. Allgemeine Schildkrötenmedizin In: *Tierarztpraxis Schildkröten*. Hnízdo J, Pantchev N, eds. Frankfurt am Main: Chimaira 2011: 83-175.

Jackson O. Weight and measurement data on tortoises (*Testudo graeca* and *Testudo hermanni*) and their relationship to health. *Journal of Small Animal Practice* 1980; 21: 409-16.

Jacobson ER, Weinstein M, Berry K, Hardenbrook B, Tomlinson C, Freitas D. Problems with using weight versus carapace length relationships to assess tortoise health. *The Veterinary Record* 1993; 132: 222-3.

Johnston L, Orr Jr D, Tribble L, Clark J. Effect of body condition and floor material on sow performance. *Journal of Animal Science* 1987; 64: 36-42.

Juan-Sallés C, Boyer TH. Nutritional and Metabolic Diseases. In: *Noninfectious Diseases and Pathology of Reptiles: Color Atlas and Text, Diseases and Pathology of Reptiles*. Garner MM, Jacobson ER, eds.: CRC Press 2020: 55-106.

Kamphues J, Wolf P, Coenen M, Eder K, Iben C, Kienzle E, Liesegang A, Männer K, Zebeli Q, Zentek J (2014) *Supplemente zur Tierernährung für Studium und Praxis*. Schlütersche

Kienzle E, Schramme SC. Beurteilung des Ernährungszustandes mittels Body Condition Scores und Gewichtsschätzung beim adulten Warmblutpferd. *Pferdeheilkunde* 2004; 20: 517-24.

Kirsche W (1997) *Die Landschildkröten Europas: Biologie, Pflege, Zucht und Schutz*. Mergus

Kischinovsky M, Raftery A, Sawmy S. Husbandry and nutrition. In: *Reptile medicine and surgery in clinical practice*. Doneley D, Monks D, Johnson R, Carmel B, eds. Oxford, UK: Wiley Blackwell 2017: 45-60.

Köhler H. Was wiegen Landschildkröten im natürlichen Verbreitungsraum? [Internet]. Friedberg 2008; [Updated Oct 2008, accessed May 2023]: <https://www.schildi-online.eu/berichte-a-artikel/94-was-wiegen-landschildkroeten-im-natuerlichen-verbreitungsraum>].

Köhler H. Über Schwimmverhalten, Gewichte und Gewichtskurven (Wachstumskurven) von Landschildkröten [Internet]. Friedberg 2010; [Updated Jan 2011, accessed May 2023]: https://schildi-online.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=204:ueber]

Kölle P, Hoffmann R. Blutparameter als Hilfe in der Diagnostik von Reptilienkrankheiten. *Tierärztliche Praxis* 1996; 24: 402-5.

Kölle P. *Krankheiten des Harntraktes bei europäischen Landschildkröten* [Habilitationsschrift]. Munich: Habilitation thesis at the Ludwig Maximilian University of Munich 2000: 1-363.

Kölle P, Donhauser J, Krause D, Hoffmann R. Blood values of European tortoises

(*Testudo hermanni*, *Testudo graeca*, *Testudo marginata* and *Agrionemys horsfieldii*). Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere/Heimtiere 2001; 29: 386-92.

Kölle P. Blutuntersuchung bei Schildkröten - Referenzbereiche und Interpretation der Werte. kleintier konkret 2004; 4: 16-20.

Kölle P (2008) Die Schildkröte: Heimtier und Patient. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Germany

Krautwald-Junghanns M (2018) Haltung exotischer Tiere und Wildtiere in Privathand: Situationsanalyse, Bewertung und Handlungsbedarf insbesondere unter Tierschutzaspekten (EXOPET). Abschlussbericht Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Kristensen E, Dueholm L, Vink D, Andersen J, Jakobsen E, Illum-Nielsen S, Petersen F, Enevoldsen C. Within-and across-person uniformity of body condition scoring in Danish Holstein cattle. Journal of Dairy Science 2006; 89: 3721-8.

Kruis F, Wallwork M, Spain M, Rosenblatt AE. American alligator (*Alligator mississippiensis*) weight gain in captivity and implications for captive reptile body condition. Zoo Biology 2023; 42: 107-11.

Laflamme D. Development and validation of a body condition score system for dogs. Canine Practice 1997a; 22: 10-5.

Laflamme DP. Development and validation of a body condition score system for cats: a clinical tool. Feline pract 1997b; 25: 13-8.

Lagarde F, Bonnet X, Henen BT, Corbin J, Nagy KA, Naulleau G. Sexual size dimorphism in steppe tortoises (*Testudo horsfieldii*): growth, maturity, and individual variation. Canadian Journal of Zoology 2001; 79: 1433-41.

Lagarde F, Bonnet X, Nagy K, Henen B, Corbin J, Naulleau G. A short spring before a long jump: the ecological challenge to the steppe tortoise (*Testudo horsfieldi*). *Canadian Journal of Zoology* 2002; 80: 493-502.

Lagarde F, Bonnet X, Corbin J, Henen B, Nagy K, Mardonov B, Naulleau G. Foraging behaviour and diet of an ectothermic herbivore: *Testudo horsfieldi*. *Ecography* 2003; 26: 236-42.

Lagerström L (2020) Body condition assessment. Ed Dept. of Animal Environment and Health SUoAS, Uppsala

Lamberski N (2011) Body Condition Scores for Desert Tortoises. San Diego Zoo Institute for Conservation Research

Lamberski N, Braun J, Witte C, Christopher M, Field K, Averill-Murray R, Keener L, Robbins P, Johnson J, Covert A (2012) Identifying key clinical signs and validating body condition scores to minimize disease spread and maximize individual survival during desert tortoise translocations. *Proc. Joint Ann. Meeting Wildl. Dis. Assoc. and European Assoc. Wildl. Dis.* Lyon, France

Lamberski N (2013) Body condition scores of desert tortoises. In: US Fish and Wildlife Service report

Lamberski N, Braun J, Witte C (2019) Appendix D: Body condition scoring in desert tortoises. In: U.S. Fish and Wildlife Health Assessment Procedures for the Mojave Desert Tortoise (*Gopherus agassizii*): A Handbook Pertinent to Translocation. Desert Tortoise Recovery Office, Reno, Nevada

Lambert MR. Studies on the growth, structure and abundance of the Mediterranean spur-thighed tortoise, *Testudo graeca* in field populations. *Journal of Zoology* 1982; 196: 165-89.

Lawrence K, Jackson O. Passage of ingesta in tortoises. 1982;

Lawrence K. Seasonal variation in blood biochemistry of long term captive Mediterranean tortoises (*Testudo graeca* and *T. hermanni*). *Research in Veterinary Science* 1987; 43: 379-83.

Lehmann V, Altherr B, Pantchev N, Öfner S, Zablotski Y, Murphy R, Coyne M, Kölle P. Symmetrical Dimethylarginine as a Diagnostic Parameter in Hermann's Tortoises (*Testudo hermanni*). *Frontiers in Veterinary Science* 2022; 9: 824748.

Leineweber C, Stöhr AC, Öfner S, Mathes K, Marschang RE. Changes in plasma chemistry parameters in Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*) influenced by season and sex. *Journal of Herpetological Medicine and Surgery* 2019a; 29: 113-22.

Leineweber C, Stöhr AC, Öfner S, Mathes K, Marschang RE. Reference intervals for plasma capillary zone electrophoresis in Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*) depending on season and sex. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 2019b; 50: 611-8.

Leineweber C, Stöhr AC, Öfner S, Mathes K, Marschang RE. Plasma capillary zone electrophoresis and plasma chemistry analytes in tortoises (*Testudo hermanni*, *Testudo graeca*) and turtles (*Trachemys scripta elegans*, *Graptemys* spp.) in fall. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 2021; 51: 915-25.

Lickel L, Edwards M (2009) Application of body condition indices for leopard tortoises (*Geochelone pardalis*). *Proceedings of the Eighth Annual Nutrition Advisory Group Conference*. Tulsa, OK

Lindeman PV. Growth curves for *Graptemys*, with a comparison to other emydid turtles. *The American Midland Naturalist* 1999; 142: 141-51.

Ljubisavljević K, Džukić G, Vukov T, Kalezić M. Morphological variability of the Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*) in the Central Balkans. *Acta herpetológica* 2012; 7: 253-62.

Loehr V, Hofmeyr M, Henen B. Annual variation in the body condition of a small, arid-zone tortoise, *Homopus signatus signatus*. *Journal of Arid Environments* 2007a; 71: 337-49.

Loehr VJ, Henen BT, Hofmeyr MD. Reproduction of the smallest tortoise, the Namaqualand speckled padloper, *Homopus signatus signatus*. *Herpetologica* 2004; 60: 444-54.

Loehr VJT, Hofmeyr MD, Henen B. Growing and shrinking in the smallest tortoise, *Homopus signatus signatus*: the importance of rain. *Oecologia* 2007b; 153: 479-88.

Longepierre S, Hailey A, Grenot C. Home range area in the tortoise *Testudo hermanni* in relation to habitat complexity: implications for conservation of biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 2001; 10: 1131-40.

Luiselli L (2024) *Testudo hermanni*. The IUCN Red List of Threatened Species 2024: e.T21648A2777071. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2024-1.RLTS.T21648A2777071.en>. Accessed on 10 February 2025

Macale D, Scalici M, Venchi A. Growth, mortality, and longevity of the Egyptian tortoise *Testudo kleinmanni* Lortet, 1883. *Israel Journal of Ecology & Evolution* 2009; 55: 133-47.

Mader D, Stoutenberg G (1998) Assessing the body condition of the California desert tortoise, *Gopherus agassizii*, using morphometric analysis. *Proc Assoc Rept Amphib Vet.* 103-4

Mans C, Braun J. Update on common nutritional disorders of captive reptiles. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice* 2014; 17: 369-95.

Martins NB, Ferreira LAR, da Silva TSG, Cintra ACdAM, Santos ALQ, Bizare A, de Souza RR, Medeiros AA. Hepatic lipidosis due to obesity in a free-living snake (*boa constrictor amarali*). *Acta Scientiae Veterinariae* 2018; 46: 4-.

Mathes K, Holz A, Fehr M. Blutreferenzwerte in Deutschland gehaltener europäischer Landschildkröten (*Testudo* spp.). *Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere/Heimtiere* 2006; 34: 268-74.

Matthew R. Nutrition. In: *BSAVA Manual of Reptiles*, 3 edn. Girling SJ, Raiti P, eds. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association 2019: 49-69.

Mazzotti S, Pisapia A, Fasola M. Activity and home range of *Testudo hermanni* in Northern Italy. *Amphibia-Reptilia* 2002; 23: 305-12.

McArthur S, Barrows M. Nutrition. In: *Medicine and Surgery of Tortoises and Turtles*. McArthur S, Wilkinson R, Meyer J, eds. UK: John Wiley & Sons 2004: 73-85.

McCormack S. Pre-and post-hibernation problems in Mediterranean tortoises. *Companion Animal* 2016; 21: 650-6.

McMaster MK, Downs CT. Digestive parameters and water turnover of the leopard tortoise. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 2008; 151: 114-25.

Meek R. Aspects of the ecology of *Testudo hermanni* in southern Yugoslavia. *Br. J. Herpetol.* 1985; 6: 437-45.

Meienberger C, Wallis IR, Nagy KA. Food intake rate and body mass influence transit time and digestibility in the desert tortoise (*Xerobates agassizii*). *Physiological Zoology* 1993; 66: 847-62.

Mendoza P, Furuta C, Garcia B, Zena LA, Artoni S, Dierenfeld ES, Bicego KC, Carciofi AC. Starch and fiber intake effects on energy metabolism, growth, and carapacial scute pyramiding of red-footed tortoise hatchlings (*Chelonoidis carbonaria*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 2022; 265: 111131.

Meyer H, Zentek J. Über den Einfluß einer unterschiedlichen Energieversorgung wachsender Doggen auf Körpermasse und Skelettentwicklung: 1. Mitteilung: Körpermasseentwicklung und Energiebedarf. *Journal of Veterinary Medicine Series A* 1992; 39: 130-41.

Miller HA (1998) Urinary diseases of reptiles: pathophysiology and diagnosis. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*. 93-103

Mukaka MM. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal* 2012; 24: 69-71.

Nagy K, Henen B, Vyas D, Wallis I. A condition index for the desert tortoise (*Gopherus agassizii*). *Chelonian Conservation and Biology* 2002; 4: 425-9.

Nikolić S, Golubović A, Bonnet X, Arsovski D, Ballouard J, Ajtić R, Sterijovski B, Iković V, Vujović A, Tomović L. Why an apparently prosperous subspecies needs strict protection: The case of *Testudo hermanni boettgeri* from the central Balkans. *Herpetological Conservation and Biology* 2018; 13: 673-90.

Ojeda-Adame RA, Hernández-Hurtado H, Ramírez-Martínez MM, Iñiguez-Davalos LI. A Body Condition Score for Crocodylians. *South American Journal of Herpetology* 2020; 16: 10-5.

Onoda T, Yamamoto R, Sawamura K, Murase H, Nambo Y, Inoue Y, Matsui A, Miyake T, Hirai N. Empirical Percentile Growth Curves with Z-scores Considering Seasonal Compensatory Growths for Japanese Thoroughbred Horses. *Journal of Equine Science* 2013; 24: 63 - 9.

Palumbo L, Caron S, Ballouard J-M, Bonnet X, Ramery E, Gilot-Fromont E, Larrat S. Reduce, Replace, Refine: Determining A Posteriori Reference Intervals for Biochemistry in Hermann's Tortoise (*Testudo hermanni*). *The Journal of Wildlife Diseases* 2024; 60: 502-6.

Pees M, Girling SJ. Emergency Care. In: BSAVA Manual of Reptiles, 3 edn. Girling SJ, Raiti P, eds. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association 2019: 101-14.

Perälä J. Biodiversity in relatively neglected taxa of Testudo L., 1758 s. l. Chelonii 2002; 3: 40-53.

Perälä J. Testudo hercegovinensis Werner, 1899. Manouria 2004; 7: 19-20.

Perez M, Livoreil B, Mantovani S, Boisselier M-C, Crestanello B, Abdelkrim J, Bonillo C, Goutner V, Lambourdière J, Pierpaoli M. Genetic variation and population structure in the endangered Hermann's tortoise: the roles of geography and human-mediated processes. Journal of Heredity 2014; 105: 70-81.

Petersen A. Influence of blood storage time and temperature on the evaluation of blood smears from Hermann s tortoises (Testudo hermanni). [Dissertation]. 2016. LMU.

Plenz B. 21 Anorexie, Apathie und Abmagerung. In: Leitsymptome bei Reptilien. Pees M, ed. Stuttgart: Enke 2015:

Popović K, Kabalin L, Miljković J, Žura Žaja I, Shek Vugrovečki A, Đuričić D (2024) Body condition assessment in Indian star tortoises (Geochelone elegans). 3rd International Scientific and Professional Meeting on Reptiles and Exotic Animals" REPTILIA". 114-9

Price ER. The physiology of lipid storage and use in reptiles. Biological Reviews 2017; 92: 1406-26.

Prokop H. Breeding of the endemic Turkana mud turtle, Pelusios broadleyi Bour, 1986. Radiata 2010; 19: 2-27.

Quality W (2009a) Assessment protocol for pigs. Welfare Quality®

Quality W (2009b) Assessment protocol for cattle. Welfare Quality®

Raftery A. Clinical examination. In: BSAVA Manual of Reptiles, 3 edn. Girling SJ, Raiti P, eds. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association 2019: 89-100.

Rawski M, Józefiak D. Body condition scoring and obesity in captive African side-neck turtles (*Pelomedusidae*). *Annals of Animal Science* 2014; 14: 573-84.

Ritz J, Hammer C, Clauss M. Body size development of captive and free-ranging Leopard tortoises (*Geochelone pardalis*). *Zoo Biology* 2010a; 29: 517-25.

Ritz J, Griebeler EM, Huber R, Clauss M. Body size development of captive and free-ranging African spurred tortoises (*Geochelone sulcata*): high plasticity in reptilian growth rates. *The Herpetological Journal* 2010b; 20: 213-6.

Ritz J, Clauss M, Streich WJ, Hatt JM. Variation in growth and potentially associated health status in Hermann's and spur-thighed tortoise (*Testudo hermanni* and *Testudo graeca*). *Zoo Biology* 2012; 31: 705-17.

Rivera S. Health assessment of the reptilian reproductive tract. *Journal of Exotic Pet Medicine* 2008; 17: 259-66.

Rogner M (2008) Schildkröten: Biologie, Haltung, Vermehrung. Ulmer

Rogner M (2012) Griechische Landschildkröten, 2 edn. Natur und Tier - Verlag GmbH, Münster

Russel A, Doney J, Gunn R. Subjective assessment of body fat in live sheep. *The Journal of Agricultural Science* 1969; 72: 451-4.

Russell AP, Lynn SE, Powell GL, Cottle A. The regenerated tail of juvenile leopard geckos (*Gekkota*: *Eublepharidae*: *Eublepharis macularius*) preferentially stores

more fat than the original. *Zoology* 2015; 118: 183-91.

Salt C, Morris PJ, German AJ, Wilson D, Lund EM, Cole TJ, Butterwick RF. Growth standard charts for monitoring bodyweight in dogs of different sizes. *PloS One* 2017; 12: e0182064.

Salt C, Morris PJ, Butterwick RF, Lund EM, Cole TJ, German AJ. Comparison of growth patterns in healthy dogs and dogs in abnormal body condition using growth standards. *PloS One* 2020; 15: e0238521.

Schardt M (2007) Die Griechische Landschildkröte *Testudo hermanni boettgeri*. Natur und Tier - Verlag GmbH, Münster

Schiffmann C, Clauss M, Hoby S, Hatt J-M. Visual body condition scoring in zoo animals—composite, algorithm and overview approaches. *Journal of Zoo and Aquarium Research* 2017; 5: 1-10.

Schramme CS. Body condition scores und biometrische Daten zur Abschätzung des Körpergewichts bei Warmblutpferden. [Dissertation]. 2003. LMU.

Schweiger M. Bemerkungen zur Systematik, Verbreitung und Variabilität der Dalmatinischen Landschildkröte. *Testudo* 2009; 18: 5-21.

Scope A, Schwendenwein I, Schauburger G. Characterization and quantification of the influence of season and gender on plasma chemistries of Hermann's tortoises (*Testudo hermanni*, Gmelin 1789). *Research in Veterinary Science* 2013; 95: 59-68.

Serisier S, Feugier A, Venet C, Biourge V, German AJ. Faster growth rate in ad libitum-fed cats: a risk factor predicting the likelihood of becoming overweight during adulthood. *Journal of nutritional science* 2013; 2: e11.

Simpson M. Hepatic lipidosis in a black-headed python (*Aspidites*

melanocephalus). *The Veterinary Clinics of North America. Exotic Animal Practice* 2006; 9: 589-98.

Skoczylas R. Physiology of the digestive tract. *Biology of the Reptilia & Physiology B* 1978;

Soler J, Pfau B, Martínez-Silvestre A. Detecting intraspecific hybrids in *Testudo hermanni* (Gmelin 1789). *Radiata* 2012; 21: 4-29.

Stahl SJ, DeNardo DF. Theriogenology. In: *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*, 3 edn. Divers SJ, Stahl SJ, eds. St. Louis (MS): Elsevier 2019: 849-93.

Stancel CF, Dierenfeld ES, Schoknecht PA. Calcium and phosphorus supplementation decreases growth, but does not induce pyramiding, in young red-eared sliders, *Trachemys scripta elegans*. *Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association* 1998; 17: 17-24.

Stearns BC. The captive status of the African spurred tortoise *Geochelone sulcata*: recent developments. *International Zoo Yearbook* 1989; 28: 87-98.

Stringer EM, Stoskopf MK, Simons T, O'Connell AF, Waldstein A. Ultrasonic Measurement of Body Fat as a Means of Assessing Body Condition in Free-Ranging Raccoons (*Procyon lotor*). *International Journal of Zoology* 2010; 2010: 972380.

Stubbs D, Hailey A, Pulford E, Tyler W. Population ecology of European tortoises: review of field techniques. *Amphibia-Reptilia* 1984; 5: 57-68.

Stubbs D, Swingland IR, Hailey A, Pulford E. The ecology of the Mediterranean tortoise *Testudo hermanni* in northern Greece (the effects of a catastrophe on population structure and density). *Biological Conservation* 1985; 31: 125-52.

Summers L, Clingerman KJ, Yang X. Validation of a body condition scoring system in rhesus macaques (*Macaca mulatta*): assessment of body composition by using dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 2012; 51: 88-93.

Swingland I, Stubbs D. The ecology of a Mediterranean tortoise (*Testudo hermanni*): reproduction. *Journal of Zoology* 1985; 205: 595-610.

Thomson JA, Burkholder D, Heithaus MR, Dill LM. Validation of a rapid visual-assessment technique for categorizing the body condition of green turtles (*Chelonia mydas*) in the field. *Copeia* 2009; 2009: 251-5.

Ullman-Culleré MH, Foltz CJ. Body condition scoring: a rapid and accurate method for assessing health status in mice. *Comparative Medicine* 1999; 49: 319-23.

Vetter H (2006) Griechische Landschildkröte. Edition Chimaira, Frankfurt am Main

Vieira A, Brandão S, Monteiro A, Ajuda I, Stilwell G. Development and validation of a visual body condition scoring system for dairy goats with picture-based training. *Journal of Dairy Science* 2015; 98: 6597-608.

Walden MA, Jania R, Kinney ME, Devan-Song A, Drake KK, Esque TC, Shoemaker KT. Computed tomography for measuring body fat reserves in the threatened Mojave desert tortoise (*Gopherus agassizii*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 2022; 53: 412-23.

Wegehaupt W (2012a) Europäische Schildkröten: Lebensraum und Lebensweise: Vorbild Natur. Wegehaupt Verlag

Wegehaupt W (2012b) Natürliche Haltung und Zucht der Griechischen Landschildkröte. Wegehaupt Verlag

White M, White G. The weight loss of tortoises during hibernation. *Testudo* 1979; 1: 13-4.

Wiesner CS, Iben C. Influence of environmental humidity and dietary protein on pyramidal growth of carapaces in African spurred tortoises (*Geochelone sulcata*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2003; 87: 66-74.

Wilbur HM. A growth model for the turtle *Chrysemys picta*. *Copeia* 1975: 337-43.

Willemsen R, Hailey A. Variation of adult body size of the tortoise *Testudo hermanni* in Greece: proximate and ultimate causes. *Journal of Zoology* 1999; 248: 379-96.

Willemsen R, Hailey A, Longepierre S, Grenot C. Body mass condition and management of captive European tortoises. *Herpetological Journal* 2002; 12: 115-22.

Willemsen RE, Hailey A. Variation in adult survival rate of the tortoise *Testudo hermanni* in Greece: implications for evolution of body size. *Journal of Zoology* 2001; 255: 43-53.

Willemsen RE, Hailey A. Body mass condition in Greek tortoises: regional and interspecific variation. *Herpetological Journal* 2002; 12: 105-14.

Willemsen RE, Hailey A. Sexual dimorphism of body size and shell shape in European tortoises. *Journal of Zoology* 2003; 260: 353-65.

Wilson DS, Tracy CR, Tracy CR. Estimating age of turtles from growth rings: a critical evaluation of the technique. *Herpetologica* 2003; 59: 178-94.

Wirth M (2013) *Das Schildkrötenjahr: Freilandbiologie und Haltung europäischer Landschildkröten über den Jahreslauf*. Natur-und Tier-Verlag

Zielke L, Wrage-Mönnig N, Müller J. Development and assessment of a body condition score scheme for European bison (*Bison bonasus*). *Animals* 2018; 8: 163.

Zivkov M, Ivanchev I, Raikova-Petrova G, Trichkova T. First data on the population structure, growth rate and ontogenetic allometry of the tortoise *Testudo hermanni* in eastern Stara Planina (Bulgaria). *Comptes Rendus de l'Academie Bulgare des Sciences* 2007; 60: 1015-22.

VIII. ANHANG

Tabelle 2: Liste der Rohdaten

ID	Origin	sex	BCS	weight		S_length [cm]	S_length_B [mm]	S_width [cm]	S_height [cm]	R_width [cm]	R_length [cm]	pyramiding	deformation	Jackson Ratio	Volume		BCI	R_pro duct	Species	age group	husbandry
				[g]	[g]										Nagy [g/cm ³]	Loehr [g/cm ³]					
015	German	male	2,0	259	11,1	111	8,4	5,1	23,9			no pyramiding	no deformation	0,19	0,54	1,04	0,97		boettgeri	1	wild
148	German	female	3,0	186	10,0	100	7,6	5,1	20,4			no pyramiding	no deformation	0,19	0,48	0,92	0,96		boettgeri	1	captive
179	German	female	3,5	300	10,9	109	8,8	5,8	24,1			no pyramiding	no deformation	0,23	0,54	1,03	1,01		boettgeri	1	captive
180	German	female	3,0	179	10,0	100	7,9	5,3	21,5			no pyramiding	no deformation	0,18	0,43	0,82	0,96		boettgeri	1	captive
181	German	female	3,0	221	10,2	102	8,0	5,3	21,7			no pyramiding	no deformation	0,21	0,51	0,98	0,98		boettgeri	1	captive
183	German	female	3,0	299	11,0	110	8,5	5,9	24,0			no pyramiding	no deformation	0,22	0,54	1,04	1,00		boettgeri	1	captive
184	German	female	3,0	242	10,5	105	8,5	5,4	23,2			no pyramiding	no deformation	0,21	0,50	0,96	0,99		boettgeri	1	captive
185	German	female	3,0	270	11,0	110	8,3	5,8	23,0			no pyramiding	no deformation	0,20	0,51	0,97	0,98		boettgeri	1	captive
204	German	female	3,0	302	11,3	113	9,0	5,3	23,9			no pyramiding	no deformation	0,21	0,56	1,07	0,99		boettgeri	1	captive
281	German	male	3,0	278	11,3	113	8,8	5,3	23,2			no pyramiding	no deformation	0,19	0,53	1,01	0,98		boettgeri	1	captive
369	German	male	3,0	246	11,2	112	8,6	5,2	22,4			pyramiding	no deformation	0,18	0,49	0,94	0,96		boettgeri	0	captive
373	German	male	3,0	179	10,0	100	8,0	4,9	20,7			pyramiding	no deformation	0,18	0,46	0,87	0,96		boettgeri	0	captive
374	German	male	3,0	162	11,0	110	8,0	4,8	20,5			no pyramiding	no deformation	0,12	0,38	0,73	0,89		boettgeri	0	captive
382	German	female	3,0	252	10,2	103	8,3	5,1	21,9			no pyramiding	no deformation	0,24	0,58	1,11	1,00		boettgeri	1	captive
500	German	male	3,0	1032	17,1	171	13,3	8,9	36,8	44,3		no pyramiding	no deformation	0,21	0,51	0,97	1,01	0,63	boettgeri	6	captive
501	German	male	3,0	1035	17,4	174	13,1	8,8	36,4	43,5		no pyramiding	no deformation	0,20	0,52	0,99	1,01	0,65	boettgeri	6	captive
502	German	male	2,5	1184	17,8	178	14,5	9,7	38,5	44,9		pyramiding	no deformation	0,21	0,47	0,90	1,02	0,68	boettgeri	6	captive
503	German	male	2,5	1020	18,0	180	13,7	9,2	36,4	45,2		pyramiding	no deformation	0,17	0,45	0,86	0,99	0,62	boettgeri	4	captive
504	German	female	2,5	3244	27,0	270	19,8	13,3	54,0	66,0		no pyramiding	no deformation	0,16	0,46	0,87	0,99	0,91	boettgeri	6	captive
505	German	female	2,5	2499	23,0	230	17,7	12,5	48,5	57,8		no pyramiding	no deformation	0,21	0,49	0,94	1,01	0,89	boettgeri	6	captive
506	German	female	2,5	1110	17,8	178	14,1	8,7	38,2	57,5		no pyramiding	no deformation	0,20	0,51	0,97	1,00	0,51	boettgeri	2	captive
507	German	male	2,5	450	13,3	133	10,5	7,3	28,8	33,8		pyramiding	no deformation	0,19	0,44	0,84	0,99	0,46	boettgeri	3	captive
508	German	female	3,0	1150	17,7	177	13,3	9,2	36,6	44,2		no pyramiding	no deformation	0,21	0,53	1,01	1,01	0,71	boettgeri	6	captive
542	German	male	2,5	663	15,1	151	12,1	7,7	31,6	37,8		pyramiding	no deformation	0,19	0,47	0,90	1,00	0,56	boettgeri	1	captive
545	German	male	2,0	314	12,3	123	9,1	5,7	24,2	30,6		pyramiding	no deformation	0,17	0,49	0,94	0,97	0,42	boettgeri	1	captive
546	German	female	3,0	711	15,4	154	10,1	7,8	31,0	38,4		pyramiding	no deformation	0,19	0,59	1,12	0,99	0,60	boettgeri	1	captive
547	German	female	2,5	313	12,3	123	8,8	5,5	23,6	30,2		pyramiding	no deformation	0,17	0,53	1,00	0,96	0,44	boettgeri	1	captive
550	German	male	3,0	337	12,1	121	9,2	6,0	25,2	31,3		pyramiding	no deformation	0,19	0,50	0,96	0,99	0,43	boettgeri	1	captive
585	German	male	2,5	1030	18,2	182	13,1	8,8	35,7	45,4		no pyramiding	no deformation	0,17	0,49	0,94	0,99	0,64	boettgeri	4	captive
586	German	female	3,0	1126	19,2	192	14,0	9,0	37,8	47,4		pyramiding	no deformation	0,16	0,47	0,89	0,97	0,63	boettgeri	2	captive
587	German	female	3,0	1587	19,2	192	15,7	9,4	40,9	48,0		no pyramiding	no deformation	0,22	0,56	1,07	1,02	0,81	boettgeri	3	captive
588	German	female	3,0	1458	19,7	197	14,3	9,6	39,6	48,8		pyramiding	no deformation	0,19	0,54	1,03	1,00	0,75	boettgeri	2	captive
589	German	female	3,0	1359	19,2	192	15,2	8,7	39,3	47,3		pyramiding	no deformation	0,19	0,54	1,02	1,00	0,73	boettgeri	3	captive
590	German	female	3,0	1059	17,8	178	13,9	9,2	37,0	44,6		pyramiding	no deformation	0,19	0,47	0,89	0,99	0,64	boettgeri	2	captive
591	German	female	3,0	819	16,3	163	12,1	8,4	32,9	40,2		pyramiding	no deformation	0,19	0,49	0,94	0,99	0,62	boettgeri	2	captive
592	German	male	3,0	768	15,1	151	12,5	7,8	32,5	39,7		no pyramiding	no deformation	0,22	0,52	1,00	1,02	0,60	boettgeri		captive
593	German	male	3,5	1049	17,1	171	13,4	8,9	36,7	44,3		no pyramiding	no deformation	0,21	0,51	0,98	1,02	0,65	boettgeri		captive
594	German	female	3,5	1112	16,5	165	13,9	9,2	37,2	42,6		pyramiding	no deformation	0,25	0,53	1,01	1,03	0,70	boettgeri	2	captive

ID	Origin	sex	BCS	weight [g]	S_length [cm]	S_length_B [mm]	S_width [cm]	S_height [cm]	R_width [cm]	R_length [cm]	pyramiding	deformation	Jackson Ratio	Volume Nagy [g/cm3]	Volume Loehr [g/cm3]	BCI	R_pro duct	Species	age group	husbandry
595	German	female	3,5	1057	16,3	163	14,1	8,7	37,2	42,2	pyramiding	no deformation	0,24	0,53	1,01	1,03	0,67	boettgeri	2	captive
596	German	female	3,0	966	16,6	166	13,6	8,2	35,4	41,9	pyramiding	no deformation	0,21	0,52	1,00	1,01	0,65	boettgeri	3	captive
597	German	male	2,5	876	17,7	177	13,8	6,9	33,9	43,5	no pyramiding	deformation	0,16	0,52	1,00	0,98	0,59	boettgeri	3	captive
598	German	male	2,5	653	16,3	163	12,8	6,2	31,5	39,3	no pyramiding	deformation	0,15	0,50	0,96	0,97	0,53	boettgeri	3	captive
599	German	female	3,0	760	15,7	157	12,7	7,8	33,0	39,4	pyramiding	no deformation	0,20	0,49	0,93	0,99	0,58	boettgeri	2	captive
600	German	female	3,0	976	16,6	166	14,3	8,5	37,0	42,0	pyramiding	no deformation	0,21	0,48	0,92	1,01	0,63	boettgeri	2	captive
601	German	female	2,5	914	16,2	162	13,7	8,3	35,4	41,6	pyramiding	no deformation	0,21	0,50	0,95	1,01	0,62	boettgeri	2	captive
602	German	female	3,0	1222	17,8	178	15,0	8,9	38,9	45,4	pyramiding	no deformation	0,22	0,51	0,98	1,01	0,69	boettgeri	2	captive
603	German	female	3,0	1171	17,0	170	14,1	9,2	38,4	44,7	pyramiding	no deformation	0,24	0,53	1,01	1,03	0,68	boettgeri	2	captive
636	German	male	3,0	590	13,8	138	11,6	7,8	31,2	35,1	pyramiding	deformation	0,22	0,48	0,91	1,02	0,54	boettgeri	3	captive
637	German	male	3,5	1057	16,8	167	14,1	8,9	37,8	44,0	pyramiding	no deformation	0,22	0,50	0,96	1,03	0,64	boettgeri	2	captive
638	German	male	3,5	1001	17,0	170	14,0	8,3	36,6	43,8	no pyramiding	no deformation	0,20	0,51	0,97	1,01	0,62	boettgeri	3	captive
639	German	female	3,5	3163	26,7	267	19,1	11,7	52,2	65,0	no pyramiding	no deformation	0,17	0,53	1,01	0,99	0,93	boettgeri	5	captive
640	German	female	4,0	3387	24,8	248	20,9	11,4	53,9	63,0	no pyramiding	deformation	0,22	0,57	1,09	1,03	1,00	boettgeri	5	captive
641	German	female	3,0	1060	17,4	174	13,5	8,6	36,8	44,3	no pyramiding	no deformation	0,20	0,52	1,00	1,00	0,65	hermanni	5	captive
642	German	female	3,0	1037	15,9	159	13,1	8,7	36,0	43,6	pyramiding	deformation	0,26	0,58	1,10	1,04	0,66	boettgeri	4	captive
643	German	female	3,0	1289	18,4	184	14,2	9,2	38,5	45,8	no pyramiding	no deformation	0,21	0,54	1,02	1,01	0,73	hermanni	6	captive
644	German	female	3,0	1632	19,9	199	16,4	10,0	43,2	51,0	no pyramiding	no deformation	0,21	0,50	0,96	1,01	0,74	boettgeri	4	captive
645	German	female	3,0	2123	22,7	227	16,8	11,4	47,0	56,7	no pyramiding	no deformation	0,18	0,49	0,93	1,00	0,80	boettgeri	5	captive
646	German	female	2,5	2294	23,6	236	16,6	11,0	45,7	57,7	no pyramiding	no deformation	0,17	0,53	1,02	0,99	0,87	boettgeri	5	captive
647	German	female	3,0	1834	22,0	220	15,3	10,0	42,5	53,2	no pyramiding	no deformation	0,17	0,54	1,04	0,99	0,81	boettgeri	6	captive
648	German	female	3,0	2160	22,3	223	16,5	10,8	44,5	55,5	no pyramiding	no deformation	0,19	0,54	1,04	1,01	0,87	boettgeri	5	captive
649	German	female	3,5	1908	21,0	210	16,4	10,8	44,4	55,0	pyramiding	no deformation	0,21	0,51	0,98	1,01	0,78	boettgeri	3	captive
650	German	female	3,5	991	17,5	175	13,1	8,6	35,5	43,8	no pyramiding	no deformation	0,18	0,50	0,96	0,99	0,64	hermanni	3	captive
651	German	female	3,0	924	17,4	174	13,0	8,5	35,3	43,3	no pyramiding	no deformation	0,18	0,48	0,92	0,98	0,60	boettgeri	3	captive
652	German	male	3,0	611	15,0	150	12,4	6,9	31,5	38,2	pyramiding	deformation	0,18	0,48	0,92	0,99	0,51	boettgeri	1	captive
653	German	male	2,5	446	13,0	130	11,1	6,5	29,2	34,2	pyramiding	deformation	0,20	0,48	0,91	1,00	0,45	boettgeri	1	captive
654	German	female	3,0	678	15,2	152	11,8	7,0	31,5	38,6	pyramiding	no deformation	0,19	0,54	1,03	0,99	0,56	boettgeri	1	captive
655	German	male	3,0	357	12,5	125	10,1	5,5	26,0	31,3	pyramiding	deformation	0,18	0,51	0,98	0,98	0,44	boettgeri	1	captive
656	German	female	3,0	503	13,7	137	11,3	6,1	29,1	35,7	pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,02	0,99	0,48	boettgeri	1	captive
657	German	female	2,5	509	14,3	143	11,4	7,0	30,1	36,2	pyramiding	no deformation	0,17	0,45	0,85	0,97	0,47	boettgeri	1	captive
658	German	male	3,0	625	15,4	154	12,6	7,3	32,9	39,8	no pyramiding	no deformation	0,17	0,44	0,84	0,98	0,48	boettgeri	3	captive
659	German	male	3,0	750	15,3	153	12,7	8,1	34,1	39,1	pyramiding	no deformation	0,21	0,48	0,91	1,01	0,56	boettgeri	3	captive
660	German	male	3,0	590	14,2	142	12,1	7,2	31,0	37,2	no pyramiding	no deformation	0,21	0,48	0,91	1,01	0,51	boettgeri	4	captive
661	German	female	3,5	1244	17,4	174	14,1	9,5	38,2	45,4	pyramiding	deformation	0,24	0,53	1,02	1,02	0,72	boettgeri	4	captive
662	German	female	3,0	1377	19,7	197	14,4	9,0	39,1	48,5	no pyramiding	no deformation	0,18	0,54	1,03	0,99	0,73	boettgeri	5	captive
663	German	female	3,0	1360	19,1	191	14,5	8,8	39,4	48,6	pyramiding	no deformation	0,20	0,56	1,07	1,00	0,71	boettgeri	5	captive
664	German	female	3,5	1484	18,4	184	15,6	9,5	41,0	47,7	pyramiding	no deformation	0,24	0,54	1,04	1,03	0,76	boettgeri	2	captive
665	German	male	2,5	1265	19,0	190	14,7	9,0	39,5	46,9	no pyramiding	no deformation	0,18	0,51	0,97	1,00	0,68	boettgeri	4	captive

ID	Origin	sex	BCS	weight [g]	S_length [cm]	S_length_B [mm]	S_width [cm]	S_height [cm]	R_width [cm]	R_length [cm]	pyramiding	deformation	Jackson Ratio	Volume		BCI	R_pro duct	Species	age group	husbandry
														Nagy [g/cm3]	Loehr [g/cm3]					
666	German	female	2,5	706	15,2	152	12,0	7,2	31,6	39,0	no pyramiding	no deformation	0,20	0,54	1,03	1,00	0,57	hermanni	3	captive
693	German	female	2,5	1700	21,1	211	15,3	10,0	41,4	51,6	no pyramiding	no deformation	0,18	0,53	1,01	0,99	0,80	boettgeri	5	captive
694	German	male	3,0	915	16,7	167	13,3	8,2	35,0	41,3	no pyramiding	no deformation	0,20	0,50	0,96	1,01	0,63	boettgeri	4	captive
695	German	female	3,0	1300	19,0	190	14,3	9,2	38,2	47,0	no pyramiding	no deformation	0,19	0,52	0,99	1,00	0,72	boettgeri		captive
696	German	female	3,0	1064	17,6	176	12,8	8,8	34,6	44,0	no pyramiding	no deformation	0,20	0,54	1,03	1,00	0,70	boettgeri		captive
697	German	male	3,5	1097	17,7	177	15,0	7,8	37,7	44,8	no pyramiding	deformation	0,20	0,53	1,01	1,01	0,65	boettgeri	4	captive
698	German	male	3,0	634	14,6	146	12,0	7,4	31,1	37,4	pyramiding	no deformation	0,20	0,49	0,93	1,01	0,55	boettgeri	2	captive
699	German	female	3,0	1842	21,2	212	15,2	10,4	41,8	52,8	no pyramiding	no deformation	0,19	0,55	1,05	1,00	0,83	boettgeri	5	captive
700	German	male	3,0	633	14,6	146	12,0	7,3	31,3	37,2	pyramiding	no deformation	0,20	0,49	0,95	1,01	0,54	boettgeri	2	captive
701	German	female	3,5	1675	20,9	209	15,7	10,2	41,9	51,5	no pyramiding	no deformation	0,18	0,50	0,96	1,00	0,78	boettgeri	5	captive
702	German	male	3,0	461	12,2	122	10,5	6,9	28,2	32,8	no pyramiding	deformation	0,25	0,52	1,00	1,03	0,50	boettgeri	3	captive
703	German	male	3,0	596	14,8	148	11,4	7,2	30,4	37,3	no pyramiding	no deformation	0,18	0,49	0,94	0,99	0,53	boettgeri	1	captive
704	German	male	3,5	1216	18,4	184	14,8	9,0	38,5	47,2	pyramiding	no deformation	0,20	0,50	0,95	1,01	0,67	boettgeri	5	captive
705	German	female	3,0	2243	23,2	232	17,2	11,2	46,3	56,6	no pyramiding	no deformation	0,18	0,50	0,96	1,00	0,86	boettgeri	6	captive
706	German	male	3,0	1439	19,9	199	15,2	9,7	40,8	49,1	no pyramiding	no deformation	0,17	0,49	0,94	1,00	0,72	boettgeri	6	captive
707	German	female	3,5	1610	21,0	210	15,3	10,1	41,8	52,2	no pyramiding	no deformation	0,18	0,50	0,95	0,99	0,74	boettgeri	6	captive
708	German	female	3,5	2235	22,1	221	16,8	10,7	45,7	55,8	no pyramiding	deformation	0,21	0,56	1,07	1,01	0,88	boettgeri	6	captive
709	German	female	3,5	1881	21,1	211	15,7	10,7	42,5	52,9	no pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,01	1,01	0,84	boettgeri	6	captive
710	German	female	3,5	1003	17,2	172	13,1	8,2	34,8	42,5	no pyramiding	no deformation	0,20	0,54	1,04	1,00	0,68	boettgeri	6	captive
711	German	female	3,0	1106	18,0	180	13,3	8,9	37,6	44,6	no pyramiding	no deformation	0,19	0,52	0,99	0,99	0,66	boettgeri	6	captive
712	German	female	3,5	1075	17,6	176	13,3	8,6	35,8	34,4	no pyramiding	no deformation	0,20	0,54	1,02	1,00	0,87	boettgeri	6	captive
713	German	male	3,0	1369	19,5	195	14,5	9,6	39,5	48,8	no pyramiding	no deformation	0,18	0,50	0,96	1,00	0,71	boettgeri	6	captive
714	German	female	3,0	2278	23,4	234	18,2	11,1	47,0	57,5	pyramiding	no deformation	0,18	0,48	0,92	1,00	0,84	boettgeri	6	captive
717	German	female	3,0	386	12,6	126	9,8	6,6	26,6	32,3	pyramiding	no deformation	0,19	0,47	0,90	0,98	0,45	boettgeri	1	captive
718	German	female	2,5	888	17,7	177	13,5	8,3	35,7	44,0	no pyramiding	no deformation	0,16	0,45	0,86	0,97	0,57	hermanni	3	captive
719	German	female	2,5	690	15,8	158	12,5	8,2	33,2	40,3	pyramiding	no deformation	0,17	0,43	0,81	0,98	0,52	boettgeri	2	captive
720	German	female	3,0	937	17,7	177	13,3	8,8	35,5	44,5	pyramiding	no deformation	0,17	0,45	0,86	0,98	0,59	boettgeri	2	captive
721	German	female	3,0	667	15,9	159	12,2	7,8	32,2	39,8	pyramiding	no deformation	0,17	0,44	0,84	0,97	0,52	hermanni	2	captive
722	German	male	3,0	830	16,2	162	12,2	7,8	32,7	41,2	no pyramiding	no deformation	0,20	0,54	1,03	1,00	0,62	boettgeri	6	captive
723	German	male	2,5	576	15,0	150	11,5	7,3	31,0	37,0	no pyramiding	no deformation	0,17	0,46	0,87	0,98	0,50	hermanni	4	captive
724	German	female	3,5	2025	21,6	216	16,3	10,8	44,3	54,0	pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,02	1,01	0,85	boettgeri	3	captive
725	German	female	3,0	1760	20,2	202	15,5	11,1	42,4	51,1	pyramiding	no deformation	0,21	0,51	0,97	1,02	0,81	boettgeri	3	captive
726	German	female	2,5	1159	18,4	184	13,7	9,1	37,2	45,5	pyramiding	no deformation	0,19	0,51	0,96	0,99	0,68	boettgeri	3	captive
727	German	female	3,5	1571	19,4	194	14,3	9,9	40,0	48,7	pyramiding	no deformation	0,22	0,57	1,09	1,02	0,81	boettgeri	3	captive
728	German	female	3,5	1710	19,9	199	15,4	10,9	42,7	51,0	pyramiding	no deformation	0,22	0,51	0,98	1,02	0,79	boettgeri	5	captive
729	German	female	3,0	1095	16,6	166	14,0	8,3	37,2	42,7	no pyramiding	no deformation	0,24	0,57	1,08	1,03	0,69	boettgeri	4	captive
730	German	female	3,0	1268	18,7	187	14,5	9,3	38,2	47,4	pyramiding	no deformation	0,19	0,50	0,96	1,00	0,70	hermanni	4	captive
731	German	female	3,0	839	16,3	163	12,1	8,0	32,6	40,6	no pyramiding	no deformation	0,19	0,53	1,02	0,99	0,63	hermanni	4	captive
732	German	female	3,0	870	17,0	170	13,0	7,7	34,1	42,9	no pyramiding	no deformation	0,18	0,51	0,98	0,98	0,59	boettgeri	5	captive

ID	Origin	sex	BCS	weight [g]	S_length [cm]	S_length_B [mm]	S_width [cm]	S_height [cm]	R_width [cm]	R_length [cm]	pyramiding	deformation	Jackson Ratio	Volume Nagy [g/cm3]	Volume Loehr [g/cm3]	BCI	R_pro duct	Species	age group	husbandry
733	German	female	3,0	1569	20,0	200	15,4	10,5	41,9	50,0	pyramiding	no deformation	0,20	0,49	0,93	1,00	0,75	hermanni	4	captive
734	German	female	3,5	1330	19,1	191	14,1	9,4	38,5	47,2	pyramiding	no deformation	0,19	0,53	1,00	1,00	0,73	boettgeri	6	captive
735	German	female	3,0	2270	23,1	231	16,9	11,2	45,5	57,2	no pyramiding	no deformation	0,18	0,52	0,99	1,00	0,87	boettgeri	5	captive
736	German	female	3,5	2070	22,2	222	16,1	10,9	44,7	55,2	pyramiding	no deformation	0,19	0,53	1,01	1,00	0,84	boettgeri	5	captive
737	German	female	3,0	2002	21,5	215	16,1	10,5	44,0	54,5	pyramiding	no deformation	0,20	0,55	1,05	1,01	0,83	boettgeri	4	captive
738	German	female	3,0	1150	18,7	187	13,7	8,9	37,1	45,9	pyramiding	no deformation	0,18	0,50	0,96	0,99	0,68	hermanni	5	captive
739	German	male	3,0	636	14,5	145	11,4	7,7	31,9	36,9	no pyramiding	no deformation	0,21	0,50	0,95	1,01	0,54	hermanni	5	captive
740	German	female	3,0	1900	21,3	213	16,1	10,3	42,8	53,2	pyramiding	no deformation	0,20	0,54	1,03	1,01	0,83	boettgeri	3	captive
741	German	male	3,0	1126	17,9	179	13,7	9,0	37,7	44,8	no pyramiding	no deformation	0,20	0,51	0,97	1,01	0,67	hermanni	6	captive
742	German	male	2,5	896	17,3	173	12,5	8,3	34,3	42,8	no pyramiding	no deformation	0,17	0,50	0,95	0,99	0,61	hermanni	6	captive
743	German	male	2,5	570	15,6	156	11,4	6,7	29,4	38,0	no pyramiding	no deformation	0,15	0,48	0,91	0,96	0,51	boettgeri	6	captive
744	German	male	3,0	1136	17,6	176	14,0	9,5	39,1	45,5	no pyramiding	no deformation	0,21	0,49	0,93	1,02	0,64	hermanni	6	captive
745	German	male	3,5	644	15,2	152	11,0	7,0	29,5	38,1	no pyramiding	no deformation	0,18	0,55	1,05	0,99	0,57	boettgeri	6	captive
746	German	male	3,5	1560	19,7	197	15,8	9,3	41,6	49,8	pyramiding	no deformation	0,20	0,54	1,03	1,02	0,75	boettgeri	6	captive
747	German	male	3,5	814	15,7	157	12,0	7,7	32,6	39,2	no pyramiding	no deformation	0,21	0,56	1,07	1,01	0,64	hermanni	6	captive
748	German	male	3,5	820	15,9	159	12,5	7,5	33,2	39,8	no pyramiding	no deformation	0,20	0,55	1,05	1,01	0,62	hermanni	3	captive
749	German	male	3,0	740	15,4	154	12,6	7,7	32,3	38,3	no pyramiding	no deformation	0,20	0,50	0,95	1,01	0,60	boettgeri	3	captive
757	German	female	2,5	872	17,1	171	12,6	8,4	34,0	41,7	pyramiding	no deformation	0,17	0,48	0,92	0,98	0,62	boettgeri	3	captive
758	German	female	2,5	1014	18,0	180	12,7	8,8	34,3	43,5	pyramiding	no deformation	0,17	0,50	0,96	0,98	0,68	boettgeri	3	captive
759	German	female	3,0	981	17,3	173	12,9	8,3	34,6	42,4	pyramiding	no deformation	0,19	0,53	1,01	0,99	0,67	boettgeri	3	captive
760	German	female	3,5	994	17,3	173	12,7	8,5	34,8	42,4	no pyramiding	no deformation	0,19	0,53	1,02	0,99	0,67	boettgeri	3	captive
761	German	female	2,5	770	16,1	161	12,5	8,1	32,9	39,7	pyramiding	no deformation	0,18	0,47	0,90	0,99	0,59	boettgeri	2	captive
762	German	female	3,5	936	17,1	171	13,4	8,4	35,3	42,0	pyramiding	no deformation	0,19	0,49	0,93	0,99	0,63	boettgeri	3	captive
763	German	female	3,0	888	17,0	170	13,0	8,0	34,2	41,4	no pyramiding	no deformation	0,18	0,50	0,96	0,99	0,63	boettgeri	2	captive
764	German	female	3,0	682	15,8	158	11,6	7,3	30,7	38,2	no pyramiding	no deformation	0,17	0,51	0,98	0,98	0,58	boettgeri	1	captive
765	German	female	3,0	631	15,2	152	11,4	7,2	30,1	37,1	pyramiding	no deformation	0,18	0,51	0,97	0,98	0,57	boettgeri	1	captive
766	German	female	3,5	817	16,4	164	12,0	8,0	32,7	40,4	pyramiding	no deformation	0,19	0,52	0,99	0,99	0,62	boettgeri	3	captive
767	German	female	2,5	905	17,5	175	12,9	8,1	34,2	42,2	pyramiding	no deformation	0,17	0,49	0,95	0,98	0,63	boettgeri	3	captive
784	German	male	3,0	304	12,9	129	9,7	5,7	25,1	31,4	no pyramiding	no deformation	0,14	0,43	0,81	0,93	0,39	boettgeri	0	captive
785	German	female	3,5	280	12,0	120	8,9	5,7	24,1	29,5	pyramiding	no deformation	0,16	0,46	0,88	0,95	0,39	boettgeri	1	captive
786	German	male	3,5	280	12,0	120	8,9	5,7	24,1	29,5	pyramiding	no deformation	0,16	0,46	0,88	0,95	0,39	boettgeri	0	captive
787	German	female	3,0	192	10,6	106	7,9	5,0	21,3	25,9	pyramiding	no deformation	0,16	0,46	0,88	0,94	0,35	hermanni	1	captive
788	German	female	3,5	1306	18,3	183	13,3	9,4	37,3	45,9	no pyramiding	no deformation	0,21	0,57	1,09	1,01	0,76	boettgeri	3	captive
789	German	male	3,0	753	16,4	164	12,9	8,0	33,7	40,4	no pyramiding	no deformation	0,17	0,44	0,85	0,98	0,55	boettgeri	3	captive
790	German	female	3,5	1149	18,7	187	13,9	8,8	37,3	45,6	no pyramiding	no deformation	0,18	0,50	0,96	0,99	0,68	boettgeri	3	captive
791	German	female	3,5	1481	20,4	204	14,3	9,4	39,3	49,9	no pyramiding	no deformation	0,17	0,54	1,03	0,99	0,76	boettgeri	3	captive
792	German	female	3,0	961	17,3	173	18,9	9,0	35,3	43,4	no pyramiding	no deformation	0,19	0,33	0,62	0,99	0,63	hermanni	2	captive
793	German	female	3,0	281	11,1	111	8,6	5,6	23,3	28,2	no pyramiding	no deformation	0,21	0,53	1,00	0,99	0,43	boettgeri	0	captive
794	German	female	3,0	416	13,0	130	9,5	6,8	26,8	32,8	no pyramiding	no deformation	0,19	0,50	0,95	0,98	0,47	boettgeri	0	captive

ID	Origin	sex	BCS	weight [g]	S_length [cm]	S_length_B Cl [mm]	S_width [cm]	S_height [cm]	R_width [cm]	R_length [cm]	pyramiding	deformation	Jackson Ratio	Volume		BCI	R_pro duct	Species	age group	husbandry
														Nagy [g/cm ³]	Loehr [g/cm ³]					
797	German	male	3,0	750	15,6	156	12,5	7,9	32,8	39,4	no pyramiding	no deformation	0,20	0,49	0,93	1,00	0,58	hermanni	3	captive
798	German	female	3,0	1534	19,7	197	15,8	9,0	41,4	49,5	no pyramiding	no deformation	0,20	0,55	1,05	1,01	0,75	boettgeri	3	captive
799	German	female	2,5	1180	18,8	188	13,6	8,9	36,5	45,5	pyramiding	no deformation	0,18	0,52	0,99	0,99	0,71	boettgeri	3	captive
800	German	male	2,5	1102	17,6	176	14,3	8,7	37,7	44,4	pyramiding	no deformation	0,20	0,50	0,96	1,01	0,66	boettgeri	4	captive
801	German	female	2,5	1814	21,1	211	15,3	10,0	42,1	53,2	pyramiding	no deformation	0,19	0,56	1,07	1,00	0,81	boettgeri	3	captive
802	German	female	3,5	1500	18,6	186	15,1	9,9	40,1	48,2	no pyramiding	no deformation	0,23	0,54	1,03	1,02	0,78	boettgeri	3	captive
806	German	male	2,0	1470	21,1	211	15,7	9,3	41,2	50,9	no pyramiding	no deformation	0,16	0,48	0,91	0,98	0,70	boettgeri	6	captive
807	German	male	2,0	415	12,2	122	9,8	6,4	26,4	31,8	no pyramiding	no deformation	0,23	0,54	1,04	1,02	0,49	hermanni	4	captive
808	German	male	3,0	653	14,6	146	11,8	7,1	30,6	37,2	no pyramiding	no deformation	0,21	0,53	1,02	1,01	0,57	boettgeri	4	captive
809	German	male	2,0	724	16,1	161	12,2	7,3	31,2	39,6	pyramiding	no deformation	0,17	0,50	0,96	0,99	0,59	boettgeri	3	captive
810	German	male	3,0	716	14,5	145	12,8	7,5	31,4	37,2	pyramiding	no deformation	0,23	0,51	0,98	1,03	0,61	boettgeri	2	captive
811	German	male	3,0	855	16,1	161	12,7	7,9	33,4	40,0	no pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,01	1,01	0,64	boettgeri	2	captive
812	German	male	2,5	692	15,6	156	11,8	7,6	31,1	38,7	pyramiding	no deformation	0,18	0,49	0,94	0,99	0,57	boettgeri	2	captive
813	German	male	3,0	534	14,2	142	10,9	6,8	29,4	35,3	no pyramiding	no deformation	0,19	0,51	0,97	0,99	0,51	boettgeri	5	captive
815	German	male	3,0	789	16,1	161	12,2	7,9	32,6	40,1	pyramiding	no deformation	0,19	0,51	0,97	1,00	0,60	boettgeri	4	captive
817	German	male	3,0	501	13,3	133	10,7	6,9	28,6	33,9	pyramiding	no deformation	0,21	0,51	0,97	1,01	0,52	boettgeri	1	captive
818	German	male	3,0	417	12,7	127	10,4	6,0	27,0	31,8	no pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,00	1,00	0,49	boettgeri	1	captive
820	German	male	3,5	1005	17,1	171	13,3	8,3	35,5	42,6	no pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,02	1,01	0,66	boettgeri	6	captive
823	German	male	4,0	867	15,2	152	13,4	7,7	34,5	39,8	pyramiding	no deformation	0,25	0,55	1,06	1,04	0,63	boettgeri	5	captive
825	German	male	3,0	882	15,9	159	13,4	8,3	34,7	40,8	pyramiding	no deformation	0,22	0,50	0,95	1,02	0,62	boettgeri	3	captive
827	German	male	3,0	1163	17,4	174	15,5	8,5	38,7	44,5	no pyramiding	deformation	0,22	0,51	0,97	1,02	0,68	boettgeri	4	captive
828	German	male	3,0	738	15,8	158	12,5	7,6	32,6	39,9	pyramiding	no deformation	0,19	0,49	0,94	1,00	0,57	boettgeri	5	captive
829	German	female	2,5	1273	20,0	200	15,2	8,7	39,8	48,8	pyramiding	no deformation	0,16	0,48	0,92	0,97	0,66	boettgeri	2	captive
830	German	female	3,5	1631	20,1	201	15,8	9,1	42,5	49,5	no pyramiding	no deformation	0,20	0,56	1,08	1,01	0,78	boettgeri	6	captive
831	German	male	2,5	495	14,0	140	10,5	6,5	28,6	34,5	no pyramiding	no deformation	0,18	0,52	0,99	0,98	0,50	boettgeri	1	captive
833	German	female	3,5	1274	19,0	190	13,9	8,8	37,5	46,5	no pyramiding	no deformation	0,19	0,55	1,05	0,99	0,73	boettgeri	3	captive
834	German	female	4,0	1706	20,0	200	14,8	10,1	40,9	50,1	no pyramiding	no deformation	0,21	0,57	1,09	1,01	0,83	boettgeri	6	captive
835	German	female	4,0	1392	19,8	198	13,8	9,2	37,8	48,0	no pyramiding	no deformation	0,18	0,55	1,06	0,99	0,77	boettgeri	3	captive
836	German	male	3,0	657	14,7	147	12,1	7,3	31,7	36,8	no pyramiding	no deformation	0,21	0,51	0,97	1,01	0,56	boettgeri	4	captive
850	German	male	3,0	838	16,5	165	12,9	8,5	34,3	41,4	no pyramiding	no deformation	0,19	0,46	0,88	1,00	0,59	boettgeri	4	captive
851	German	male	3,5	737	16,6	166	12,3	8,0	33,0	40,8	no pyramiding	no deformation	0,16	0,45	0,86	0,98	0,55	boettgeri	4	captive
852	German	male	4,0	747	15,9	159	13,0	8,1	34,3	40,2	no pyramiding	no deformation	0,19	0,45	0,85	1,00	0,54	boettgeri	3	captive
853	German	male	3,5	435	13,3	133	10,6	7,0	28,3	33,6	no pyramiding	no deformation	0,18	0,44	0,84	0,99	0,46	boettgeri	3	captive
855	German	female	3,0	1604	20,9	209	14,6	10,3	41,6	51,6	pyramiding	no deformation	0,18	0,51	0,97	0,99	0,75	boettgeri	3	captive
856	German	female	3,0	1297	20,3	203	13,8	9,7	38,0	49,1	pyramiding	no deformation	0,16	0,48	0,91	0,97	0,70	boettgeri	3	captive
857	German	female	3,0	1047	17,5	175	13,4	8,9	37,0	44,2	pyramiding	no deformation	0,20	0,50	0,96	1,00	0,64	boettgeri	4	captive
858	German	female	3,0	1535	20,4	204	14,9	10,0	40,6	50,9	no pyramiding	no deformation	0,18	0,51	0,97	0,99	0,74	boettgeri	6	captive
859	German	female	4,0	1203	18,8	188	13,9	9,1	37,3	46,1	no pyramiding	no deformation	0,18	0,51	0,97	0,99	0,70	boettgeri	6	captive
860	German	female	3,0	1631	21,1	211	14,7	10,4	40,8	51,5	no pyramiding	no deformation	0,17	0,51	0,97	0,99	0,78	boettgeri	6	captive

ID	Origin	sex	BCS	weight [g]	S_length [cm]	S_length_B [mm]	S_width [cm]	S_height [cm]	R_width [cm]	R_length [cm]	pyramiding	deformation	Jackson Ratio	Volume Nagy [g/cm ³]	Volume Loehr [g/cm ³]	BCI	R_pro duct	Species	age group	husbandry
861	German	female	3,0	1341	19,7	197	13,5	9,3	37,6	47,9	no pyramiding	no deformation	0,18	0,54	1,04	0,99	0,74	boettgeri	5	captive
862	German	female	3,5	1367	19,4	194	13,9	9,6	38,6	47,9	no pyramiding	no deformation	0,19	0,53	1,01	1,00	0,74	boettgeri	5	captive
863	German	female	2,5	909	17,0	170	13,2	8,4	36,0	42,7	pyramiding	no deformation	0,19	0,48	0,92	0,99	0,59	boettgeri	4	captive
864	German	female	3,0	407	13,0	130	10,1	6,2	27,0	32,8	no pyramiding	no deformation	0,19	0,50	0,95	0,97	0,46	boettgeri	1	captive
865	German	female	3,0	411	13,2	132	9,8	6,3	26,3	32,8	no pyramiding	no deformation	0,18	0,50	0,96	0,97	0,48	boettgeri	1	captive
866	German	female	3,0	334	12,5	125	9,4	5,8	24,9	30,8	no pyramiding	no deformation	0,17	0,49	0,94	0,96	0,44	boettgeri	1	captive
874	German	female	3,0	866	16,1	161	13,6	7,8	34,6	40,7	pyramiding	no deformation	0,21	0,51	0,97	1,00	0,61	boettgeri	2	captive
875	German	male	3,0	726	15,1	151	13,0	7,1	33,0	38,0	pyramiding	no deformation	0,21	0,52	0,99	1,01	0,58	boettgeri	2	captive
876	German	female	3,5	2070	21,2	212	16,6	11,1	44,4	53,0	pyramiding	no deformation	0,22	0,53	1,01	1,02	0,88	boettgeri	3	captive
877	German	female	3,5	3090	24,6	246	18,2	12,7	50,1	62,4	pyramiding	no deformation	0,21	0,54	1,04	1,01	0,99	boettgeri	3	captive
878	German	female	4,5	2660	23,3	233	17,0	11,4	46,7	57,3	no pyramiding	no deformation	0,21	0,59	1,13	1,01	0,99	boettgeri	6	captive
879	German	male	4,0	1200	17,4	174	14,6	8,8	38,8	43,4	no pyramiding	no deformation	0,23	0,54	1,03	1,03	0,71	boettgeri	5	captive
880	German	male	2,5	779	16,6	166	12,9	7,8	33,4	40,6	pyramiding	no deformation	0,17	0,47	0,89	0,98	0,57	boettgeri	2	captive
881	German	male	3,0	774	15,9	158	12,6	7,9	33,2	40,0	pyramiding	no deformation	0,19	0,49	0,94	1,00	0,58	boettgeri	3	captive
882	German	male	3,0	703	15,2	152	12,1	7,5	31,7	37,9	no pyramiding	no deformation	0,20	0,51	0,97	1,00	0,59	boettgeri	6	captive
883	German	male	3,5	785	16,6	166	12,8	8,0	34,0	41,3	pyramiding	no deformation	0,17	0,46	0,88	0,98	0,56	boettgeri	3	captive
886	German	male	2,5	697	15,1	151	12,2	8,1	32,6	38,9	pyramiding	no deformation	0,20	0,47	0,89	1,00	0,55	boettgeri	2	captive
888	German	male	3,5	894	16,4	164	12,6	8,4	34,3	42,4	pyramiding	no deformation	0,20	0,52	0,98	1,01	0,61	boettgeri	2	captive
889	German	male	3,0	700	15,1	151	12,1	7,3	32,0	38,0	no pyramiding	no deformation	0,20	0,52	1,00	1,00	0,58	boettgeri	5	captive
890	German	male	3,0	700	14,5	145	12,0	7,8	32,1	38,5	no pyramiding	no deformation	0,23	0,52	0,99	1,02	0,57	boettgeri	2	captive
891	German	male	3,0	731	15,5	155	12,3	7,5	32,2	39,3	no pyramiding	no deformation	0,20	0,51	0,98	1,00	0,58	boettgeri	4	captive
892	German	male	2,5	567	13,7	137	11,6	6,7	30,5	35,3	no pyramiding	deformation	0,22	0,53	1,02	1,01	0,53	boettgeri	6	captive
893	German	male	2,5	598	15,1	151	11,8	7,5	31,0	37,6	pyramiding	no deformation	0,17	0,45	0,85	0,98	0,51	boettgeri	2	captive
895	German	male	3,0	635	14,9	149	11,7	7,0	30,6	37,0	no pyramiding	no deformation	0,19	0,52	0,99	0,99	0,56	boettgeri	2	captive
897	German	male	3,0	493	13,3	133	10,8	7,0	28,8	34,3	no pyramiding	no deformation	0,21	0,49	0,94	1,00	0,50	hermanni	3	captive
898	German	male	3,0	505	12,7	127	11,1	6,3	29,4	33,2	pyramiding	deformation	0,25	0,57	1,09	1,03	0,52	boettgeri	2	captive
901	German	male	2,0	706	16,3	163	12,6	7,8	33,2	40,9	pyramiding	no deformation	0,16	0,44	0,84	0,97	0,52	hermanni	25	captive
902	German	male	2,5	531	14,6	146	11,0	6,7	28,7	36,5	pyramiding	no deformation	0,17	0,49	0,94	0,97	0,51	boettgeri	1	captive
903	German	male	3,0	579	14,0	140	11,3	7,2	30,0	36,5	pyramiding	deformation	0,21	0,51	0,97	1,01	0,53	boettgeri	1	captive
904	German	male	2,5	465	13,1	131	10,2	6,9	27,9	33,7	no pyramiding	no deformation	0,21	0,50	0,96	1,00	0,49	boettgeri	3	captive
905	German	male	3,0	669	14,9	149	11,9	7,8	31,1	37,5	no pyramiding	no deformation	0,20	0,48	0,92	1,00	0,57	boettgeri	2	captive
907	German	male	3,0	707	15,0	150	11,9	7,9	32,4	38,7	no pyramiding	no deformation	0,21	0,50	0,96	1,01	0,56	hermanni	2	captive
908	German	female	3,5	440	12,5	125	10,8	5,9	27,3	31,7	no pyramiding	no deformation	0,23	0,55	1,06	1,00	0,51	boettgeri	2	captive
909	German	male	3,5	1127	17,9	179	14,1	8,3	37,3	44,6	no pyramiding	no deformation	0,20	0,54	1,03	1,01	0,68	boettgeri	6	captive
910	German	male	4,0	1230	16,9	169	15,5	8,6	40,0	43,5	no pyramiding	no deformation	0,25	0,55	1,04	1,04	0,71	boettgeri	5	captive
911	German	male	4,0	892	15,8	158	13,3	8,3	34,7	40,5	no pyramiding	no deformation	0,23	0,51	0,98	1,02	0,63	boettgeri	2	captive
912	German	male	3,0	666	15,0	150	12,5	7,5	31,7	37,8	pyramiding	no deformation	0,20	0,47	0,90	1,00	0,56	boettgeri	3	captive
913	German	male	3,0	795	16,4	164	12,3	8,0	32,8	40,7	no pyramiding	no deformation	0,18	0,49	0,94	0,99	0,60	boettgeri	3	captive
914	German	male	2,5	1456	20,1	201	15,8	9,1	40,8	50,3	no pyramiding	no deformation	0,18	0,50	0,96	1,00	0,71	boettgeri	5	captive

ID	Origin	sex	BCS	weight [g]	S_length [cm]	S_length_B [mm]	S_width [cm]	S_height [cm]	R_width [cm]	R_length [cm]	pyramiding	deformation	Jackson Ratio	Volume		BCI	R_pro duct	Species	age group	husbandry
														Nagy [g/cm ³]	Loehr [g/cm ³]					
915	German	male	3,0	681	15,1	151	11,7	7,9	31,9	38,8	no pyramiding	no deformation	0,20	0,49	0,93	1,00	0,55	boettgeri	5	captive
916	German	male	3,0	650	14,3	143	12,2	7,5	31,5	37,2	pyramiding	no deformation	0,22	0,50	0,95	1,01	0,55	boettgeri	2	captive
918	German	male	3,5	1082	18,0	180	14,3	8,5	37,7	45,1	no pyramiding	no deformation	0,19	0,49	0,94	1,00	0,64	hermanni	5	captive
919	German	male	2,0	709	16,1	161	13,5	7,8	34,5	40,5	no pyramiding	no deformation	0,17	0,42	0,80	0,98	0,51	boettgeri	3	captive
920	German	male	2,5	830	17,1	171	12,7	8,3	35,2	41,8	no pyramiding	no deformation	0,17	0,46	0,88	0,98	0,56	boettgeri	4	captive
921	German	male	3,0	676	15,0	150	11,6	7,4	31,2	38,2	no pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,00	1,00	0,57	boettgeri	3	captive
922	German	female	3,0	1437	19,9	199	15,4	8,8	40,4	48,9	pyramiding	no deformation	0,18	0,53	1,02	0,99	0,73	boettgeri		captive
923	German	female	3,0	941	15,5	155	14,1	7,7	35,7	40,0	no pyramiding	deformation	0,25	0,56	1,07	1,03	0,66	boettgeri	5	captive
924	German	female	3,0	900	15,3	153	13,5	8,3	35,8	40,2	no pyramiding	no deformation	0,25	0,52	1,00	1,03	0,63	boettgeri	5	captive
925	German	female	3,5	1149	18,1	181	13,9	8,8	36,3	45,0	pyramiding	no deformation	0,19	0,52	0,99	0,99	0,70	boettgeri	3	captive
926	German	female	3,0	1450	19,5	195	15,1	9,4	39,5	49,3	pyramiding	no deformation	0,20	0,52	1,00	1,00	0,74	boettgeri	3	captive
927	German	female	3,0	1188	18,8	188	14,1	8,3	36,8	46,2	no pyramiding	no deformation	0,18	0,54	1,03	0,98	0,70	boettgeri	3	captive
928	German	female	3,0	803	16,2	162	12,7	7,6	32,5	40,7	pyramiding	no deformation	0,19	0,51	0,98	0,99	0,61	boettgeri	3	captive
929	German	female	4,0	1183	17,9	179	14,3	8,2	36,4	45,0	pyramiding	no deformation	0,21	0,56	1,08	1,00	0,72	boettgeri	3	captive
930	German	female	3,0	413	12,6	126	10,2	6,6	27,0	32,7	no pyramiding	no deformation	0,21	0,49	0,93	0,99	0,47	boettgeri	1	captive
931	German	female	2,5	358	12,4	124	10,1	6,3	26,4	31,2	pyramiding	no deformation	0,19	0,45	0,87	0,97	0,43	boettgeri	1	captive
932	German	male	3,0	1237	18,3	183	15,5	8,4	40,1	46,8	no pyramiding	no deformation	0,20	0,52	0,99	1,01	0,66	boettgeri	2	captive
933	German	male	3,0	433	12,2	122	10,2	6,4	27,4	31,9	no pyramiding	no deformation	0,24	0,54	1,04	1,02	0,50	boettgeri	1	captive
934	German	male	3,0	821	16,0	160	13,3	7,8	34,4	40,5	no pyramiding	no deformation	0,20	0,49	0,94	1,00	0,59	boettgeri	5	captive
935	German	male	3,5	1002	18,8	188	13,9	8,2	36,2	44,5	no pyramiding	no deformation	0,15	0,47	0,89	0,97	0,62	boettgeri	2	captive
938	German	male	3,0	633	15,2	152	11,8	7,2	31,2	37,1	pyramiding	no deformation	0,18	0,49	0,94	0,98	0,55	boettgeri	1	captive
939	German	male	3,0	673	14,7	147	11,7	7,3	31,4	37,3	no pyramiding	no deformation	0,21	0,54	1,02	1,01	0,57	boettgeri	2	captive
940	German	male	3,0	684	14,7	147	12,6	7,6	32,6	38,3	no pyramiding	no deformation	0,22	0,49	0,93	1,01	0,55	boettgeri	4	captive
1152	French	female	3,0	539	14,3	143	11,2	7,0	28,7	35,5	no pyramiding	no deformation	0,18	0,48	0,92	0,98	0,53	hermanni	2	wild
1153	French	female	3,0	650	15,3	153	11,5	8,3	32,7	38,5	no pyramiding	no deformation	0,18	0,45	0,85	0,98	0,52	hermanni	3	wild
1154	French	male	3,0	576	14,9	149	11,6	6,7	30,5	36,5	no pyramiding	no deformation	0,17	0,50	0,95	0,98	0,52	hermanni	2	wild
1155	French	female	3,0	614	14,6	146	11,0	7,1	30,6	36,0	no pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,02	0,99	0,56	hermanni	2	wild
1156	French		3,0	261	10,1	101	8,3	5,6	22,5	26,2	no pyramiding	no deformation	0,25	0,55	1,05	1,02	0,44	hermanni		wild
1157	French	female	3,0	820	17,1	171	12,5	8,1	34,2	42,0	no pyramiding	no deformation	0,16	0,47	0,90	0,97	0,57	hermanni	3	wild
1158	French	female	3,0	914	17,5	175	13,1	8,6	36,1	43,3	no pyramiding	no deformation	0,17	0,46	0,89	0,98	0,58	hermanni	3	wild
1159	French	female	3,0	1011	17,4	174	12,7	8,3	34,9	42,7	no pyramiding	no deformation	0,19	0,55	1,05	0,99	0,68	hermanni	3	wild
1160	French	female	3,0	769	16,0	160	11,7	7,9	32,1	40,0	pyramiding	no deformation	0,19	0,52	1,00	0,99	0,60	hermanni	3	wild
1161	French	female	3,0	778	15,7	157	11,8	7,6	32,0	38,5	no pyramiding	no deformation	0,20	0,55	1,06	1,00	0,63	hermanni	3	wild
1162	French	male	3,0	439	12,7	127	10,4	6,9	28,0	33,0	no pyramiding	no deformation	0,21	0,48	0,92	1,01	0,48	hermanni	2	wild
1163	French	female	3,0	913	16,8	168	12,3	9,0	33,4	41,5	no pyramiding	no deformation	0,19	0,49	0,93	0,99	0,66	hermanni	3	wild
1165	French	female	3,0	857	16,1	161	12,5	7,9	34,0	40,2	no pyramiding	no deformation	0,21	0,54	1,03	1,00	0,63	hermanni	3	wild
1166	French	female	3,0	459	12,5	125	9,8	7,1	27,0	32,6	no pyramiding	no deformation	0,24	0,53	1,02	1,01	0,52	hermanni	2	wild
1167	French	female	4,0	951	17,3	173	12,8	8,6	35,5	42,6	no pyramiding	no deformation	0,19	0,50	0,96	0,99	0,63	hermanni	3	wild
1168	French		3,0	397	12,1	121	9,4	6,5	25,9	30,7	no pyramiding	no deformation	0,23	0,54	1,03	1,00	0,50	hermanni		wild

ID	Origin	sex	BCS	weight [g]	S_length [cm]	S_length_B CI [mm]	S_width [cm]	S_height [cm]	R_width [cm]	R_length [cm]	pyramiding	deformation	Jackson Ratio	Volume		R_pro duct	Species	age group	husbandry	
														Nagy [g/cm ³]	Loehr [g/cm ³]					
1169	French	female	3,0	737	14,9	149	11,1	7,9	31,0	37,7	no pyramiding	no deformation	0,22	0,57	1,08	1,01	0,63	hermanni	2	wild
1170	French	male	3,0	581	14,8	148	11,0	7,1	29,6	36,6	no pyramiding	no deformation	0,18	0,51	0,97	0,99	0,54	hermanni	2	wild
1171	French	male	3,0	476	13,7	137	10,3	6,8	27,6	33,9	no pyramiding	no deformation	0,19	0,50	0,96	0,99	0,51	hermanni	2	wild
1172	French	male	3,0	365	13,0	130	10,5	6,6	28,0	32,6	no pyramiding	no deformation	0,17	0,40	0,77	0,97	0,40	hermanni	2	wild
1173	French	female	3,0	644	14,8	148	11,1	7,7	30,4	37,2	no pyramiding	no deformation	0,20	0,51	0,97	0,99	0,57	hermanni	2	wild
1174	French	female	3,0	762	15,8	158	10,7	8,2	32,0	39,3	no pyramiding	no deformation	0,20	0,55	1,06	0,99	0,61	hermanni	2	wild
1175	French	male	3,0	471	13,3	133	10,4	7,2	28,6	34,0	no pyramiding	no deformation	0,20	0,48	0,91	1,00	0,48	hermanni	2	wild
1176	French	female	3,0	310	11,4	114	9,5	5,9	25,5	29,8	no pyramiding	no deformation	0,21	0,49	0,93	1,00	0,41	hermanni	2	wild
1177	French	female	3,0	654	15,0	150	11,2	7,9	30,5	37,3	no pyramiding	no deformation	0,19	0,50	0,95	0,99	0,57	hermanni	2	wild
1178	French	female	2,0	752	16,1	161	11,6	7,5	31,7	39,3	no pyramiding	no deformation	0,18	0,53	1,02	0,98	0,60	hermanni	5	wild
1179	French	female	3,0	893	16,4	164	12,2	8,4	33,2	41,4	no pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,02	1,00	0,65	hermanni	3	wild
1180	French	female	3,0	688	15,9	159	11,7	8,2	31,5	39,5	no pyramiding	no deformation	0,17	0,45	0,86	0,97	0,55	hermanni	3	wild
1181	French	female	3,0	729	15,7	157	11,6	7,9	31,5	39,1	no pyramiding	no deformation	0,19	0,51	0,97	0,99	0,59	hermanni	2	wild
1182	French	female	3,0	936	16,7	167	13,0	8,3	34,4	41,4	no pyramiding	no deformation	0,20	0,52	1,00	1,00	0,66	hermanni	2	wild
1183	French	female	3,0	763	15,9	159	11,5	7,9	31,4	39,1	no pyramiding	no deformation	0,19	0,53	1,01	0,99	0,62	hermanni	3	wild
1184	French	male	3,0	468	14,2	142	10,4	6,6	28,0	34,5	no pyramiding	no deformation	0,16	0,48	0,92	0,97	0,48	hermanni	2	wild
1185	French	female	3,0	654	15,5	155	11,4	8,1	31,0	38,1	no pyramiding	no deformation	0,17	0,46	0,87	0,98	0,55	hermanni	3	wild
1186	French	female	3,0	843	16,0	160	12,1	8,6	32,5	39,8	no pyramiding	no deformation	0,21	0,51	0,97	1,00	0,65	hermanni	3	wild
1187	French	female	3,0	838	16,9	169	12,1	8,8	32,8	40,8	no pyramiding	no deformation	0,17	0,47	0,90	0,98	0,63	hermanni	2	wild
1188	French	male	3,0	323	12,0	120	9,5	6,5	25,9	30,7	no pyramiding	no deformation	0,19	0,44	0,83	0,99	0,41	hermanni	2	wild
1189	French	female	3,0	729	15,4	154	11,7	7,4	32,0	38,5	no pyramiding	no deformation	0,20	0,55	1,04	1,00	0,59	hermanni	2	wild
1190	French	male	3,0	442	13,4	134	10,6	6,9	28,3	33,5	no pyramiding	no deformation	0,18	0,45	0,86	0,99	0,47	hermanni	2	wild
1191	French	female	3,0	721	15,1	151	10,9	7,8	30,6	38,0	no pyramiding	no deformation	0,21	0,56	1,07	1,00	0,62	hermanni	3	wild
1192	French	male	3,0	588	14,6	146	11,0	7,0	29,0	35,8	no pyramiding	no deformation	0,19	0,52	1,00	1,00	0,57	hermanni	3	wild
1193	French	female	3,0	628	15,1	151	11,2	8,0			no pyramiding	no deformation	0,18	0,47	0,89	0,98		hermanni	3	wild
1194	French	female	3,0	790	16,1	161	11,7	8,4			no pyramiding	no deformation	0,19	0,50	0,96	0,99		hermanni	3	wild
1195	French	female	3,0	858	17,0	170	12,4	8,1	33,5	41,6	no pyramiding	no deformation	0,17	0,50	0,95	0,98	0,62	hermanni	3	wild
1196	French	male	3,0	466	13,5	135	10,3	6,4	27,6	33,4	no pyramiding	no deformation	0,19	0,53	1,01	0,99	0,51	hermanni	2	wild
1197	French	female	3,0	831	15,4	154	11,9	8,3	32,4	38,8	no pyramiding	no deformation	0,23	0,55	1,04	1,02	0,66	hermanni	3	wild
1198	French	male	3,0	527	14,2	142	10,3	6,9	28,0	35,0	no pyramiding	no deformation	0,19	0,52	1,00	0,99	0,54	hermanni	3	wild
1199	French	male	3,0	624	14,4	144	11,3	7,8	29,8	36,6	no pyramiding	no deformation	0,21	0,49	0,94	1,01	0,57	hermanni	3	wild
1200	French	male	3,0	451	13,0	130	9,9	6,8	26,8	32,2	no pyramiding	no deformation	0,21	0,52	0,99	1,01	0,52	hermanni	2	wild
1201	French	male	2,0	434	12,3	123	9,8	6,5	26,5	31,5	no pyramiding	no deformation	0,23	0,55	1,05	1,03	0,52	hermanni	2	wild
1202	French	female	3,0	611	14,7	147	10,9	7,4	29,8	36,9	no pyramiding	no deformation	0,19	0,52	0,99	0,99	0,56	hermanni	2	wild
1203	French	female	3,0	753	15,7	157	11,8	8,3	21,4	38,8	no pyramiding	no deformation	0,19	0,49	0,93	0,99	0,91	hermanni	4	wild
1204	French	male	3,0	331	12,3	123	9,6	6,5	26,0	30,9	no pyramiding	no deformation	0,18	0,43	0,82	0,98	0,41	hermanni	4	wild
1205	French	male	3,0	518	14,4	144	11,2	7,4	29,6	36,0	no pyramiding	no deformation	0,17	0,43	0,83	0,98	0,48	hermanni	4	wild
1206	French	male	3,0	410	12,9	129	10,0	6,5	26,7	32,3	no pyramiding	no deformation	0,19	0,49	0,93	0,99	0,48	hermanni	3	wild
1207	French	male	3,0	392	12,5	125	9,3	6,5	25,5	31,7	no pyramiding	no deformation	0,20	0,52	1,00	1,00	0,48	hermanni	4	wild

ID	Origin	sex	BCS	weight [g]	s_length [cm]	s_length_B [mm]	s_width [cm]	s_height [cm]	R_width [cm]	R_length [cm]	pyramiding	deformation	Jackson Ratio	Volume Nagy [g/cm ³]	Volume Loehr [g/cm ³]	BCI	R_pro duct	Species	age group	husbandry
1208	French	female	3,0	641	15,2	152	10,9	7,2	37,2	29,6	no pyramiding	no deformation	0,18	0,54	1,02	0,99	0,58	hermanni	1	wild
1209	French	female	3,0	852	16,7	167	12,0	7,3	32,3	40,4	no pyramiding	no deformation	0,18	0,59	1,12	1,00	0,65	hermanni	4	wild
1210	French	female	3,0	713	16,0	160	11,9	7,7	33,0	39,4	no pyramiding	no deformation	0,17	0,49	0,94	0,99	0,55	hermanni	4	wild
1211	French	male	3,0	491	13,1	131	11,5	6,8	28,3	33,0	no pyramiding	no deformation	0,22	0,48	0,92	1,02	0,53	hermanni	3	wild
1212	French	female	4,0	1055	17,4	174	12,9	8,2	34,8	42,6	no pyramiding	no deformation	0,20	0,57	1,09	1,00	0,71	hermanni	5	captive
1213	French	female	3,0	896	15,8	158	11,7	8,4	32,7	39,7	no pyramiding	no deformation	0,23	0,58	1,10	1,02	0,69	hermanni	4	captive
1214	French	male	3,0	455	13,2	132	10,1	6,4	27,4	33,1	no pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,01	0,99	0,50	hermanni	4	captive
1215	French	female	3,0	800	15,0	150	11,6	7,8	31,4	38,7	no pyramiding	no deformation	0,24	0,59	1,12	1,02	0,66	hermanni	4	captive
1216	French	male	2,0	372	13,0	130	10,3	6,5	27,1	31,4	no pyramiding	no deformation	0,17	0,43	0,81	0,96	0,44	hermanni	3	captive
1217	French	male	3,0	305	11,5	115	8,8	5,8	23,6	28,8	no pyramiding	no deformation	0,20	0,52	1,00	0,98	0,45	hermanni	2	captive
1218	French	female	4,0	1027	16,3	163	12,8	8,9	35,0	41,9	no pyramiding	no deformation	0,24	0,55	1,05	1,02	0,70	hermanni	5	captive
1219	French	female	3,0	851	16,2	162	11,7	8,4	32,1	40,7	no pyramiding	no deformation	0,20	0,54	1,03	1,00	0,65	hermanni	4	captive
1220	French	male	3,0	543	13,6	136	10,9	7,4	29,4	35,0	no pyramiding	no deformation	0,22	0,50	0,95	1,00	0,53	hermanni	4	captive
1221	French	female	3,0	795	15,5	155	11,6	8,2	31,6	39,0	no pyramiding	no deformation	0,21	0,54	1,04	1,01	0,65	hermanni	3	captive
1222	French	female	4,0	1283	18,9	189	13,8	10,0	38,2	47,0	no pyramiding	no deformation	0,19	0,49	0,94	1,00	0,71	hermanni	5	captive
1223	French	female	4,0	1335	18,3	183	13,4	8,8	36,7	45,7	no pyramiding	no deformation	0,22	0,61	1,17	1,01	0,80	hermanni	5	captive
1224	French	female	4,0	1072	16,6	166	12,9	9,2	35,4	42,0	no pyramiding	no deformation	0,23	0,54	1,04	1,02	0,72	hermanni	4	captive
1225	French	female	4,0	1139	17,2	172	12,9	8,5	34,6	43,1	no pyramiding	no deformation	0,23	0,60	1,15	1,02	0,76	hermanni	4	captive
1226	French	female	3,0	897	15,9	159	12,2	8,1	32,8	40,0	no pyramiding	no deformation	0,22	0,57	1,09	1,01	0,68	hermanni	4	captive
1227	French	female	4,0	956	16,4	164	12,2	8,1	33,4	40,7	no pyramiding	no deformation	0,22	0,59	1,12	1,01	0,70	hermanni	4	captive
1228	French	female	4,0	967	16,9	169	12,0	8,0	33,1	41,9	no pyramiding	no deformation	0,20	0,60	1,14	1,00	0,70	hermanni	4	captive
1229	French	female	4,0	1019	17,3	173	12,1	8,1	33,5	42,1	no pyramiding	no deformation	0,20	0,60	1,15	1,00	0,72	hermanni	4	captive
1230	French	female	3,0	739	15,2	152	11,7	8,3	32,1	39,1	no pyramiding	no deformation	0,21	0,51	0,97	1,00	0,59	hermanni	4	captive
1231	French	female	3,0	682	15,2	152	11,8	7,3	29,9	37,4	no pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,00	0,99	0,61	hermanni	4	captive
1232	French	female	4,0	1082	17,0	170	12,8	8,4	35,2	42,4	no pyramiding	no deformation	0,22	0,60	1,14	1,01	0,72	hermanni	4	captive
1233	French	female	4,0	954	16,9	169	12,0	8,0	33,0	41,4	no pyramiding	no deformation	0,20	0,59	1,13	1,00	0,70	hermanni	4	captive
1234	French	female	3,0	802	16,5	165	12,5	8,2	33,4	40,7	no pyramiding	no deformation	0,18	0,48	0,91	0,98	0,59	hermanni	4	wild
1235	French	male	2,0	486	13,5	135	10,4	7,0	28,5	34,0	no pyramiding	no deformation	0,20	0,50	0,95	0,99	0,50	hermanni	4	wild
1236	French	male	3,0	248	10,4	104	8,3	5,8	22,5	26,5	no pyramiding	no deformation	0,22	0,50	0,95	1,01	0,49	hermanni	1	wild
1239	French	female	3,0	391	12,2	122	9,5	6,4	26,0	31,0	no pyramiding	no deformation	0,22	0,53	1,01	1,00	0,49	hermanni	1	wild
1240	French	male	3,0	492	14,0	140	10,3	6,6	27,2	34,4	pyramiding	no deformation	0,18	0,52	0,99	0,99	0,53	hermanni	1	wild
1242	French	male	3,0	305	11,2	112	8,8	6,0	24,1	28,6	no pyramiding	no deformation	0,22	0,52	0,99	1,01	0,44	hermanni	1	wild
1243	French	female	3,0	290	10,7	107	8,8	5,9	27,0	23,5	no pyramiding	no deformation	0,24	0,52	1,00	1,01	0,46	hermanni	1	wild
1247	French	male	3,0	276	10,9	109	8,8	5,9	23,9	27,7	no pyramiding	no deformation	0,21	0,49	0,93	1,01	0,42	hermanni	1	wild
1248	French	male	3,0	232	10,1	101	8,1	5,5	21,7	25,7	no pyramiding	no deformation	0,23	0,52	0,98	1,01	0,42	hermanni	1	wild
1261	French	male	3,0	202	10,0	100	7,5	5,1	20,5	25,0	pyramiding	no deformation	0,20	0,53	1,01	0,99	0,39	hermanni	1	captive
1268	French	male	3,0	207	10,1	101	7,8	5,3	21,0	25,5	no pyramiding	no deformation	0,20	0,50	0,95	0,99	0,39	hermanni	1	captive
1281	German	male	3,0	346	10,9	109	8,3	6,0	23,5	28,4	pyramiding	deformation	0,27	0,64	1,22	1,03	0,52	boettgeri	1	captive
1284	German	male	3,0	701	17,7	177	11,5	8,8	32,2	41,5	no pyramiding	no deformation	0,13	0,39	0,75	0,94	0,52	boettgeri	3	captive

ID	Origin	sex	BCS	weight [g]	S_length [cm]	S_length_B [mm]	S_width [cm]	S_height [cm]	R_width [cm]	R_length [cm]	pyramiding	deformation	Jackson Ratio	Volume Nagy [g/cm ³]	Volume Loehr [g/cm ³]	BCI	R_pro duct	Species	age group	husbandry
1285	German		2,0	967	16,8	168	12,6	7,3	34,1	41,5	pyramiding	deformation	0,20	0,63	1,20	1,00	0,68	boettgeri	1	captive
1286	German		4,0	1482	18,2	182	14,1	9,4	37,3	45,5	no pyramiding	no deformation	0,25	0,61	1,17	1,03	0,87	boettgeri	2	captive
1287	German		2,5	958	17,3	173	12,9	8,3	36,0	42,6	no pyramiding	no deformation	0,19	0,52	0,99	0,99	0,62	boettgeri	1	captive
1289	German		2,5	1248	17,3	173	14,3	9,5	38,3	44,2	no pyramiding	no deformation	0,24	0,53	1,01	1,03	0,74	boettgeri	2	captive
1290	German		3,5	866	16,9	169	12,7	8,9	34,0	41,7	no pyramiding	no deformation	0,18	0,45	0,87	0,98	0,61	boettgeri	2	captive
1291	German		3,0	1028	16,1	161	12,6	9,5	34,5	43,2	pyramiding	no deformation	0,25	0,53	1,02	1,03	0,69	boettgeri	3	captive
1292	German		3,5	1127	17,3	173	13,7	9,3	37,0	44,5	no pyramiding	no deformation	0,22	0,51	0,98	12,75	0,68	boettgeri	3	captive
1293	German		3,0	1395	17,7	177	14,1	10,1	39,8	47,8	no pyramiding	no deformation	0,25	0,55	1,06	1,03	0,73	boettgeri	3	captive
1294	German		2,5	1593	19,3	193	14,9	9,8	41,0	50,7	no pyramiding	no deformation	0,22	0,57	1,08	1,02	0,77	boettgeri	3	captive
1295	German		3,0	439	13,0	130	9,7	6,4	26,2	31,5	no pyramiding	no deformation	0,20	0,54	1,04	0,99	0,53	boettgeri	0	captive
1296	German		2,0	1304	18,3	183	13,5	9,0	36,4	47,3	no pyramiding	no deformation	0,21	0,59	1,12	10,12	0,76	boettgeri	2	captive
1297	German		3,5	314	12,7	127	11,2	7,4	32,0	36,5	no pyramiding	no deformation	0,15	0,30	0,57	0,94	0,27	boettgeri	3	captive
1298	German		3,0	921	15,1	151	11,0	6,1	33,9	40,0	no pyramiding	no deformation	0,27	0,91	1,74	1,04	0,68	boettgeri	3	captive
1299	German		3,0	2008	25,0	250	16,5	9,5	43,5	57,5	no pyramiding	no deformation	0,13	0,51	0,98	0,96	0,80	boettgeri	4	captive
1300	German		3,0	458	13,1	131	10,5	6,6	27,6	36,5	no pyramiding	no deformation	0,20	0,50	0,96	0,99	0,45	boettgeri	2	captive
1301	German		3,5	1418	21,0	210	13,7	8,1	38,0	45,3	pyramiding	deformation	0,15	0,61	1,16	0,97	0,82	boettgeri	3	captive
1302	German		3,0	1277	22,0	220	12,0	8,3	36,0	51,0	pyramiding	deformation	0,12	0,58	1,11	0,94	0,70	boettgeri	1	captive
1303	German		3,0	1733	26,0	260	14,5	14,0	39,5	60,0	no pyramiding	no deformation	0,10	0,33	0,63	0,93	0,73	boettgeri	5	captive
1304	German		3,0	457	13,4	134	10,0	5,0	28,0	33,0	no pyramiding	no deformation	0,19	0,68	1,30	0,98	0,49	boettgeri	0	captive
1305	German		3,0	205	10,0	100	8,0	5,0	22,7	27,0	no pyramiding	no deformation	0,21	0,51	0,98	0,98	0,33	boettgeri	0	captive
1306	German		3,0	341	11,5	115	9,1	7,3	26,7	31,5	pyramiding	deformation	0,22	0,45	0,85	1,00	0,41	boettgeri	0	captive
1307	German		3,5	699	14,9	149	11,9	8,1	33,8	41,0	no pyramiding	no deformation	0,21	0,49	0,93	1,00	0,50	boettgeri	1	captive
1308	German		3,0	1417	20,0	200	15,2	10,4	39,4	47,2	no pyramiding	no deformation	0,18	0,45	0,86	0,99	0,76	boettgeri	5	captive

IX. DANKSAGUNG

Die Reptilienmedizin steckt noch in den Kinderschuhen. Es war mir darum ein besonderes Anliegen, die Versorgung dieser Tiere einen Schritt weiter zu bringen. Alleine ist so ein Vorhaben unmöglich. Für die Verwirklichung möchte ich mich als erstes bei meiner Doktormutter Priv.-Doz. Dr. Petra Kölle bedanken. Mit ihren Rekord-Korrekturen und ihrem unerschöpflichen Vorrat an Wissen und Engagement gelang es ihr, jeden Stein auf dem Weg in eine Brücke zu verwandeln.

Ich bedanke mich außerdem bei allen Schildkrötenbesitzern für ihre Bereitschaft, uns ihre wertvollen Tiere für die Arbeit anzuvertrauen. Ebenso danke ich der AG ARK der DGHT für die Unterstützung durch den Ingo und Waltraud Pauler Fonds.

Meinen Kollegen, Freunden und Verwandten danke ich für die unzähligen Korrekturen und Ermutigungen. Insbesondere danke ich meinen besten Freundinnen Julia für unsere wöchentlichen Schreibsessions und Katja für die Telefonate und Beantwortung meiner tausend Fragen.

Meiner wundervollen Schwester hoffe ich mit diesem Abschluss den Mut für ihre eigenen Werke zu geben. Du wirst immer mein Vorbild bleiben. Am Ende zählt nur, nicht aufzugeben.

Ich danke meinen Großeltern, meinen größten Cheerleadern, für die ich meine Doktorarbeit überhaupt begonnen habe, und für die es viel bedeutet hätte, diesen Tag mit mir zu feiern. Ihr werdet immer bei mir sein.

Meiner Oma danke ich ganz besonders für ihre unerschütterliche positive Lebensart, mit der sie überall einen Sonnenstrahl findet. Ich freue mich noch auf unzählige gemeinsame Sonntagsspaziergänge!

Meinen Eltern kann ich nicht genug danken. Ihr habt es mir ermöglicht, meinen Beruf als Tierärztin zu verwirklichen und Jahre in den Tiefen einer Doktorarbeit zu verschwinden. Ihr habt mich immer bedingungslos unterstützt und ermutigt, egal wohin mein Weg führte. Danke!

Zu guter Letzt danke ich meinem Freund Ben, für die Ermutigungen, die Geduld, den Rückhalt. Du hast mir so viel mehr gegeben als deine Zeit.