

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

**Zur tiergerechten Haltung von Königspythons (*Python regius*)–
Beurteilung unterschiedlicher Haltungssysteme unter den Aspekten
des Tierverhaltens und der Stressbelastung**

von Tina Hollandt

aus Altersbach

München 2022

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und
Tierhaltung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Prof. Dr. Dr. Michael Erhard

Mitbetreuung durch Frau Dr. Anna-Caroline Wöhr

Angefertigt in der Auffangstation für Reptilien München e.V.

Mentor Herr Dr. Markus Baur

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.
Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Dr. Michael H. Erhard
Korreferent : Prof. Dr. Monika Rinder

Tag der Promotion: 12. Februar 2022

Die Größe und den moralischen Fortschritt einer Nation kann man daran messen,
wie sie ihre Tiere behandeln.

-Mahadma Gandhi-

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS.....	IV
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
I. EINLEITUNG	1
II. ERWEITERTE LITERATURÜBERSICHT	2
1. Biologie des Königspython (Python regius)	2
2. Import und Export des Königspythons.....	5
3. Der Königspython als Terrarientier	7
3.1 Rackhaltung.....	7
3.2 Terrarienhaltung	9
4. Stress und Corticosteron.....	11
4.1 Corticosteronmessung	13
4.2 Blutentnahme beim Königspython	13
III. TIERE, MATERIAL UND METHODEN	14
1. Tiere	14
1.1 Körpergewicht, Länge und Farbe	14
1.2 Fütterung	16
1.3 Gesundheitszustand.....	17
2. Haltungsformen	17
2.1 Rackhaltung.....	17
2.2 Terrarienhaltung	18
3. Untersuchungsrahmen	19
4. Probengewinnung und Probenverarbeitung	20
5. Probenanalyse.....	20
6. Verhaltensbeobachtung	21
6.1 Lokomotion	23
6.2 Erkundungsverhalten im Bezug auf die Kamera	24
6.3 Komfortverhalten.....	25
6.4 Abwehrverhalten	26
6.5 Nahrungsverhalten	26
6.6 Sonstige Verhaltensweisen	27
7. Statistik	29
8. Ethisches Statement	29
IV. PUBLIZIERTE STUDIENERGEBNISSE.....	30
1. Veröffentlichung	30

V. ERWEITERTE ERGEBNISSE	51
1. Corticosteronmessung im Kot	51
2. Corticosteronbestimmung im Blut.....	51
3. Verhaltensbeobachtung	54
VI. ERWEITERTE DISKUSSION	56
1. Stressbeurteilung	56
2. Die Haltung	58
3. Der Handel	58
VII. ZUSAMMENFASSUNG.....	60
VIII. SUMMARY	63
IX. ERWEITERTES LITERATURVERZEICHNIS.....	65
X. VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN.....	72
Abbildungen	72
Tabellen	73
XI. ANHANG	74
1. Hygieneprotokoll der Auffangstation für Reptilien	74
2. Beispiel der Tierüberwachung	77
XII. DANKSAGUNG.....	79

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Bezeichnung
AG ARK	Arbeitsgemeinschaft Amphibien- und Reptilienkrankheiten
AK 8	Arbeitskreis 8
Art.	Artikel
BArtSchV	Bundesartenschutzverordnung
BNA	Bundesverband für fachgerechten Natur-,Tier- und Artenschutz e.V.
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
DGHT	Deutsche Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde
DVG	Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft
EG	Europäische Gemeinschaft
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Assay
EU	Europäische Union
F1	Filialgeneration 1
GG	Grundgesetz
IVH	Industrieverband Heimtierbedarf
K	Kelvin
LED	light-emitting diode
Mio	Millionen
OSB	Oriented strand board
RIA	Radioimmunassay
rpm	Rounds per minute
TMB	Tetramethylbenzidin
TRAP1	Tumor necrosis factor receptor-associated protein 1

TVT	Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V.
USA	United States of America
UV	Ultraviolett
W	Watt
ZZF	Zentralverband Zoologischer Fachbetriebe
ZWE-DVG	Deutschen Gesellschaft für Zootier-, Wildtier- und Exotenmedizin

I. EINLEITUNG

Die Haltung von Haustieren erfreut sich in Deutschland, laut repräsentativer Studien stetiger Beliebtheit. In der Veröffentlichung von Umsatzdaten 2020 des Zentralverbands zoologischer Fachbetriebe (ZZF) und dem Industrieverband Heimtierbedarf (IVH) leben in 47 % aller deutschen Haushalte Haustiere, 2 % halten Terrarientiere. Als einer der bekanntesten Vertreter wird der Königspython (*Python regius*) gehalten. Diese Spezies findet man schon mehrere Jahrzehnte in der Terraristik. Eine genaue Anzahl, wie viele dieser Tiere in deutschen Haushalten leben ist nicht festzustellen, da diese Schlangen trotz Schutzstatus von der Meldepflicht ausgenommen sind. In der EXOPET Studie konnten 292 Halter mit insgesamt 1011 Königspythons ermittelt werden (2021 CRAMER, persönliche Mitteilung).

Durch ihre recht einfach umzusetzenden Haltungsansprüche gilt diese Schlangenart als Anfängerschlange. Eine züchterische Veränderung von Farbe, Zeichnung oder gar Beschuppung steigert den Wert und die Attraktivität dieser Tiere teilweise enorm. Da Königspythons auch in den USA als beliebte Haustiere gehalten und vermehrt werden, kommt es vor allem durch soziale Medien und deren weltweite Vernetzung zur Verbreitung von verschiedenen Trends. So hat sich auch in Deutschland die Rackhaltung seit mehreren Jahren etabliert und ist vor allem bei Züchtern sehr beliebt. Obwohl von verschiedenen Institutionen Positionspapiere zu dieser Haltungsart veröffentlicht wurden, gibt es keine wissenschaftlichen Studien zur Rackhaltung. Da in Deutschland der Tierschutz als Staatsziel (Art 20a GG) festgelegt ist und wie im Deutschen Tierschutzgesetz § 2 und §2a beschrieben, müssen auch Tiere, die nur eine kleine Lobby besitzen, hinsichtlich der Gesetzgebung tiergerecht untergebracht und gepflegt werden.

Der bisherige Leitfaden, die Mindestanforderung an die Haltung von Reptilien (BMEL 1997), ist eine gesetzliche Grundlage für die Reptilienhaltung. Hier werden unter der Gattung Python mehrere Arten mit verschiedenen Herkunftsgebieten und Ansprüchen zusammengefasst. Die Richtlinien sind eine Zusammenfassung von Terrariengröße, Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsanforderung in Verbindung mit einigen wenigen Zusatzaufgaben, wie Badebeckengröße und Klettermöglichkeiten, welche aber auch nur für einzelne Arten gefordert werden. Es gibt vor allem für die „Standardarten“, wie zum Beispiel die Griechische Landschildkröte (*Testudo hermanni*) oder auch den Königspython (*Python regius*) Haltungsempfehlungen der Tierärztlichen Vereinigung für Tierschutz e.V. (TVT) oder ähnlichen Vereinigungen, welche aber nicht bindend sind. Aufgrund des Mangels an wissenschaftlichen Arbeiten zu dieser Tiergruppe gestaltet sich die Rechtssprechung schwierig.

Die Arbeit veranschaulicht das Verhaltensrepertoire und die Bedürfnisse dieser Spezies in Verbindung mit der Corticosteronwertmessung. Die Fragestellung hinsichtlich des Stresses in den verschiedenen Haltungssystemen (Rack und Terrarium) wird evaluiert. Diese so gewonnenen Erkenntnisse können als Grundstein eines sinnvolleren Haltungsanforderungskatalogs und einer besseren Haltungssystembewertung dienen.

II. ERWEITERTE LITERATURÜBERSICHT

1. BIOLOGIE DES KÖNIGSPYTHON (PYTHON REGIUS)

Erstmals beschrieben wurde der Königspython von George Shaw 1802. Er benannte die Art als „Boa regia“ in seinem Werk „General Zoology or Systematic natural history“. Einige Jahre später, 1844, erhielt der Königspython seinen noch heute gültigen Namen „Python regius“ von Dumeril & Bibron. Diese Namenswahl reicht tief in die Historie. In der griechischen Mythologie bewachte Python das Orakel von Delphie. In Anlehnung an die ägyptische Königin Kleopatra (regius = königlich), welche angeblich eine Schlange als Handschmuck trug, vervollständigte sich der Name (GUTSCHE 2013). Der Königspython (*Python regius*) gehört zur Familie der Pythonidae und wird der Gattung der Pythons zugeordnet. Diese Schlange ist mit ihren maximal 1,80 m (KÖLLE 2004) der zweitkleinste Vertreter dieser 7 Arten umfassenden Gattung. Im Mittel sind adulte Tiere 90-130 cm lang, selten werden die beschriebenen 180 cm erreicht.

Die Schlangen besitzen einen kurzen gedrungenen Körper mit einem abgerundeten, deutlich abgesetzten Kopf (s. Abb. 1). Der Schwanz ist kurz, links und rechts von der Kloake befinden sich Aftersporen, Rudimente der Beckengliedmaßen. Diese sind bei den Männchen meist deutlicher ausgeprägt als bei den Weibchen. Die knöchernen Anteile können röntgenologisch dargestellt werden. Die Rücken- und Flankenschuppen sind klein und abgerundet. Die Ventralschuppen bedecken die physiologische Auflagefläche der Tiere, die Ventralschilde am Schwanz sind geteilt. Die Grundfarbe ist bei dem in der Natur vorkommenden Phänotypen hell- bis dunkelbraun, manchmal fast schwarz. Die Flanken und der Bereich über der Wirbelsäule sind heller, teilweise beige bis goldgelb. Die Sattelflecken sind dunkelbraun bis schwarz, rund, oval oder lanzuzogen und teilweise verschmolzen. An den Flanken besitzen die hellen Flecken in einzelnen Fällen schwarze Punkte, welche nur einige Schuppen umfassen. Der Kopf hat eine typische Zeichnung. Ein helles Band verläuft von der Schnauzenoberseite über die Augen bis hinter die Maulspalte und verbindet sich mit der Flankenzeichnung. Der Bauch ist weiß oder hellcremefarben, selten besitzt er eine dunkle Musterung. Die Farbbeschreibung kann erheblich abweichen, wenn es sich um eine Farbform (einen sogenannten Morph) handelt (MATTISON 1999, KÖLLE 2004).



Abbildung 1: Königspython (*Python regius*), wildfarben (eigene Aufnahme, 2018)

Das Verbreitungsgebiet des Königspythons liegt in West - und Zentralafrika (Nigeria, Uganda, Liberia, Sierra Leone, Guinea, Benin, Ghana, Togo). Er bewohnt vorwiegend Trockensavannen mit Temperaturextremen von 16 – 43° C. Die Luftfeuchtigkeit im Verbreitungsgebiet beträgt zwischen 60 - 95 %. Eine große jahreszeitliche Schwankung entsteht durch Trockenzeit (Dezember - März) und Regenzeit (April - November). Tagsüber versteckt sich der Python häufig in Nagerbauten oder verlassenen Termitenhügeln. Diese Versteckmöglichkeiten bieten der Schlange relativ konstante Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse. In der Dämmerung kommt er aus seinem Unterschlupf hervor um Nahrung zu suchen oder andere Bedürfnisse zu decken. Der Königspython wird allerdings auch am Tag beim Sonnen beobachtet (CANSDALE 1961). Als Kulturfolger findet man ihn häufig in der Nähe von Siedlungen und Feldern, wo er sich von Schadnagern ernährt (McCURLEY 2011, KÖLLE 2004). Zum Beutespektrum des Königspythons zählen verschiedene kleine Säugetiere aber auch Vögel. Im Verbreitungsgebiet sind es vor allem Tiere aus der Familie der echten Mäuse (*Muridae*), wie zum Beispiel die Hausmaus (*Mus musculus*), die Hausratte (*Rattus rattus*), die Afrikanische Weichratte (*Praomys tullbergi*) oder die echte Streifengrasmaus (*Lemniscomys striatus*). Bei den Vögeln werden vor allem Arten aus der Familie der Tauben (*Columbidae*) und Webervögel (*Ploceidae*), aber auch Papageien (*Psittacidae*) erbeutet (LUISELLI & ANGELICI 1998). Seine warmblütige Beute spürt der Python unter anderem mit Hilfe seiner Grubenorgane auf. Diese, auch als Labialgruben bezeichneten Vertiefungen befinden sich an der Oberlippe von der Schnauzenspitze bis unter das Auge, an der Unterlippe liegen sie hinter dem Auge bis zum Ende der Maulspalte (s. Abb. 2). Am Boden jeder Grube befinden sich unter anderem TRAP1 – Rezeptoren (GRACHEVA 2010) und ähnliche Infrarotrezeptoren, welche eine Temperaturänderung von bis zu 0,026 K wahrnehmen können.



Abbildung 2: Portrait eines Königspythons mit Grubenorganen, Farbform (eigene Aufnahme, 2019)

Auch das Auge spielt bei der Orientierung und Erbeutung von Futtermitteln eine große Rolle. Die Retina des Königspythons besteht zu 90 % aus Stäbchen. Diese sind mit 457.000 Stäbchen/mm⁻² dicht gepackt und entsprechen denen eines nachtaktiven Tieres. Zum Vergleich besitzt das Nordamerikanische Opossum (*Didelphis virginiana*) 310.000-485.000 Stäbchen/mm⁻² (KOLB, WANG 1985) oder die Katze (*Felis domesticus*) 275.000-460.000 Stäbchen/mm⁻² (STEINBERG et al 1973). Selbst in Abwesenheit einer spezialisierten Region mit hoher Zapfendichte spiegelt das gefundene Stäbchen - Zapfen-Verhältnis von etwa 10:1 eine Zapfendichte von etwa 45.000 Zellen/mm⁻² wieder. Dies lässt darauf schließen, dass das photopische Sehen des Königspythons besser ist als das der Katze (27.000 Zellen/mm⁻²). Diese Erkenntnisse untermauern, dass der Königspython auch optische Reize für die Orientierung benutzt. Ein diurnales Aktivitätsmuster wird somit untermauert.

Aufgrund seiner Körperform ist der Königspython eher als bodenbewohnende Schlange anzusehen, allerdings wird er trotzdem in geringer Höhe auf Bäumen, in Sträuchern mit entsprechender Tragfähigkeit oder auf hohen Termitenhügeln angetroffen. Vor allem Jungtiere verfügen über ein gutes Klettervermögen. Wie alle Schlangen ist auch der Königspython in der Lage zu schwimmen, allerdings ist seine Lebensweise nicht an Gewässer gebunden. Bademöglichkeiten werden in Gefangenschaft vor allem in der Häutungsphase oder bei Acariose genutzt (KÖLLE 2004, SCHMIDT 1994). Königspythons sind außerhalb der Paarungszeit Einzelgänger. Die Geschlechtsreife hängt nicht ausschließlich vom Alter, sondern von der Größe und dem Gewicht des Tieres ab. Die Tragzeit des oviparen Pythons ist sehr variabel. Zwei Wochen nach dem Eisprung kommt es zu einer Häutung. Danach dauert es ca. 4 - 5 Wochen bis das Weibchen die Eier

II. Erweiterte Literaturübersicht

ablegt. Weibliche Königspythons können das Sperma je nach Konstitution und Umweltbedingungen mehrere Wochen speichern. Mit der Dauer der Speicherung sinkt die Schlupfrate von lebensfähigen Jungtieren. Die Gelegegröße ist abhängig von Größe und Verfassung des Muttertieres. Es werden zwischen 2 und 15 Eier gelegt (McCURLEY 2011). Das Weibchen schlingt sich nach der Legetätigkeit um die Eier, sodass diese kaum noch zu sehen sind. Dadurch entsteht ein optimales Mikroklima zur Entwicklung der Neonaten (SEVER & ALDRIDGE 2011, AUBERT et al 2006, ELLIS 1986). Nach durchschnittlich 60 Tagen schlüpfen die Jungtiere. Dabei wird die Eischale mit einem speziellen Eizahn an der Schnauzenspitze eröffnet. Die Jungtiere sind zwischen 40 – 50 cm groß und im Durchschnitt 40 - 50 g schwer. Die Lebenserwartung beträgt in der Natur im Mittel 20 Jahre. In Gefangenschaft werden die Tiere mit 35 – 40 Jahren deutlich älter (McCURLEY 2011).

2. IMPORT UND EXPORT DES KÖNIGSPYTHONS

Der Königspython ist seit über 30 Jahren ein beliebtes Terrarientier. Er wird in Europa und Amerika häufig nachgezüchtet, aber auch aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet importiert und verkauft. Der Königspython unterliegt dem Washingtoner Artenschutzübereinkommen, Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora- CITES (Übereinkommen über den internationalen Handel mit gefährdeten Arten freilebender Tiere und Pflanzen). Er wird im Anhang II gelistet. Dies bedeutet, dass der kommerzielle Handel mit den gelisteten Arten nur nach einer Unbedenklichkeitsprüfung des Ausfuhrlandes möglich ist. Bei der Prüfung wird untersucht, ob der Handel eine Gefährdung für den Bestand der Art ist. Die Behörden führen Kontrollen durch und legen Maßnahmen fest um eine nachhaltige Nutzung möglich zu machen.

Bei Anhang II gelisteten Arten ist für den Export eine Ausfuhrgenehmigung nötig. In Deutschland wird dies durch die Verordnung (EG) Nr. 338/97 festgelegt. Diese Verordnung gilt EU - weit und regelt den Schutz von Exemplaren wildlebender Tier - und Pflanzenarten durch Überwachung des internationalen Handels. Hierbei stimmt der Schutzstatus der gelisteten Arten weitestgehend mit denen der CITES Listung überein. Der Königspython wird als Anhang B (Verordnung (EU) 2019/2117) gelistet. In Deutschland ist er allerdings aufgrund der Verordnung zum Schutz wildlebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung BArtSchV) Anlage 5 (zu § 7 Abs. 2) von der Anzeigepflicht (§ 7 Abs. 2) ausgenommen. Dies macht eine genaue Angabe über die Anzahl der gehaltenen Königspythons unmöglich. Studien zu diesem Thema (EXOPET-Studie) zeigen, dass die Aussage über die Anzahl der gehaltenen Tiere stark variiert. So bietet die Angabe der ZZF Studie „Heimtiermarkt in Deutschland 2020“ zwar einen Aufschluss über die Prozentzahl der Terrarienbesitzer (2 % aller deutschen Haushalte), aber Tierart und -anzahl wird nicht erhoben.

In Großbritannien zählten Studien 0,8 Mio. Reptilien, die als Haustiere gehalten wurden (GREEN et al 2020), in den USA waren es 9,4 Mio. Hierbei handelt es sich, wie bei der EXOPET Studie, nur um Umfrageergebnisse. Es muss von einer weitaus höheren Dunkelziffer ausgegangen werden. Die Im - und Exporte der CITES Datenbank können zumindest eine Anzahl der Ländergrenzen überschreitenden Handelsbewegungen abbilden. Laut der Datenbank ist der Königspython eines der am häufigsten lebend

II. Erweiterte Literaturübersicht

importierten Wildtiere aus Afrika. Aus den 3 Hauptexportländern Togo, Ghana und Benin wurden im Jahr 2018 laut CITES 83.189 Tiere exportiert. Schlangen aus Togo (58.987 exportierte Tiere 2018) stammten zu 93,8 % aus sogenanntem "Ranching". Dort werden trüchtige Weibchen oder Schlüpflinge in der Natur eingesammelt und auf eine Farm gebracht. Theoretisch werden die Weibchen nach der Eiablage wieder in die freie Wildbahn entlassen. Die Eier werden ausgebrütet und die Schlüpflinge exportiert. In Ghana (20.952 exportierte Tiere 2018) stammen 64,3 % aus "Ranching", 7,6 % sind als "in Gefangenschaft gezüchtete Tiere" deklariert, 28 % sind Wildfänge. Königspythons aus Benin (3.250 exportierte Tiere 2018) stammten zu 76 % aus "Ranching", nur 2,5 % der Tiere kamen aus der freien Wildbahn. Dort wurden in der CITES-Listung allerdings 700 Tiere (21,5 % der Exporttiere) beschlagnahmt, der Herkunftsstatus der Tiere wurde nicht vermerkt (Quellen: CITES 2021, abgerufen am 20.07.2021).

Nach Deutschland kamen seit 2015 keine Wildfänge mehr (letzter Import von Wildfängen war 2014 aus Togo mit 90 Tieren). Im Jahr 2019 wurden 241 Tiere aus Togo importiert, weitere 370 kamen aus den USA. Bei den Tieren aus Togo handelte es sich um 200 Tiere aus Ranching und 41 Tiere, welche in Gefangenschaft geboren wurden. Ein Jahr später kamen 1479 Tiere aus Togo die ebenfalls als „in Gefangenschaft geboren, F1 Generation“ deklariert wurden. Lediglich 1 Tier kam aus den USA (CITES 2021). Da der Königspython durch verschiedene Zuchtziele (abweichende Farbe, Musterung, Schuppenlosigkeit) in seinem Erscheinungsbild sehr variabel geworden ist, ist er immer noch eine der am häufigsten gehaltenen Schlangen. Eine Internationale Website zur Registrierung von Farbmorphen hat 7621 (Stand 06.09.2021) verschiedene Farbschläge und Musterungen aufgelistet. Viele der Farbmorphe sind deutlich hochpreisiger als die natürlich gefärbten Exemplare. Da die Farbe oder Musterung das einzige Kriterium der Zucht ist, muss durch den beschränkten Genpool von einer Häufung an erblich bedingten Krankheiten ausgegangen werden. So wurde zum Beispiel das Spider Gen für das Wobbler-Verhalten verantwortlich gemacht, da es bei diesen Tieren zu einer Veränderung des Innenohrs/Gleichgewichtsorgans gekommen ist (SCHRENK 2019). Die Tiere mit diesem Gen zeigen eine typische Zeichnung (s. Abb. 3), die Färbung kann aber variieren.



Abbildung 3: Königspython Jungtier, Farbform Spider (eigene Aufnahme, 2018)

3. DER KÖNIGSPYTHON ALS TERRARIENTIER

Der Königspython gilt als anspruchsloser Pflegling, das Temperatur - und Luftfeuchtigkeitsoptimum ist relativ breit gesteckt. Laut Gutachten zur Mindestanforderung an die Haltung von Reptilien (BMEL 1997) ist eine Größe von 1,0 m (Länge) x 0,5 m (Breite) x 0,75 m (Höhe) für zwei Tiere ausreichend. Die Lufttemperatur sollte zwischen 26 - 32 °C liegen, örtlich sollte eine Temperaturzone von mindestens 34 - 38 °C angeboten werden. Die Nachtabsenkung sollte 5 °C betragen. Die Luftfeuchtigkeit sollte zwischen 70 - 90 % liegen. Außerdem wird im Gutachten ein Vorhandensein von starken Kletterästen und einem Badebecken (dieses muss ein Drittel der Bodenfläche bedecken) gefordert. Bei den Haltungsanforderungen muss erwähnt werden, dass der Königspython mit anderen Pythons, wie dem Netzpython (*Malayopython reticulatus*), dem Felsenpython (*Python sebae*) und dem Tigerpython (*Python molurus*) zusammengefasst wurde, obwohl die Ansprüche der verschiedenen Arten teilweise stark voneinander abweichen.

Die Nachzucht des Königspythons ist unkompliziert, die Aufzucht der Jungtiere ebenso. Da das Beutespektrum vor allem Nager umfasst, führt das Anbieten von nestjungen Mäusen häufig zum Fütterungserfolg. Wildfänge werden häufig als komplizierter in der Fütterung beschrieben. Teilweise prägen sich Pythons, auch Nachzuchten, auf eine bestimmte Art von Beutetier (z.B. Gerbils) oder Darreichungsform (z.B. Lebendfütterung) und sind trotz mehrmaligem Anbieten anderer Beute nicht zum Fressen anzuregen (TRUTNAU 1988, SCHMIDT 1994).

3.1 RACKHALTUNG

Die Rackhaltung in größerem Stil hat sich in Amerika um 1992 entwickelt (FREEDOMBREEDERS und BROGHAMMER 2014). Genauere Daten konnten in keiner

II. Erweiterte Literaturübersicht

wissenschaftlichen Datenbank oder Büchern gefunden werden. Als Rack bezeichnet man ein Regalsystem mit einzelnen kistenartigen Behältnissen. Bei einigen Bauweisen sind alle Schubladen einzeln verschlossen, bei anderen Systemen sind die Boxen oben offen und das Regalsystem dient beim Einschieben der Box als Verschluss. Alle Boxen sind mit Luftlöchern ausgestattet. In der Regel gibt es beim Racksystem keine Lichtelemente, lediglich das Raumlicht dient zur Beleuchtung. Seit einigen Jahren werden auch opake Schubladen verwendet. Heizelemente werden pro Schubladenebene verbaut. Am häufigsten werden Heizmatten oder Heizkabel zur Erwärmung der einzelnen Schubladen benutzt. Die Heizelemente sollten in der Regel mit einem Thermofühler und Regler ausgestattet sein, welcher eine Überhitzung oder zu starkes Abkühlen verhindert. Racks gibt es in verschiedenen Größen. Das Hauptaugenmerk liegt auf der geringen Höhe der Schubladen. Die Kunststoffmischung der Boxen ist je nach Hersteller und Verwender anders. Die Spannweite reicht von Klarglas Boxen bis hin zu blickdichten Schubladen. Bei der Einrichtung gibt es viele Varianten. Der Bodengrund besteht zum Beispiel aus Zeitungspapier. Auch Nagerstreu, Buchenhackschnitzel oder Rindenmulch kommen zum Einsatz. Ein Versteck wird in den meisten Haltungen angeboten. Ein Trink - Badegefäß ist vorhanden. Eine Kombination aus einer unterkriechbaren Trinkschale ist möglich. Einige Rackhaltungen werden mit zusätzlichen Strukturelementen wie Kunstpflanzen oder Ästen ausgestattet. Normalerweise befindet sich ein Tier in jeder Schublade. Zur Paarung werden die Tiere vergesellschaftet.

Eine Rackhaltung hat den Vorteil einer schnellen und kompletten Reinigung. Außerdem kann man eine große Anzahl Schlangen auf geringem Raum unterbringen und in kurzer Zeit versorgen. Da jedes Tier einzeln gehalten wird, ist eine genaue Überwachung dieser einfach möglich. Das Verletzungsrisiko ist aufgrund der kaum vorhandenen Einrichtung gering. Folgende andere Argumente für die Rackhaltung werden von Züchtern (McCURLY 2011) angeführt, sind aber nur durch Beobachtungen dieser etabliert worden:

- die Tiere fressen besser
- weniger Tiere verweigern das Futter als in Terrarienhaltung
- die Tiere wachsen besser
- die Tiere lassen sich besser vermehren
- die Tiere haben weniger Stress, da sie sich durch die geschützte, niedrige Lebensweise sicherer fühlen
- helles Licht ist ein Stressor für nacht- und dämmerungsaktive Schlangen und somit ist keine direkte Beleuchtung ein positiver Aspekt der Rackhaltung
- aggressives Verhalten wird im Rack kaum gezeigt

Argumente die gegen eine Rackhaltung sprechen werden in der Stellungnahme des AK8 (Zoofachhandel und Heimtierhaltung) der TVT, des BNA, der AG ARK, der DGHT, der DVG-Fachgruppe ZWE, der DVG Fachgruppe Zier -, Zoo - und Wildvögel, Reptilien und

II. Erweiterte Literaturübersicht

Amphibien und der Auffangstation für Reptilien München e.V. vom 19.07.2013 zusammengefasst. Hier ist zum einen die eingeschränkte dreidimensionale Fortbewegung aufgelistet, die durch die niedrige Rackhöhe bedingt ist. Zum anderen ist durch das geringe Platzangebot kaum ein Einbringen von Einrichtungsgegenständen möglich, sodass mehrere Unterschlupfmöglichkeiten (trocken, feucht, erhöht) und Klettern ausgeschlossen ist. Je nach Untergrund ist auch das Graben nicht möglich. Ein weiterer Punkt auf dem jedoch in dem Gutachten nicht direkt eingegangen wird, ist die Beleuchtung. In Racksystemen ist maximal eine Beleuchtung mittels Raumlicht umsetzbar, Spotstrahler, zum Beispiel auch mit UV Anteil, können nicht verbaut werden. Bei der Verwendung von opaken Schublade ist das Tier in kompletter Dunkelheit untergebracht. Lediglich beim Öffnen der Schublade kommt es zu Lichteinfall.

3.2 TERRARIENHALTUNG

Im Gegensatz zu der Rackhaltung gibt es die Terrarienhaltung schon deutlich länger. In Deutschland wurde 1964 die Deutsche Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde gegründet. Der Vorgänger „Salamander“ entstand schon im Jahre 1918. Wie der Name schon sagt, befasst sich die DGHT mit der „Terrarienkunde“, welches die Haltung und Nachzucht von diversen Lebewesen in Terrarien beinhaltet. Als Terrarium bezeichnet man eine Anlage oder ein Behälter in dem verschiedene Arten gehalten werden können. Die klimatischen Bedingungen werden dort dem entsprechenden Tier angepasst. Mindestens eine Seite ist einsehbar. Im Gegensatz zum Aquarium dominiert der Land - und Luftanteil. Durch die rasanten technischen Entwicklungen in praktisch jedem Bereich, ist auch die heutige Terraristik sehr fortschrittlich. Tageszeitliche Temperatur -, Licht - und Feuchtigkeitsschwankungen können detailgenau geplant und umgesetzt werden. Durch den gekonnten Umgang mit UV - Lampen und Beregnungsanlagen oder Verneblern wird das Mikroklima im Terrarium nahezu identisch zu dem Verbreitungsgebiet des jeweiligen Tieres.

Für die Terrarienhaltung spricht, dass der Lebensraum bestmöglich nachgebildet wird. Temperaturgefälle, verschiedene Luftfeuchtigkeiten und unterschiedlich starke Beleuchtungen können in diesem Miniaturlebensraum nachempfunden werden. In der guten Terraristik stehen dem Tier verschiedene Elemente zur Ausübung aller Bedürfnisse zur Verfügung. Klettermöglichkeiten, verschiedene Versteckplätze, grabfähiger Boden und Pflanzen werden je nach gehaltener Tierart entsprechend eingebracht. Echte Pflanzen sind neben der Bildung eines natürlichen Mikroklimas ein sich veränderndes Element, welches sich zwar langsam aber stetig ummodelliert und somit eine Bereicherung ist. Eine Beleuchtung je nach Verbreitungsgebiet des Tiers ist installiert. Ebenso verhält es sich mit den Heizmöglichkeiten, die bestenfalls wie in der Natur von oben nach unten Wärme abgeben. Es kann auch mit Heizmatten und Heizkabeln gearbeitet werden. Die Heizelemente werden mittels Temperaturfühler reguliert, für die Lichtelemente wird eine Zeitschaltuhr benutzt. Alle Heiz - und Lichtelemente müssen mit einem entsprechenden Schutz versehen werden um eine Verletzung des Tieres auszuschließen. Das Tier hat Rückzugsmöglichkeiten in denen es ungestört ruhen kann. Eine Trink- und/oder Badeschale ist vorhanden.

II. Erweiterte Literaturübersicht

Als Nachteil können in einem gut strukturierten Terrarium Kot -, Harn - oder Häutungsreste übersehen werden. Teilweise ist die tägliche Kontrolle des Tieres schwierig. Bei fehlerhaftem Management kann es zur Schimmelpilzbildung kommen. Speziell zum Königspython findet man in der einschlägigen Literatur (McCURLEY 2011) einige, wohl auf Beobachtungen zurückzuführende Statements.

- der Königspython fühlt sich in einem Terrarium mit entsprechender Höhe nicht sicher.
- da die Tiere nicht gut klettern können fallen sie oft herunter und verletzen sich schwer
- Bakterien und Pilze wachsen im Terrarium und sind als gesundheitsschädigend anzusehen.
- im Terrarium reagieren die Tiere oft aggressiv
- durch die bessere Wahrnehmung der Umgebung durch z.B. die Frontscheiben fühlt sich der Python bedroht
- Tiere in Terrarienhaltung fressen schlechter, wachsen langsamer und vermehren sich weniger gut
- da der Königspython nachtaktiv ist und in der Natur in Termitenbauten und verlassenen Nagerhöhlen wohnt, löst Licht bei ihm Stress aus

4. STRESS UND CORTICOSTERON

Als Stress wird ein Zustand bezeichnet, bei dem ein Lebewesen einem Stressor ausgesetzt wird, der dessen Homeostasis aus dem Gleichgewicht bringt. Als Reaktion auf den Stressor verändern sich physiologische Werte, aber auch das Verhalten wird bestmöglich dem Störfaktor angepasst (POTTINGER 1997). Eine physiologische Stressantwort beinhaltet die Ausschüttung von Glucocorticoiden, bei Reptilien Corticosteron als Hauptglucocortikoid (HANK & KLOAS 1995). Glucocortikoide werden als Indikator für eine Stressreaktion genutzt (GREENBERG & WINGFIELD 1987, WINGFIELD & RAMENOFKY 1999, CREEL 2001, MOOR & JESSOP 2003, ROMERO 2004). Da eine große Anzahl an Spezies mittels Glucocorticoiden als Indikator für Stress untersucht wurde, ist eine Übertragung der Gegebenheiten auf Reptilien eine logische Schlussfolgerung (CREEL 2001).

Bei der Reaktion auf Stress durch die Umgebung, bei Terrarientieren die Haltungseinrichtung, ist das Verständnis des Unterschieds zwischen akutem und chronischem Stress notwendig. Als akuten Stress bezeichnet man die Zeitspanne in der auf neuraler und physiologischer Ebene Abweichungen des Referenzbereiches auftreten, zum Beispiel ein Anstieg des Corticoliberin. Darüber hinaus ändert sich auch das Verhalten oder die Motivation, wie beispielsweise eine erhöhte Sensitivität für aggressives Verhalten oder das Einstellen des Balzverhaltens. Alle Stressreaktionen des Körpers laufen in mehreren Phasen ab. Einen genauen Zeitpunkt, wann aus akutem Stress chronischer Stress wird, kann nicht eindeutig bestimmt werden. Es ist immer von der Spezies und der Potenz der allostatistischen Last abhängig. Bei Rotkehlantil (*Anolis carolinensis*) wurde durch mehrere Forschungsarbeiten eine Zeitspanne von 60 Minuten etabliert, in dem der Stress als akut angesehen werden kann. Alles darüber hinaus wird als chronischer Stress bezeichnet (MATTER, RONAN, SUMMERS 1998; SUMMERS, LARSON, SUMMERS, RENNER, GREENBERG 1998; SUMMERS et al 2003, 2005a, 2005b).

Zu beachten ist die saisonale Abhängigkeit von Corticosteron (ROMERO 2002). Diese dadurch bedingten Abweichungen sind allerdings, wie die tageszeitliche Abhängigkeit des Corticosteronlevels, viel niedriger angesiedelt als stressbedingte Anstiege (NORRIS & LOPEZ 2011). Wirbeltiere, die eine saisonal begrenzte Paarungszeit haben, besitzen in dieser Zeit eine erhöhte Plasmakonzentration des Stresshormons (ROMERO 2002). Bei den meisten Reptilien gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede. So wurde bei weiblichen Westlichen Diamantklapperschlangen (*Crotalus atrox*) ein höheres Corticosteronlevel während der Fortpflanzungszeit gemessen als bei weiblichen Tieren außerhalb dieser Zeit und männlichen Tieren insgesamt. Die Schlangemännchen zeigten keine jahreszeitlichen Schwankungen des Hormons (TAYLOR 2004). Anders hingegen ist es bei den Rotkehlantil (*Anolis carolinensis*). Diese Tiere zeigten einen signifikanten Anstieg des Hormons nach der Paarungszeit (HUSAK et al. 2007). Bei der Texas-Krötenechse (*Phrynosoma cornutum*) wurden bei Weibchen während der Eiablagephase die höchsten Werte gemessen, trächtige Weibchen hatten eine signifikant höhere Corticosteron - Baseline als nicht trächtige Weibchen, unabhängig von der Jahreszeit. Männliche Krötenechsen hatten ein höheres Corticosteronlevel während der Paarungszeit als im restlichen Jahr (WACK et al. 2008).

II. Erweiterte Literaturübersicht

Das Corticosteronniveau steigt innerhalb der ersten Minuten nach Manipulation des Tieres (*Amblyrhynchus cristatus*). Proben, die in den ersten 2 Minuten genommen werden, können mit großer Sicherheit als „nicht von der Manipulation beeinträchtigt“ bewertet werden. Proben die innerhalb der ersten 3 Minuten genommen werden, sind höchstwahrscheinlich ebenfalls nicht von der Manipulation beeinflusst (ROMERO & REED 2005). Summers et al (2005b) führen einen Anstieg des Stresshormons innerhalb der ersten 1,5 Minuten bei einigen Rotkehlantilope (*Anolis carolinensis*) auf den territorialen und sozialen Status des jeweiligen Tieres zurück. Zu einigen wenigen Arten findet man in WARWICKs Health and Welfare of captive reptiles (2013) eine Auflistung von Faktoren bei denen eine Corticosteronfreisetzung gemessen wurde. Diese beinhaltet auch eine Zeitspanne in welcher der Anstieg verzeichnet wurde.

Bei vielen in Gefangenschaft gehaltenen Wildtieren sind Verhaltensauffälligkeiten, wie z.B. stereotypes Verhalten bekannt. Als Stereotypie bezeichnet man ein repetitives, invariantes Verhaltens - oder Bewegungsmuster, welches häufig in Folge inadäquater Haltungsbedingung beobachtet wird. Aufgrund dessen werden sie häufig als Beeinträchtigung des Wohlbefindens und als aktuelles oder zurückliegendes Leiden bewertet. Stereotypien sind wiederholte, gleichbleibende Handlungen ohne Funktion oder Ziel. Um die Entstehung dieser zu verstehen ist das Verhalten als ein Versuch anzusehen, aktiv die Umwelt zu bewältigen. Das Tier nutzt eine Strategie um aktiv auf die Umwelt zu wirken und diese nach Bedarf zu verändern. Fast ausschließlich bei Tieren in Gefangenschaft (LANGEN 2011a, 2011b) kann es zu Situationen kommen, in dem ein Tier stark motiviert ist ein Verhalten zu zeigen, jedoch durch die fehlenden Bedingungen gehindert wird das Verhalten auszuführen (WECHSLER 1992). Durch endogene und exogene Reize wird eine Handlungsbereitschaft generiert, die in unterschiedlicher Intensität auftritt. Trotz allem kommt es nicht zu einer triebverzehrenden Endhandlung (SAMBRAUS 1982), da die von Menschen vorgegebene Umwelt dies nicht zulässt (FRASER 1997; MORGAN, TROMBORG 2007). Kommt es zu solch einer Konfliktsituation, setzt eine Coping Strategie ein. Diese lässt das Tier nach anderen Möglichkeiten suchen, um mit einer frustrierenden Situation fertig zu werden, welche es weder umgehen noch verändern kann. Beginn einer solchen Handlung ist häufig ein aggressives Verhalten. Dieses wird allerdings tierartsspezifisch stark oder schwach gezeigt. Führt dieses Verhalten nicht zur Änderung der Situation, kommt es zu einer Deprivation. Verändern sich die Umstände weiterhin nicht, kommt es bei bestimmten Reizen zu Verhaltensweisen, welche keine Funktion oder Ziel haben. Bei gleichbleibender Umwelt werden diese Verhaltensmuster immer häufiger gezeigt und man spricht von einer Stereotypie (WECHSLER 1992).

Stereotypien lassen sich in zwei Unterkategorien aufteilen. Zum einen die umorientierte Handlung: dabei wird ein Verhalten auf ein inadäquates Objekt projiziert (z.B. Schildkrötenmännchen paart sich mit Schuh). Die zweite Unterkategorie wird als Leerlaufhandlung bezeichnet. Dabei wird kein Objekt genutzt (z.B. Laufstereotypien oder wie im Studienfall Kriechstereotypien). Bei einer Laufstereotypie/Kriechstereotypie können zwei Funktionskreise des Verhaltens zugrunde liegen. Zum einen kann das Verhalten als Fluchtversuch, zum anderen aber auch als Suchverhalten (Futter, Paarungspartner, andere Ressourcen) gedeutet werden. Ein Fluchtversuch weist immer auf einen Erregungszustand mit Unbehagen und damit einer Einschränkung des

II. Erweiterte Literaturübersicht

Wohlbefindens hin (WARWICK 1995). Bei der Durchführung einer Stereotypie werden Endorphine freigesetzt. Aufgrund dieser Tatsache ist es sehr komplex eine Beziehung zwischen Wohlbefinden und Stereotypen zu evaluieren (MASON, LATHAM 2004). Generell ist davon auszugehen, dass Stereotypen ein Warnsignal für mögliches Leiden und eingeschränktes Wohlbefinden sind. Im Moment der Ausführung einer Stereotypie ist es für das Tier allerdings die einzige, wenn auch ungeeignete, Maßnahme, um eine unlösbare Belastung zu bewältigen. Daher sollte die Haltungsumwelt dauerhaft so gestaltet sein, dass Tiere ihr natürliches Verhaltensrepertoire ausleben und alle Herausforderungen bewältigen können (WECHSLER 1995, MASON et al. 2007). Im Umkehrschluss ergeben sich aus angereicherten Haltungsbedingungen positive Emotionen, die eine Verbesserung des Wohlbefindens bewirken, und dazu beitragen Stereotypen weitestgehend zu vermeiden (MASON 2007). Diese Korrelation kann in der Zootierhaltung beobachtet werden (SWAISGOOD, SHEPERDSON 2005; SHYNE 2006).

4.1 CORTICOSTERONMESSUNG

Der Großteil aller bisher veröffentlichten Studien, die im Zusammenhang mit Stress stehen, bedienen sich neben der Verhaltensbeobachtung der Corticosteronmessung im Blut. Hierfür wird ein Radioimmunoassay (RIA) genutzt, welcher nach dem Schema von CREWS und MOORE (1986), LANCE und LAUREN (1984) oder LICHT et al (1983) angefertigt ist. Mehrere Studien, in denen gleichzeitig ein Blutbild zur Stressbewertung hinzugezogen wurde, kamen durch diesen Parameter zu keiner qualitativ besseren Aussage im Bezug auf die Stresssituation des Tieres (LANCE 1999). Eine Messung des Corticosterons im Kot wie es bei Wild - und Haussäugetern (WIESE 2014; LEXENS et al 2007; HEIN, PALME 2019) für Studien benutzt wird, wurde bei den Königspythons durch die Haare der Futtertiere stark behindert und nicht als geeignete Methode angesehen (eigene Voruntersuchung 2017).

4.2 BLUTENTNAHME BEIM KÖNIGSPYTHON

Die Blutentnahme beim Königspython ist der veterinärmedizinischen Literatur zufolge auf zwei Stellen beschränkt (MADER 2006, O'ROURKE 2015). Die ventrale Schwanzvene (*Vena coccygealis*) ist eine Möglichkeit, bei der teilweise durch das Anspannen der Muskulatur der Blutfluss reduziert wird. Eine andere Entnahmestelle ist das Herz. Dort kann man in geringer Zeit eine größere Menge an Blut entnehmen. Auch bei mehreren Punktionen des Herzens, konnten in einer Untersuchung von ISAZA et al (2004) keine negativen Folgeerscheinungen festgestellt werden, sodass die Blutabnahme am Herzen die Methode der Wahl darstellt.

III. TIERE, MATERIAL UND METHODEN

Die Untersuchungen wurden in der Auffangstation für Reptilien München e.V. von Januar 2018 bis April 2019 durchgeführt. Es wurden ausschließlich adspektorisch gesunde Tiere in gutem Ernährungszustand für die Studie zugelassen. Verletzte, abgemagerte, adipöse oder augenscheinlich kranke Tiere wurden nicht als Studientiere genutzt. Die Tierzahl ergab sich durch die im Jahr 2018 in der Auffangstation für Reptilien München e.V. eingestellten Königspythons, die den oben beschriebenen Kriterien entsprachen.

1. TIERE

Für die Untersuchung wurden 35 Königspythons (*Python regius*) verwendet (s. Tab. 1). Davon waren 25 Tiere männlich, 9 Tiere weiblich und 1 juveniles Tier unbestimmten Geschlechts. Bei den Pythons handelte es sich um 3 aus einer Privatabgabe, die anderen Tiere wurden bei 5 verschiedenen Haltern behördlich beschlagnahmt. Zwei der privat abgegebenen Schlangen waren zum Versuchszeitpunkt 15 Jahre alt. Das Alter der anderen Tiere konnte nur bei einigen Tieren anhand der vorhandenen Papiere festgestellt werden. Diese waren zwischen 3 und 7 Jahre alt. Ein Einzeltier aus einer Beschlagnahme war laut Besitzer 18 Jahre alt. Das Alter der anderen Tiere ließ sich nicht eindeutig bestimmen.

Nach Beendigung der Studie wurden die Tiere für die Adoption freigegeben. Noch im selben Jahr (2018) konnten 14 Tiere vermittelt werden. Im Folgejahr konnten weitere 6 Tiere abgegeben werden. Noch ein Jahr später wurden weitere 5 Tiere adoptiert. Dieses Jahr (2021) wurden bisher 2 Tiere vermittelt. Die Bedingungen für eine Vermittlung durch die Auffangstation sind eine tiergerechte, den Ansprüchen und Richtlinien entsprechende Unterbringung in einem Terrarium oder Terrarium mit Rack als Versteck (Schublade unter dem Terrarium). Personen ohne Vorkenntnisse wird in einem Beratungsgespräch entsprechendes Wissen vermittelt. An einen entsprechenden Fragebogen müssen Bilder des Terrariums angehängt werden. Bei Bedarf muss dieses umgestaltet werden. Ein Verkauf oder eine Weitergabe des Tieres an Dritte ist vertraglich untersagt. Die verbliebenen 8 Königspythons sind weiterhin in der Auffangstation für Reptilien in tiergerechten Terrarien untergebracht.

1.1 KÖRPERGEWICHT, LÄNGE UND FARBE

Die Pythons hatten zu Versuchsbeginn eine Länge zwischen 53 - 148 cm (im Durchschnitt 111 cm) und ein Gewicht von 0,11 - 2,5 kg. Eine geschlechtsspezifische Länge oder Gewichtsverteilung wurde nicht festgestellt. Knapp über die Hälfte (n = 18) aller Schlangen hatte eine vom Wildtyp abweichende Farbe und/oder Zeichnung (s. Tab. 1).

III. Tiere, Material und Methoden

Tabelle 1: Merkmale der in der Studie verwendeten Königspythons (n=35)

Tiere	Geschlecht 1,0= Männchen; 0,1= Weibchen; 0,0,1= unbestimmt	Alter	Länge (cm)	Gewicht (g)	Farbe/ Zeichnung; WT = Wildtyp; M = Morph	Herkunft; BN= Beschlagnahmte; PA= Privatabgabe
1	1,0		125	1570	WT	BN
2	1,0		128	1470	WT	BN
3	1,0		100	890	M, albino	BN
4	0,1		104	1400	WT	BN
5	1,0		95	420	M, albino	BN
6	1,0	15	115	1300	WT	PA
7	1,0	15	110	1305	WT	PA
8	1,0	3	100	1100	M, albino	BN
9	1,0		98	1000	M, banana spider	BN
10	1,0		100	1190	WT	BN
11	1,0		110	970	M, spider	BN
12	0,1		85	630	WT	BN
13	0,1	3	110	1400	M, cinnamon	BN
14	1,0		100	1000	WT	BN
15	0,1	4	110	1210	M, butterspider	BN
16	1,0	5	120	1580	M, enchi	BN
17	0,1		120	1330	M, desert pin	BN
18	1,0	4	119	1830	M, pewter blast	BN
19	0,1	4	120	1580	M, pastel	BN
20	0,1	7	115	1530	WT	BN

III. Tiere, Material und Methoden

21	1,0		120	1440	WT	BN
22	1,0	4	125	1590	M, phantom bumble bee	BN
23	1,0	4	100	1200	M, pewter	BN
24	1,0		105	1100	M, spider	BN
25	1,0	6	130	1690	M, yello belly	BN
26	1,0		115	1300	M, caramel	BN
27	1,0		120	1090	M, desert ghost	BN
28	1,0		148	2530	WT	BN
29	0,1		135	2200	WT	BN
30	1,0		110	1300	WT	BN
31	0,0,1		53	118	WT	PA
32	1,0		135	1654	WT	BN
33	1,0	18	112	755	WT	BN
34	1,0		98	731	M, pastel	BN
35	0,1		110	758	WT	BN
	Geschlechts verteilung: 25,9,1	Alter: Ø 7 Jahre ± 5,25	Länge Ø 111 cm ± 16,63cm	Gewicht Ø 1262 g ± 467g	WT = 17 M= 18	PA=3 BN=32

1.2 FÜTTERUNG

Den Tieren wurde, in einem Fütterungsintervall von 2 Wochen, aufgetaute, auf Körpertemperatur erwärmte Mäuse (*Mus musculus*) angeboten. Das Jungtier (Nr. 31) bekam Springer (subadulte Maus), die anderen adulte Mäuse, den größten Tieren wurden subadulte Ratten (*Rattus norvegicus*) angeboten. Die Futtermenge und Größe wurde jedem Tier individuell angepasst. 17 Tiere fraßen ab der 1. Fütterung tote Mäuse. 19 Tiere waren trotz mehrmaligen Anbietens, auch zu verschiedenen Tageszeiten und dem Imitieren einer Beutetierbewegung, nicht bereit tote Futtermäuse zu fressen. Daher wurden diesen Tieren ab der 3. Fütterung lebende Mäuse angeboten. Daraufhin fraßen 5 weitere Tiere. Ab der 6. Fütterung wurden lebende Vielzitzenmäuse (*Mastomys coucha*) und lebende Ratten offeriert. 5 Tiere, die zuvor noch kein Futter aufgenommen hatten, fraßen diese Futtermäuse. Weitere 6 verweigerten noch immer das Futter. In Ermangelung an jungen Meerschweinchen (*Cavia porcellus*) wurden

III. Tiere, Material und Methoden

aufgetaute Mäuse mit Meerschweinchenhaaren bestreut. Alle futterverweigernden Tiere konnten so zum Fressen bewegt werden. Diese sehr spezielle Prägung auf ein Futtertier kam durch die vorherige Unterbringung, da dort größtenteils frischgeborene Meerschweinchen verfüttert wurden (Quelle: Amt welches die Beschlagnahme durchgeführt hat). In den folgenden Fütterungen wurden den lebend-fressenden Tieren im vornherein immer wieder aufgetaute, erwärmte Futtertiere angeboten um eine Umstellung, was die spätere Vermittlung vereinfachte, anzustreben. Bis auf 3 Tiere konnten alle Tiere auf Frostfutter umgestellt werden.

1.3 GESUNDHEITZUSTAND

Die durchgeführten Untersuchungen konnten bei keinem Tier eine Viruserkrankung feststellen. In den zwei untersuchten Kotproben pro Tier wurden bei keiner Probe Parasiten nachgewiesen. Der Kot wurde nativ, mittels Flotation und mit Jodfärbung untersucht. Die Blutwerte ergaben bei keinem Tier eine Abweichung von den Referenzwerten (MADER 2019).

2. HALTUNGSFORMEN

Die Tiere wurden für die Untersuchungen in zwei verschiedenen Haltungsformen untergebracht. Die erste Form war die sogenannte Rack-Haltung, welche in der Auffangstation für Reptilien als Quarantäneunterbringung genutzt wird. Die zweite Haltungsform war die Terrarienhaltung. Die Studientiere befanden sich in einem separaten Raum. In diesem Raum herrschte während des Versuchs gleichbleibendes Raumklima (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Beleuchtungsdauer).

2.1 RACKHALTUNG

Die Racks bestehen aus Klarglas Polypropyl in Form von Boxen (70 cm x 40 cm x 16 cm) mit an Front- und Rückseite angebrachten Lüftungslöchern (s. Abb. 4). Diese befanden sich passgenau, wie eine Schublade, in einem Gerüst aus lichtundurchlässigem Kunststoff und Oriented Strand Board (OSB). Die hintere Hälfte der Box wurde, geregelt über einen Thermofühler (Thermo Control Pro II, Lucky Reptile), mittels Heizkabel und Heizmatten beheizt. Die Temperatur betrug am Tag zwischen 8.00 und 20.00 Uhr im Schnitt 28 °C (26 – 32 °C) über dem Heizelement und 26 °C (27 – 30 °C) am vorderen Ende der Box. In der Zeit von 20.01 Uhr bis 07.59 Uhr betrug die Temperatur jeweils drei Grad weniger. Der Boden wurde mit Zeitungspapier ausgelegt. Als Versteck diente ein umgedrehter, blickdichter Kunststoff Blumenübertopf mit 15 cm und 27 cm Durchmesser und einem 4cm beziehungsweise 8 cm großen Eingang. Die Tiere bekamen zeitweise feuchte Tücher in ihr Versteck gelegt. Frisches Wasser stand zu jeder Zeit zur Verfügung. Um die Näpfe zu sichern wurden diese an Boden und Seite mit Klettband befestigt. Für die Nachtbeobachtung befand sich pro Schublade ein im Durchmesser 0,5 cm großes Loch an einer Seite. Durch dieses wurde die Schublade während der Nachtzeit mit rotem Licht (LED 650 nm) beleuchtet. Diese Wellenlänge befindet sich im nicht sichtbaren Bereich des Königspythons (SILLMAN 1999).

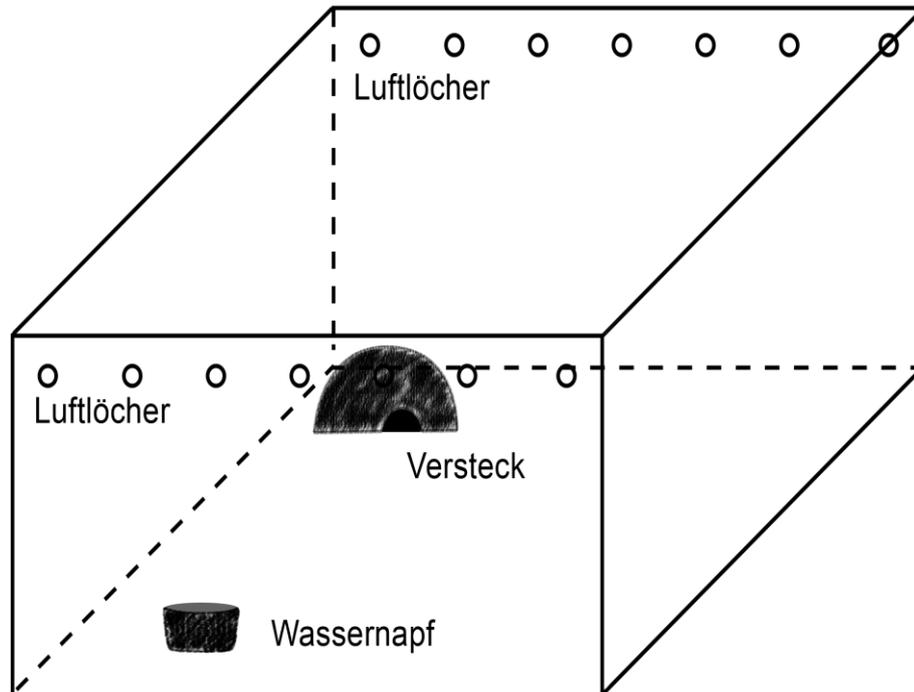


Abbildung 4: Schema der Rackschublade

2.2 TERRARIENHALTUNG

Für die Terrarienhaltung wurden drei verschiedene Terrariengrößen genutzt. Durch verschiedene Strukturelemente (s. Abb. 5) wurde die Räumlichkeit des Terrariums nutzbar gemacht und somit erhöhte sich für das Tier die nutzbare Oberfläche in allen 3 Ebenen. Die kleinsten Terrarien hatten eine Bemessung von 100 x 50 x 75 cm (Größe 1), die Mittleren maßen 120 x 60 x 90 cm (Größe 2) und die Größten 150 x 80 x 113 cm (Größe 3). Alle Terrarien wurden mit Leuchtstofflampen (Osram 865®, 6500 Kelvin; Größe 1: 18 W, Größe 2: 30 W, Größe 3: 36 W) grundbeleuchtet. Zum Schutz wurden die Lampen in Feuchtraumleisten eingebaut. Als Spot diente eine UV-Lampe (Größe 1: Lucky Reptile Bright Sun UV Jungle 35 W®, Größe 2 und 3: Lucky Reptile Bright Sun UV Jungle 50 W®), welche durch einen Schutzkorb (Lucky Reptile Thermo Socket plus Reflector®) beschirmt wurde. Die Temperaturen betragen am Tag (8.00 Uhr - 20.00 Uhr) 34 °C unter dem Spot, an der kühlfsten Stelle 25 °C. In der Nacht wurden mittlere Temperaturen von 24 °C (22 - 26 °C) gemessen. Der Bodengrund bestand aus einem Erde (60 %), Sand - (20 %), Rindenmulch -(15 %), Lehm-pulver -(5 %)Gemisch. In der hinteren Hälfte wurde der Boden 35 cm hoch aufgeschüttet um den Tieren Grabaktivitäten zu ermöglichen, im Mittel maß die Substratdicke 10 cm. In allen Terrarien wurde ein Kunststoffunterschupf (baugleich wie im Rack) angeboten und ein erhöhter Liegeplatz unter der UV - Lampe installiert. In allen Terrarien befand sich eine lebende Pflanze, die mit einer Kiesschicht an ihrem Platz gehalten wurde. Das Wasserbecken hatte eine ausreichende Größe zum Baden. Die restliche Einrichtung bestand aus Stämmen, Ästen, Zweigen, Grasbüscheln, Wurzeln, Moos, Steinen und Rinde, die aus der Natur entnommen wurden. Die

III. Tiere, Material und Methoden

Anordnung der Elemente war identisch, durch die Verwendung natürlicher Rohstoffe war eine 100 %ige Übereinstimmung nicht möglich. Die Terrarien wurden ebenfalls mit einer einzelnen roten LED (650 nm) zur Videoüberwachung beleuchtet. Diese wurde mittels Zeitschaltuhr gesteuert.

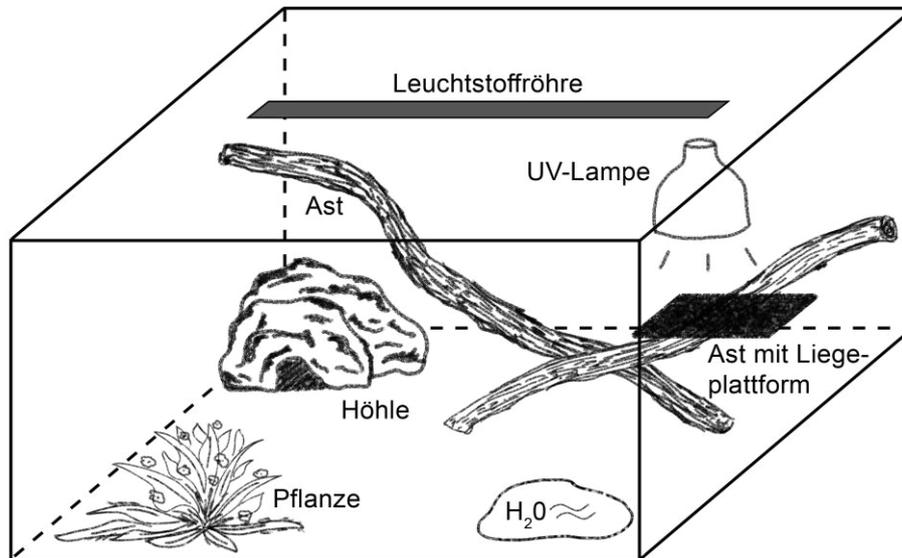


Abbildung 5: Schema des Terrarienaufbaus

3. UNTERSUCHUNGSRAHMEN

Im Rahmen des Hygieneprotokolls der Auffangstation für Reptilien München e.V. wurden alle Tiere nach ihrer Ankunft in der Station untersucht. Die Eingangsuntersuchung umfasste neben einer Allgemeinuntersuchung (Allgemeinbefinden, Ernährungszustand, Pflegezustand, adspektorische Begutachtung von Haut, Augen, Nares, Maul, Maulschleimhäuten, Glottis, Kloake, palpatorische Untersuchung von Skelett und Abdomen, wiegen, messen, sondieren) eine Tupferprobe, entnommen aus dem Rachenraum und eine Blutprobenentnahme aus dem Herzen. Dieses Blut diente zur Ermittlung des Virusstatus und der Organwerte. Bei einigen ausgewählten Tieren wurde ein Blutbild angefertigt. Bei den Studientieren wurde die Blutentnahme vor der Allgemeinuntersuchung durchgeführt, um einen eventuellen Corticosteronanstieg durch Handling vorzubeugen. Für die Untersuchung des Stresslevels wurden 100 µl nicht heparinisiertes Serum abgezweigt und bei -20 °C eingefroren.

Danach wurde das Tier einzeln in einer Rackschublade untergebracht. Dort wurde es täglich kontrolliert, Kot- und Harnabsatz, Häutung, Fütterungen und eventuelle Auffälligkeiten notiert. Kotproben wurden auf Parasiten untersucht. Nach 56 Tagen wurden eine zweite Tupfer – und Blutprobe entnommen, um den Virusstatus zu

III. Tiere, Material und Methoden

überprüfen. Auch hier wurde 100 µl nicht heparinisieretes Serum abgezweigt und bei -20 °C eingefroren. Während der gesamten Zeit im Rack wurden alle Tiere mindesten 5 Tage hintereinander per Video überwacht, da eine manuelle Überwachung in der Rackhaltung nicht möglich war. Sobald das Tier zweimalig parasitologisch negativen Kot abgesetzt hatte und zwei negative Virusergebnisse vorlagen, wurde es in ein Terrarium der entsprechenden Größe gesetzt. Tiere bis zu 100 cm Körperlänge wurden in einem Terrarium mit den Maßen 100 x 50 x 50 cm untergebracht. Schlangen mit Maßen bis zu 120 cm bezogen Terrarien mit den Maßen 120 x 60 x 60 cm. Alle Pythons die größer als 120 cm waren, wurden in den 150 x 80 x 80 cm großen Terrarien untergebracht. Da kein Tier über 150 cm lang war, mussten keine größeren Terrarien aufgestellt werden. Alle Tiere wurden in den Terrarien einzeln gehalten. Ebenfalls im Rahmen des Hygieneprotokolls wurden 2 Tage nach Umsetzen Blutproben zur Bestimmung des Blutbilds und der Organwerte entnommen. 100 µl Serum wurden für die Corticosteronermittlung bei -20 °C eingefroren. Im Terrarium wurden die Tiere täglich kontrolliert. Kot- und Harnabsatz sowie Häutung und Futteraufnahme und eventuelle Auffälligkeiten wurden dokumentiert. Nach der Zeit, die der Dauer des Rackaufenthalts entsprach, wurde den Tieren erneut Blut abgenommen um Organwerte und Blutbild zu analysieren. Dabei wurden wieder 100 µl Serum bei -20 °C eingefroren um das Stresslevel zu messen.

4. PROBENGEWINNUNG UND PROBENVERARBEITUNG

Die Probengewinnung erfolgte an den beschriebenen Zeitpunkten durch den jeweils zuständigen Tierarzt. Zur Vorbereitung wurde eine 1 ml Einmalspritze mit Gummispanndorn mit einer Kanüle (STERICAN® Kanüle Luer Lock 0,8 x 40 mm) versehen. Zur Blutentnahme wurde das Tier von einer zweiten Person hinter dem Kopf fixiert und der Körper gestützt. Die Blutentnahme wurde am Herzen durchgeführt. Zum Auffinden des Herzens wurde der Herzschlag genutzt. Das Herz wurde mit Daumen und Zeigefinger fixiert und anschließend punktiert. Nach der Blutentnahme wurde kurze Zeit Druck auf die punktierte Stelle ausgeübt um ein Nachbluten zu verhindern. Bei keinem Tier dauerte die Entnahme (vom Herausnehmen aus dem Haltungssystem bis zum Zurücksetzen in das Selbige) länger als 3 min. Das Blut wurde in ein EDTA - und ein Serumröhrchen überführt. Nach 20 Minuten Sedimentation wurde das Serum bei 4000 U/min zentrifugiert. Nach dem Abpipettieren wurde das Serum in beschrifteten Gefäßen (Eppendorf Safe-Lock Tubes; 1,5 ml; farblos) bei -20 °C eingefroren.

5. PROBENANALYSE

Durch den erhöhten technischen Aufwand des RIA und die Etablierung von ELISA wurde in einer Voruntersuchung 2017 der Corticosteron ELISA als geeignete Messmethode ausgewählt. Die Corticosteron-Werte im Serum wurden mit Hilfe eines kommerziellen ELISAs (Corticosterone rat/mouse ELISA, DEV9922, Demeditec, Kiel, Deutschland) bestimmt. Zuerst wurden Blutprobenreste von gestressten Königspythons, die täglich gehandelt werden mussten mit Blutprobenresten von Tieren aus Terrarienhaltung die zur Routineuntersuchung beprobt wurden (Gesundheitsstatus Blutbild/Organwert)

III. Tiere, Material und Methoden

verglichen. Das Ergebnis lieferte die Bestätigung, dass dieser ELISA ein zu erwartendes Ergebnis detektieren konnte. Die Herstellung und Durchführung des ELISAs wurde entsprechend der Herstellervorgaben durchgeführt. In eine 96 - Well-Mikrotiterplatte, die mit polyklonalem Kaninchen-anti-Corticosteron-Antikörper beschichtet war, wurden Standards, Kontrollen und die aufgetauten Proben, jeweils mit Duplikat, pipettiert. Im zweiten Schritt wurde Inkubationspuffer und ein Enzymkonjugat (Corticosteron mit Meerrettichperoxidase konjugiert) hinzugefügt. Die Platte wurde zwei Stunden lang auf einem Plattformschüttler (Unimax 1010, Heidolph, Schwabach, Deutschland) mit 600 rpm bei Raumtemperatur inkubiert. Nach der Inkubation wurden 4 Waschvorgänge durchgeführt. Direkt im Anschluss folgte die Zugabe der Substratlösung (Tetramethylbenzidin (TMB) und Wasserstoffperoxid). Es folgte eine lichtgeschützte 30-minütige Inkubationszeit bei Raumtemperatur. Nachfolgend wurde die Stopplösung (Salzsäure 2N) pipettiert, um im Anschluss die Extinktion mit Hilfe eines ELISA-Messgeräts und der zugehörigen Software (Gen 5 microplate reader, Biotek; Gen 5 Imager Software, Biotek, Bad Friedrichshall, Deutschland) bei einer Wellenlänge von 450 nm auszulesen. Aus der optisch gemessenen Dichte der Antigen-Antikörper-Reaktion der Duplikate der Standards wird ein Mittelwert ermittelt welcher in einer sigmoidalen Kurve aufgezeichnet wird. Diese Standardkurve dient als Grundlage für die Berechnung der Corticosteron-Konzentration in den Serumproben. Die Kalkulation der Standardkurve basierte auf einer 4-Parameter-Logistik-Funktion, die eine sehr hohe Genauigkeit gewährleistet. Die Corticosteron - Werte werden in ng/ml dargestellt.

6. VERHALTENSBEOBSACHTUNG

Alle Tiere wurden im Rack und im Terrarium beobachtet. Im Rack musste hierfür eine Kamera (Qumox SJ 400) an der Front der Rackschublade befestigt werden. Diese wurde an 5 aufeinanderfolgenden Tagen eingeschaltet. Alle Leuchteinheiten an der Kamera wurden abgeklebt, sodass lediglich die rote LED (nachts) und das Umgebungslicht des Raums als Lichtquelle genutzt wurden. Zur Gewöhnung an die Kamera, wurde diese 5 Tage vor Einschalten im Rack befestigt. Die Verhaltensbeobachtung startete im Zeitraum von 17.00 Uhr bis 17.30 Uhr für 24 Stunden. Im Terrarium gestaltete sich die Überwachung deutlich einfacher, da eine direkte Beobachtung möglich war. Die Nachtbeobachtung wurde ebenfalls mittels roter LED unterstützt. Da es bisher kein Ethogramm von Königspythons gibt, wurde dieses nach Vorüberlegungen, welche Aktionen die Tiere zeigen können erstellt und mithilfe der Beobachtungen evaluiert und ergänzt (siehe Tab. 2). Hierbei entfallen alle Interaktionen mit anderen Individuen, da alle Tiere während der gesamten Studie einzeln gehalten wurden. Ebenfalls wurde das Fressverhalten nicht aufgelistet, da es sich hierbei immer um ein geplantes Ereignis handelt, welches nicht von dem Individuum beeinflusst werden konnte.

III. Tiere, Material und Methoden

Tabelle 2: Ethogramm Königspython

Verhaltensweise	Abkürzung
Lokomotion	L
1. Vorwärtskriechen	L1
2. Rückwärtsbewegung	L2
3. Aufrichten	L3
4. Klettern	L4
5. Graben	L5
6. Kopfbewegung	L6
Erkundungsverhalten auf Kamera bezogen	E
Komfortverhalten	K
1. Basking	K1
2. Baden	K2
3. Ruhen im Versteck mit Wandkontakt	K3
4. Ruhen außerhalb des Verstecks, nicht unter Spot, eingerollt	K4
5. Ruhen außerhalb des Verstecks, nicht unter Spot, ausgestreckt	K5
Abwehrverhalten, Aggressionsverhalten	A
Nahrungsverhalten/Trinken	N
Sonstige Verhaltensweisen	S
1. gähnen	S1
2. Schnauze an Begrenzung (Wände, Decke) drücken	S2
3. pathologische Verhaltensweisen (wobbling, stargazing)	S3

6.1 LOKOMOTION

Als Lokomotion wurden Verhaltensweisen eingestuft, bei denen keine andere, im obigem Ethogramm aufgeführte, Verhaltensweise zusätzlich aufgetreten ist. Bei der Fortbewegung wurde nicht zwischen horizontaler Wellenfortbewegung, retilinearer Fortbewegung oder einer Mischung aus beiden unterschieden. Als Rückwärtsbewegung wurden jene Bewegungen zusammengefasst, die den kompletten Körper oder Teilstücke mit einbezogen haben. Ein echtes Rückwärtskriechen ist durch die Schuppenanordnung nicht möglich, vielmehr ist es ein Zurückdrücken durch teilweise oder komplette Abhebung des Körpers. Als Klettern wurden Bewegungen zusammengefasst, bei denen die Hälfte des Körpers den Boden nicht mehr berührt (s. Abb. 6). Das Graben wurde als Aktivität beschrieben, bei der mindestens ein Eintauchen des Kopfes bis zu den Augen in den Bodengrund erfolgte. Bewegungen die nur den Kopf betrafen, wurden unter einem Extrapunkt zusammengefasst.

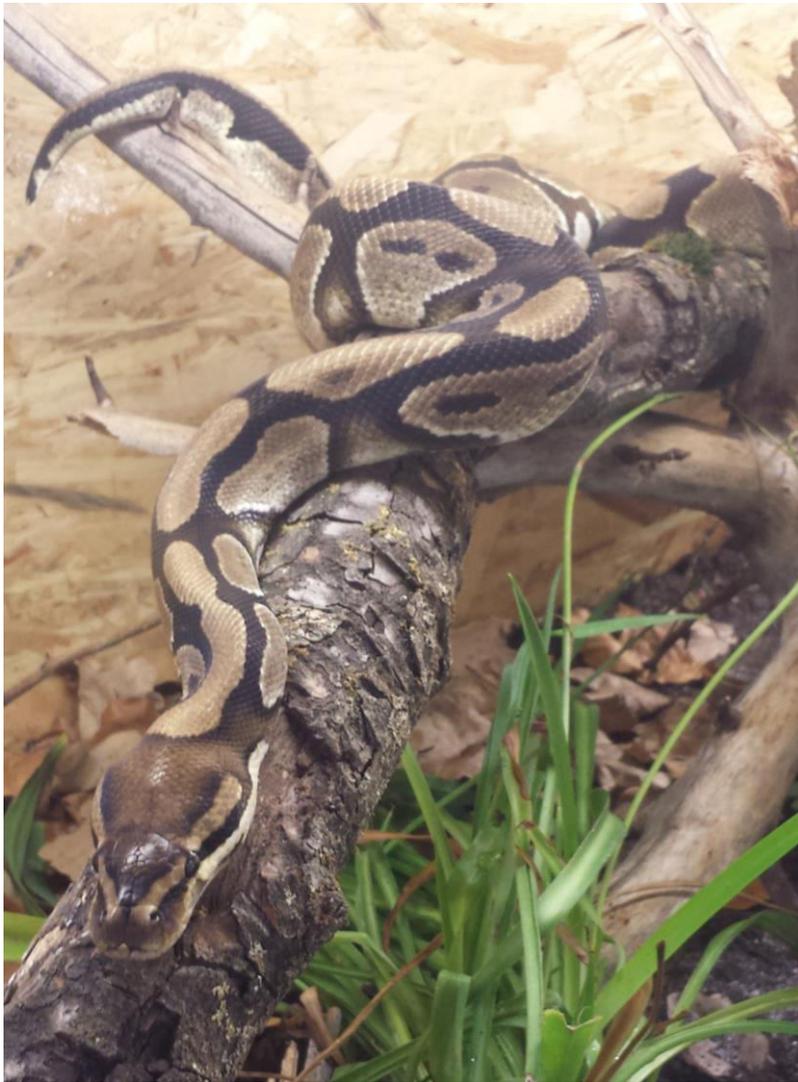


Abbildung 6: Königspython beim Klettern, Terrarium (eigene Aufnahme 2018)

III. Tiere, Material und Methoden

6.2 ERKUNDUNGSVERHALTEN IM BEZUG AUF DIE KAMERA

Bei diesem Verhalten kam die Schlange der Kamera immer näher, tastete sie mit der Schnauze ab und bezüngelte sie (s. Abb. 7). Die Kamera konnte auch überkrochen werden.



Abbildung 7: Königspython, Albino, beim Erkundungsverhalten mit Bezüngeln der Kamera, Rack (eigene Aufnahme aus Videosequenz, 2018)

III. Tiere, Material und Methoden

6.3 KOMFORTVERHALTEN

Im Komfortverhalten fanden sich Verhaltensweisen, die häufig mit dem Ruhen des Tieres einhergingen. „Basking“ wurde das aktive Aufsuchen des Sonnenplatzes und das dortige Verweilen genannt (s. Abb. 8). Baden beschrieb das aktive Aufsuchen des Badebeckens und das Liegen im Wasser. Ein Durchkriechen des Badebeckens wurde nicht als Baden gewertet. Das Ruhen im Versteck mit Wandkontakt konnte als Ruheverhalten angesehen werden (s. Abb. 9). Ob das Tier seinen Kopf aus dem Versteck herausstreckte oder der Kopf nicht zu sehen war, wurde nicht unterschieden. Auch das Liegen außerhalb des Verstecks eingerollt oder ausgestreckt ist ein Ruheverhalten, wies aber auch auf einen gewissen Komfort des Tieres hin, weil dieses Verhalten für das Tier keinen Schutz, wie beispielsweise im Versteck, bot.



Abbildung 8: Königspython beim Sonnenbaden (eigene Aufnahme 2018)



Abbildung 9: Königspython beim Ruhen im Versteck im Rack (eigene Aufnahme aus Videosequenz 2018)

6.4 ABWEHRVERHALTEN

Das Abwehrverhalten beinhaltet ein Ablauf verschiedener, nacheinander folgender Verhaltensweisen. Das Tier brachte seinen Vorderkörper in eine S - Form, danach kann eine Vokalisation in Form eines lauten Zischens folgen. Ein Abwehrbiss kann sowohl mit geschlossenem als auch mit geöffnetem Maul erfolgen. Alle Verhaltensweisen wurden auch beim einzelnen Auftreten notiert.

6.5 NAHRUNGSVERHALTEN

In obigem Ethogramm wurde nur das Trinken aufgelistet, da der Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme nicht vom Individuum steuerbar war. Beim Trinken wurde die Schnauze, teilweise auch der Kopf bis zu den Augen, in das Wassergefäß getaucht und durch kauähnliche Bewegungen Wasser eingesogen.

6.6 SONSTIGE VERHALTENSWEISEN

Diese Verhaltensweisen standen nicht, wie die anderen, in Bezug zueinander. Das „Gähnen“ wurde häufig nach vorangegangener Fütterung beobachtet, trat aber auch spontan auf (s. Abb. 10). Eine weitere Verhaltensweise war das Abkriechen der Unterbringungsbegrenzung mit Drücken der Schnauze an Decken oder Wände (s. Abb. 11). Teilweise wurde die Begrenzung nur leicht berührt, teilweise kam es aber zur temporären Deformation der Schnauze. Das Wobbeln und Stargazing beschrieb abnormale Verhaltensweisen (s. Abb. 12), die meistens mit bestimmten Farbformen oder mit dem Ausbruch einer Krankheit (Arenavirusinfektion) in Verbindung gebracht wurden. Es handelte sich hierbei um orientierungsloses, zitterndes Bewegen, schraubenförmige drehende Bewegungen oder Kriechen auf dem Rücken. Bei bestimmten Farbmorphen traten die Bewegungen häufig in Verbindung mit einem Reiz, wie zum Beispiel dem Anbieten von Futter, auf. Da alle Tiere im Verlauf der Studie negativ auf Viren getestet wurden, war die virale Beteiligung der Verhaltensweisen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auszuschließen.



Abbildung 10: Königspython beim Gähnen im Rack (eigene Aufnahme aus Videosequenz 2018)



Abbildung 11: Königspython beim "Schnauze an Begrenzung drücken" im Rack (eigene Aufnahme aus Videosequenz 2018, nachkoloriert zum besseren Erkennen des Standbildes, Kopf Links an Rackoberseite)



Abbildung 12: Königspython (Farbform) zeigt unphysiologische Verhaltensweise, Umkehrreflex stark verzögert (eigene Aufnahme 2018)

7. STATISTIK

Für die Eingabe der Rohdaten und die Anfertigung von Tabellen wurde Microsoft Excel, 2007 Microsoft Corporation Redmond, verwendet. Die Daten wurden mit Hilfe von Herrn PD Dr. med. vet. Sven Reese statistisch ausgewertet. Er ist an der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilian-Universität in München als Fachtierarzt für Anatomie und Informationstechnologie tätig. Für die Auswertung wurde die Statistiksoftware IBM SPSS Statistics (IBM Deutschland GmbH, Ehningen, Deutschland) und MedCalc (MedCalc Software Ltd, Ostende, Belgien) genutzt. Verhalten und Corticosteronwerte wurden zuerst getrennt voneinander untersucht.

Bei der Verhaltensuntersuchung wurden die Tiere hinsichtlich Größe, Länge, Geschlecht und Farbe bewertet. Dann wurden die Rohdaten der jeweils 5 - tägigen Beobachtung in beiden Haltungssystemen aller 35 Tiere erfasst und die Auftretenshäufigkeit miteinander verglichen. Unterschiede zwischen den Haltungssystemen in der Häufigkeit der gezeigten Verhaltensweisen wurden mit dem t-Test für unabhängige Stichproben ermittelt. Als Signifikanzniveau wurde $p < 0,05$ angenommen. Eine weitere Aufschlüsselung erfolgte durch die Einteilung des Tages in 3 Tageszeiträume. Unterschiede zwischen den Zeiten innerhalb und zwischen den Haltungssystemen wurden mit dem t - Test für unabhängige Stichproben und dem Wilcoxon - Test analysiert.

Bei der Untersuchung der Corticosteronwerte wurde der Verlauf der einzelnen Tiere grafisch in geclusterten Boxplots dargestellt und mit dem Kruskal-Wallis-Test untersucht. Für das Corticosteronniveau in den Haltungssystemen wurde jeweils eine Korrelation nach Sperman mit einer dritten Variablen (Farbe, Geschlecht, Gewicht) untersucht. Als Signifikanzniveau wurde $p < 0,05$ gewählt.

8. ETHISCHES STATEMENT

Das Studienvorhaben wurde am 22.12.2017 von der Ethikkommission der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilian-Universität geprüft und genehmigt. Das Vorhaben wird unter der Nummer 99-20-10-2017 geführt.

IV. PUBLIZIERTE STUDIENERGEBNISSE

1. VERÖFFENTLICHUNG

Tina Hollandt¹, Markus Baur¹, Anna-Caroline Wöhr²

¹Auffangstation für Reptilien München e.V. München

²Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung,
Veterinärwissenschaftliches Department der Tierärztlichen Fakultät, LMU München

Animal-appropriate housing of ball pythons (*Python regius*) – behavior based evaluation of two types of housing systems

PLOS one, DOI: 10.1371/journal.pone.0247082

Angenommen am: 19. Mai 2021

Veröffentlich: 27. Mai 2021

RESEARCH ARTICLE

Animal-appropriate housing of ball pythons (*Python regius*)—Behavior-based evaluation of two types of housing systems

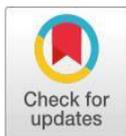
Tina Hollandt^{1*}, Markus Baur^{1‡}, Anna-Caroline Wöhr^{2‡}

1 Auffangstation für Reptilien München e. V. (Munich Rescue Center for Reptiles), Munich, Germany,
2 Chair of Animal Welfare, Ethology, Animal Hygiene and Animal Husbandry, Department of Veterinary Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, LMU Munich, Munich, Germany

✉ These authors contributed equally to this work.

‡ MB and ACW also contributed equally to this work.

* frontina2001@yahoo.de



OPEN ACCESS

Citation: Hollandt T, Baur M, Wöhr A-C (2021) Animal-appropriate housing of ball pythons (*Python regius*)—Behavior-based evaluation of two types of housing systems. PLoS ONE 16(5): e0247082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082>

Editor: Ewa Tomaszewska, University of Life Sciences in Lublin, POLAND

Received: January 30, 2021

Accepted: May 14, 2021

Published: May 27, 2021

Peer Review History: PLOS recognizes the benefits of transparency in the peer review process; therefore, we enable the publication of all of the content of peer review and author responses alongside final, published articles. The editorial history of this article is available here: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082>

Copyright: © 2021 Hollandt 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 paper.

Funding: For the research Tina Hollandt approved 3000€ from the Ingo and Waltraud Pauler Fond

Abstract

Considering animal welfare, animals should be kept in animal-appropriate and stress-free housing conditions in all circumstances. To assure such conditions, not only basic needs must be met, but also possibilities must be provided that allow animals in captive care to express all species-typical behaviors. Rack housing systems for snakes have become increasingly popular and are widely used; however, from an animal welfare perspective, they are no alternative to furnished terrariums. In this study, we therefore evaluated two types of housing systems for ball pythons (*Python regius*) by considering the welfare aspect animal behavior. In Part 1 of the study, ball pythons ($n = 35$) were housed individually in a conventional rack system. The pythons were provided with a hiding place and a water bowl, temperature control was automatic, and the lighting in the room served as indirect illumination. In Part 2 of the study, the same ball pythons, after at least 8 weeks, were housed individually in furnished terrariums. The size of each terrarium was correlated with the body length of each python. The terrariums contained substrate, a hiding place, possibilities for climbing, a water basin for bathing, an elevated basking spot, and living plants. The temperature was controlled automatically, and illumination was provided by a fluorescent tube and a UV lamp. The shown behavior spectrum differed significantly between the two housing systems ($p < 0.05$). The four behaviors basking, climbing, burrowing, and bathing could only be expressed in the terrarium. Abnormal behaviors that could indicate stereotypies were almost exclusively seen in the rack system. The results show that the housing of ball pythons in a rack system leads to a considerable restriction in species-typical behaviors; thus, the rack system does not meet the requirements for animal-appropriate housing.

Introduction

The ball python (*Python regius*) has been a popular terrarium-housed exotic pet for more than 30 years [1]. In Europe and North America, it is frequently bred, but also imports of wild

from the AG ARK (part of the DGHT). The money was used to buy terrariums and equipment like UV-Lamps, neon tubes and thermocontrol units <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.

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

snakes or farmed breeds are commercially available. Due to the various breeding goals (coloration, pattern, scaleless skin), the ball python has highly variable phenotypes and thus is still one of the most frequently kept snake species. The international website “www.worldofballpythons.com/morphs/” [2] for the registration of color morphs (accessed on 18 May 2020) lists 7,221 different color shades and patterns. Although the ball python is listed in the Washington Endangered Species Act Appendix II [3] and the German directive VO EG 338/97 Appendix B [4], it is exempt from reporting requirements (“Federal Directive on Species Protection” [Bundesartenschutzverordnung] Appendix 5 regarding § 7 Section 2; [5]; thus, the number of ball pythons kept as pets in Europe and North America is speculative.

The ball python is native to West and Central Africa (Nigeria, Uganda, Liberia, Sierra Leone, Guinea, Benin, Ghana, and Togo). It mainly inhabits arid savannas with temperature extremes ranging from 16 to 43°C [6] and relative humidity ranging from 60% to 95%, with high seasonal variation due to the dry (December to March) and rainy seasons (April to November) [7, 8]. The “German Expert Report on Minimum Requirements for the Keeping of Reptiles” [9] stipulates a temperature range of 26–32°C with a nighttime reduction of 5°C. A localized heat spot (basking spot) with 38°C must be provided. During daytime, the ball python often hides in rodent burrows or abandoned termite mounds [10, 11]. These possibilities for hiding offer the snake relatively constant temperature and humidity conditions. At dusk, the ball python leaves its hiding place to forage or fulfil other needs [6, 12, 13]. Being a synanthropic species, the ball python is often found near settlements and cultivated fields, where it feeds on rodents [1]. Due to its body shape, it can be considered a ground-dwelling snake, although it can be seen at low heights on trees, sufficiently robust shrubs, or termite mounds [13]. Like almost all snakes, the ball python can swim, but its life cycle is not dependent on the presence of water bodies [12]. It uses bathing possibilities especially during the molting phase [6].

The typical housing system used for pythons is the so-called rack system. It was first designed in North America around 1992 [14, 15]. A rack system is a shelving system with individual bins arranged as drawers. In some models, the bins have individual lids, in other models, they are open on the top and close flush with the upper shelf board. All bins have ventilation holes. Rack systems usually have no lighting elements, so the ambient light provides the only illumination. Heating elements are installed per drawer level, and heating pads or heating cables are most frequently used. The heating elements should be equipped with a thermostat that prevents overheating and undercooling. Racks are available in various sizes. Most importantly, the bins should be flat. Depending on the manufacturers, the synthetic material used for the bins varies from clear acrylic glass to non-transparent plastic. Regarding the bin furnishing, several variants are available. The most used substrate is newspaper, but also rodent litter or bark mulch are used. Most variants include a hiding place and a water bowl (for drinking), in some cases arranged as a bowl with crawl space underneath. Some variants contain additional structural elements such as artificial plants, a water basin (for bathing), or tree branches. Rack housing offers the advantage of quick and complete cleaning, and little space and time are needed to accommodate and maintain many snakes. Because each animal is kept individually, precise animal monitoring is easily possible. Moreover, the sparse furnishing keeps the injury risk low. Further arguments of breeders and advocates of rack housing can be found in the relevant literature [16, 17] and include the following: the animals accept feed more readily in a rack system than in a terrarium; thus, feed refusal occurs less frequently; due to the higher feed intake, the animals grow faster, resulting in a younger breeding age; the animals reproduce more readily; accommodation in the rack system is more natural for the ball python, which in nature lives in termite mounds; the flat design of the bins is thought to cause less stress for the snake [18]; animals housed in rack systems are considerably less aggressive

[17]. Light causes stress for crepuscular and nocturnal animals—a further argument for indirect or no illumination in the rack drawers.

Arguments against rack housing are comprehensively presented in the expert report of Workgroup 8 (Pet Trade and Pet Husbandry) [19] from 19 July 2013; the workgroup comprises members of the “Veterinary Association for Animal Protection” (Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e. V.), the “Federal Association for Expertise on Nature, Animal, and Species Protection” (Bundesverband für fachgerechten Natur-, Tier- und Artenschutz e. V.), the “Workgroup Diseases of Amphibians and Reptiles” (Arbeitsgemeinschaft Amphibien- und Reptilienkrankheiten, a subdivision of the “German Society for Herpetology and Herpetoculture” [Deutsche Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde e. V.]), the “German Veterinarian Society” (Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V. [DVG]), the DVG “Study Group Zoo Animal, Wild Animal, and Exotic Animal Medicine” (DVG Fachgruppe Zootier-, Wildtier- und Exotenmedizin), the DVG “Study Group Pet Birds, Zoo Birds, Wild Birds, Reptiles, and Amphibians” (DVG Fachgruppe Zier-, Zoo- und Wildvögel, Reptilien und Amphibien), and the “Munich Rescue Center for Reptiles” (Auffangstation für Reptilien München e. V.). In the expert report, the workgroup pointed out the lacking possibility for three-dimensional locomotion due to the low height of the rack bins. Furthermore, the small space allowance leaves little room for furnishings, excluding possibilities for hiding in various places (dry, humid, elevated) and for climbing. Depending on the substrate, burrowing may also be impossible. Another concern, not directly addressed in the expert report, is illumination. At the most, rack systems allow illumination via ambient light or via an LED strip fixed to the lid of the bin. Spotlights, for example with UV light, cannot be installed.

In contrast to rack systems, terrariums have been used much longer for housing animals. In 1964, the “German Society for Herpetology and Herpetoculture” was founded in Germany [20]. A terrarium is an enclosure or a container in which various species of animals can be housed [21]. The interior climatic conditions are adjusted to the needs of the housed animal species. At least one side of the terrarium is transparent. In contrast to an aquarium, terrestrial elements and air space predominate. Due to the rapid technical developments in almost every area, today’s terraristics is highly progressive. Daytime-dependent variations of temperature, lighting, and humidity can precisely be planned, simulated, and controlled. A skilled use of UV lamps, irrigation systems, and nebulizers in the terrarium allows creating a microclimate that is nearly identical to the microclimate in the natural habitat. In “good terraristics practice,” the animal is provided with various elements for expressing its needs. Climbing possibilities, various hiding places, substrate for burrowing, and plants are included according to the housed animal species. Living plants not only ensure the formation of a natural microclimate but also provide structural change over time. Various types of light sources can be used for illumination. Energy efficient LED bulbs can provide basic illumination. To simulate natural sunlight for the basking spot, UV lamps of appropriate wavelengths and intensity should be selected according to the animal species. Similarly, heating elements should optimally radiate heat like the sun, i.e., from the top to the bottom.

Beyond the body of specialized literature, we found a few arguments against housing the ball python in a terrarium [16, 17], but these arguments are based on observations and have not been analyzed scientifically. According to the “German Expert Report on Minimum Requirements for the Keeping of Reptiles” of 1997, the ball python does not feel safe in a terrarium exceeding a certain height. Because this snake is a ground dweller and not a good climber, a terrarium that is too high poses the risk of the animal falling and getting injured [16]. Furthermore, due to perception of the surrounding environment (e.g., through a glass front), the snake feels threatened and often reacts very aggressively [17]. Lighting additionally stresses the ball python [17]. All these factors can lead to feed refusal, slow growth, and poor

reproduction rates in a terrarium. Moreover, growth of health hazardous bacteria and molds often occurs in a terrarium [17].

Many wild animals kept in captivity show stereotypical behaviors. A stereotypy is a repetitive, invariant behavior or movement pattern without function or goal and is often seen due to inadequate husbandry conditions [22]. Therefore, stereotypies are often considered as indicators of impaired wellbeing caused by acute or past suffering. As seen almost exclusively in circumstances of confinement [23, 24], situations can arise in which an animal is strongly motivated to show a behavior but cannot express it because the necessary circumstances are not given [25]. Endogenous and exogenous stimuli can induce a readiness to act that is displayed at varying intensity. However, a desire-consuming final action never happens [26] because the human-made environment does not allow it [27, 28]. Such a conflict situation evokes a coping strategy by which the animal seeks alternative possibilities to cope with a frustrating situation that it can neither avoid nor change. The associated action often begins with aggressive behavior, which is expressed strongly or weakly, depending on the animal species. If this behavior does not change the situation, deprivation develops. If the circumstances continue to remain unchanged, certain stimuli will lead to behavior patterns that have no function or goal. In invariant environmental conditions, these behavior patterns are shown increasingly often and manifest as a stereotypy [25]. Stereotypies can be divided into two categories. One is referred to as redirected action, whereby a behavior is directed at an inadequate object (e.g., a male tortoise may try to copulate with a shoe). The other category is the so-called vacuum activity, whereby no object is used (e.g., walk stereotypies or, as in the present study, crawl stereotypies). A walk or crawl stereotypy can be based on one of two functional areas of behavior. The behavior may represent an escape attempt or a search behavior (food, mate, other resources). An escape attempt always indicates a state of arousal along with discomfort and thus a reduced wellbeing [29].

Therefore, the housing environment should be designed in a way that always allows the animals to express their natural behavior repertoire and to cope with all arising challenges [30, 31]. Moreover, enriched housing conditions can evoke positive emotions, which cause improved wellbeing and contribute to solving behavioral problems [31]. The aim of the present study is a scientific, comparative evaluation of ball python husbandry by considering animal welfare aspects when housing these animals in a rack system or a terrarium.

Animals, materials, and methods

The ethics committee of the veterinary department of the LMU Munich has approved the research under the number 99-20-10-2017.

Ball python (*Python regius*)

Thirty-five ball pythons (*Python regius*) were used for this study (see Table 1). Twenty-five of them were male, nine were female, and one was juvenile of undetermined sex. Three of the pythons had been handed in by private persons, whereas the others had been confiscated from five snake keepers by authorized agencies. Thirteen of the pythons were between 3 and 18 years old. The age of the other pythons ($n = 22$) was unknown.

Following the study the snakes were kept in the Auffangstation für Reptilien e.V (rescue center for reptiles, munich) and cared for without any restrictions on their well-being. A total of 25 of these ball pythons were placed in verified private homes by 2021 (2018: 14 animals, 2019:6 animals, 2020:5 animals). The remaining 10 ball pythons will continue to be cared for at the Auffangstation für Reptilien München e.V. and are available for adoption. The new owners must fill out a questionnaire and attach pictures of the husbandry to adopt an animal

Table 1. Characteristics of the studied ball pythons ($n = 35$).

Animal number	Sex	Age (years)	Length (cm)	Weight (g)	Color/pattern	Origin
1	male	unknown	125	1,570	WT	CA
2	male	unknown	128	1,470	WT	CA
3	male	unknown	100	890	M, Albino	CA
4	female	unknown	104	1,400	WT	CA
5	male	unknown	95	420	M, Albino	CA
6	male	15	115	1,300	WT	PP
7	male	15	110	1,305	WT	PP
8	male	3	100	1,100	M, Albino	CA
9	male	unknown	98	1,000	M, Banana Spider	CA
10	male	unknown	100	1,190	WT	CA
11	male	unknown	110	970	M, Spider	CA
12	female	unknown	85	630	WT	CA
13	female	3	110	1,400	M, Cinnamon	CA
14	male	unknown	100	1,000	WT	CA
15	female	4	110	1,210	M, Butter Spider	CA
16	male	5	120	1,580	M, Enchi	CA
17	female	unknown	120	1,330	M, Desert Pin	CA
18	male	4	119	1,830	M, Pewter Blast	CA
19	female	4	120	1,580	M, Pastel	CA
20	female	7	115	1,530	WT	CA
21	male	unknown	120	1,440	WT	CA
22	male	4	125	1,590	M, Phantom Bumble Bee	CA
23	male	4	100	1,200	M, Pewter	CA
24	male	unknown	105	1,100	M, Spider	CA
25	male	6	130	1,690	M, Yellow Belly	CA
26	male	unknown	115	1,300	M, Caramel	CA
27	male	unknown	120	1,090	M, Desert Ghost	CA
28	male	unknown	148	2,530	WT	CA
29	female	unknown	135	2,200	WT	CA
30	male	unknown	110	1,300	WT	CA
31	undetermined	unknown	53	118	WT	PP
32	male	unknown	135	1,654	WT	CA
33	male	18	112	755	WT	CA
34	male	unknown	98	731	M, Pastel	CA
35	female	unknown	110	758	WT	CA
Mean \pm SD		7 \pm 5	111.4 \pm 16.6	1,233.5 \pm 505.4		

WT = wild type; M = morph; CA = confiscating agency; PP = private person.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.t001>

from the sanctuary. If there is no or little previous knowledge, one or more personal interviews will be held at the station. The placement is exclusively in terrarium keeping with appropriate minimum dimensions and design according to their needs.

Body weight, length, and color. At the beginning of this study, the pythons had a body length ranging from 53 to 148 cm and a body weight ranging from 0.11 to 2.50 kg. We did not find a sex-specific length or weight distribution. Approximately half ($n = 18$) of the snakes had a color or a pattern (or both) divergent from the wild type (see Table 1).

Feeding. In feeding intervals of 2 weeks, the snakes were offered defrosted mice (*Mus musculus*) warmed up to body temperature. The juvenile snake (No. 31) received “hoppers”

(subadult mice), the adult snakes received adult mice, and the largest snakes received subadult rats (*Rattus rattus*). The numbers and sizes of the feeder animals were tailored to each snake based on personal experience. Seventeen pythons ate dead mice from the first feeding onward, whereas eighteen pythons refused to eat dead feeder animals despite multiple offerings during various daytimes and with simulation of prey movement. Therefore, these pythons were offered living mice from the third feeding onward, and five of them began eating. From the sixth feeding onward, living multimammate mice (*Mastomys coucha*) and living rats were offered. Seven snakes that had not accepted feed until then ate these feeder animals, but another six feed-refusing pythons did not. Because young, small guinea pigs (*Cavia porcellus*) were not available, defrosted mice were covered with pieces of guinea pig fur. With this method, all feed-refusing snakes finally ate. This specialization on only one species of feeder animal was due to the previous husbandry conditions in which the snakes were mostly fed newborn guinea pigs (source: confiscating agency).

Housing systems

For the present study, the pythons were kept in two types of housing systems. First, they were housed in a rack system. Afterwards, they were housed in terrariums.

Housing in the rack system. The rack system consisted of clear acrylic polypropylene bins (70 × 40 × 16 cm LWH) with ventilation holes in the front and back sides (see Figs 1 and 2). The bins were placed precisely fitted as drawers in a shelving system consisting of a non-transparent plastic frame and boards made of oriented strand board. The back half of the bin was heated with a heating cable and pad, controlled via a thermostat (Thermo Control Pro II, Lucky Reptile). The daytime temperature from 8:00 a.m. to 8:00 p.m. was on average 28°C (26–32°C) at the back end measured above the heater element and on average 26°C (27–30°C)

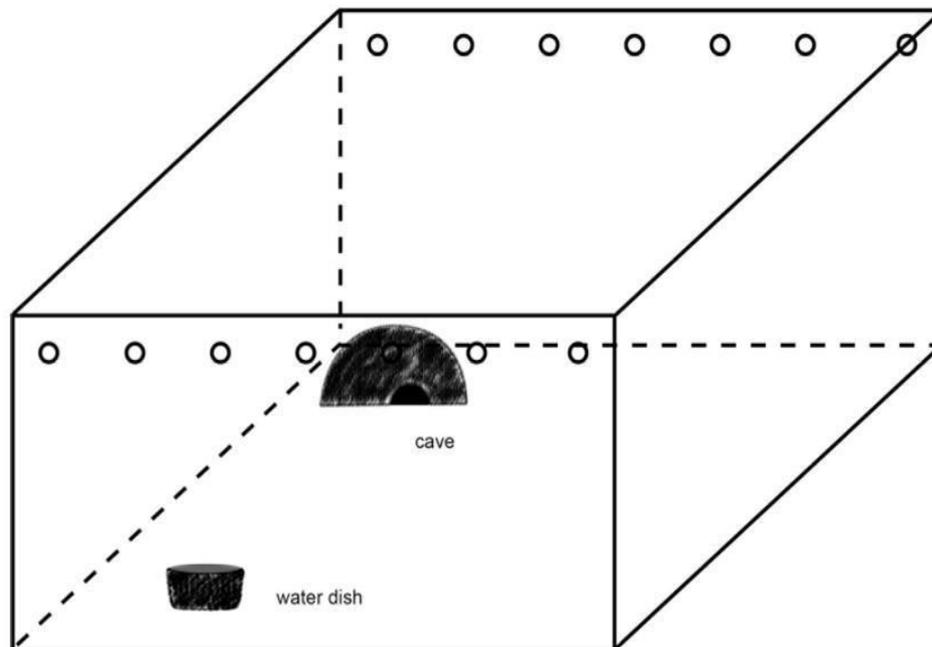


Fig 1. Schematic view of a rack drawer.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.g001>



Fig 2. Photo of a rack drawer.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.g002>

at the front end of the bin. In the time from 8:01 p.m. to 7:59 a.m., the temperature at each end was 3°C less. The bottom was covered with newspaper. An upside-down plastic plant pot of 27 cm diameter with an entrance hole of 8 cm diameter served as hiding place. During the molting period, moist towels were put inside the hiding place. Fresh water was provided ad libitum in a bowl that was fixed to the bottom and one side of the bin with a hook-and-loop fastening strap. For the nighttime observation, one side of each drawer had a hole of 0.5 cm diameter, which allowed illuminating the drawer with red light (LED 650 nm). This wavelength lies outside the visible spectrum of the ball python [32].

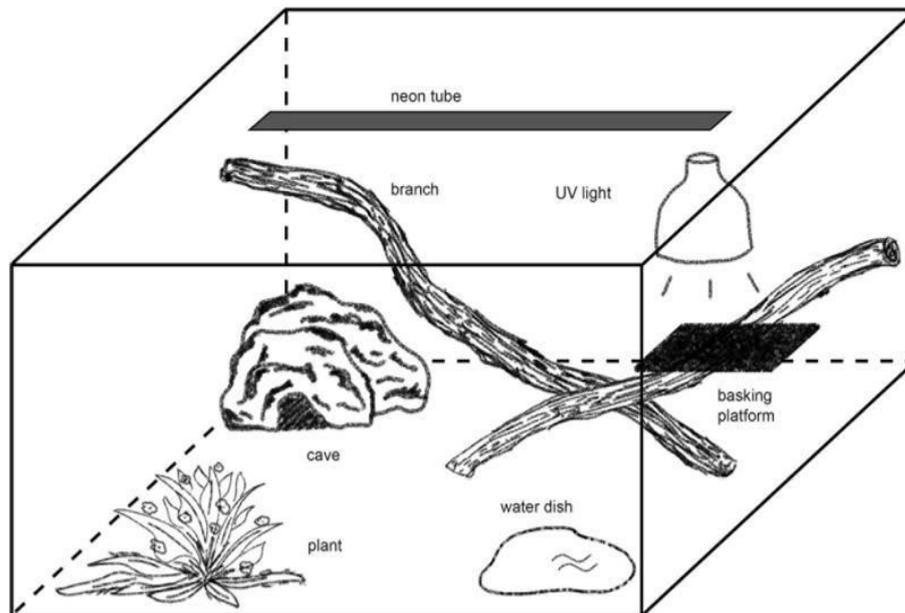


Fig 3. Schematic view of a terrarium.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.g003>

Housing in the terrarium. For housing the pythons in a terrarium (see Figs 3 and 4), three sizes of terrariums were used. They met the minimum requirements for housing reptiles [9]. The smallest terrariums measured 100 × 50 × 50 cm (LWH, Size 1), the medium-sized 120 × 60 × 60 cm (Size 2), and the largest 150 × 80 × 80 cm (Size 3). Basic illumination in all terrariums was provided via a fluorescent tube (Osram 865, 6500 Kelvin; Size 1: 18 W, Size 2: 30 W, Size 3: 36 W). For protection, the tube was installed in a moisture-proof bracket. As spotlight, we used a UV lamp (Size 1: Lucky Reptile Bright Sun UV Jungle 35 W, 34 cm above the basking platform; Sizes 2 and 3: Lucky Reptile Bright Sun UV Jungle 50 W, 39 cm above the basking platform) in a protective wire case (Lucky Reptile Thermo Socket plus Reflector). The temperatures during daytime (8:00 a.m. to 8:00 p.m.) were 38°C underneath the spotlight and 25°C in the coolest area. During nighttime, the measured temperature was on average 24°C (22–26°C). The substrate was a mixture of soil (60%), sand (20%), bark mulch (15%), and loam powder (5%). In the back half, the substrate was raised to a height of 35 cm to enable the snakes to burrow. The average substrate thickness in the front half was 10 cm. Each terrarium had a hiding place like the one used in the rack system and an elevated basking platform underneath the UV lamp. Furthermore, each terrarium contained a water basin and a living plant, which was held in place by a layer of gravel. The remaining furnishings included trunks, branches, twigs, clumps of grass, roots, moss, rocks, and bark and had been collected outdoors. The arrangement of the furnishings was identical, but the use of natural materials did not allow a 100% match. For video recordings, each terrarium was illuminated with a single red LED bulb (650 nm) that was controlled with a timer.



Fig 4. Photo of a terrarium (size 1).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.g004>

Behavior observation

All pythons were observed in the rack system and the terrarium. In the rack system, a camera (Qumox SJ 4000) was installed at the front end of the drawer and turned on for five consecutive days. All lights on the camera were covered with tape so that only the red light from the LED bulb (nighttime) and the ambient lighting in the room served as light sources. To allow an adaptation period, the camera was installed on the rack 5 days before the recording. The behavior observation began at 5:00 p.m. for 24 hours. The nighttime observation in the terrarium was also facilitated by red LED illumination. For practical reasons, the daytime observation was done without camera, although the switched-off camera remained in the terrarium. Because an ethogram for ball pythons did not exist, we created one based on the observations (see Table 2). It does not include interactions with other individuals because all pythons were single housed during the whole study. Feeding behavior is also excluded because feeding was a planned event that the individual could not control.

Locomotion. Behaviors were classified as locomotion when none of the other behaviors listed in Table 2 additionally occurred. “Crawling forward” includes lateral undulation, retilinear locomotion, and a combination of both. “Moving backward” refers to movements of the whole body or of body parts. True backward crawling is not possible due to the scales, so the movement is a pushing motion facilitated by partial or complete lifting of the body. “Climbing” includes all movements during which at least half of the body does not touch the ground. “Burrowing” is an activity during which at least the head up to the eyes is burrowed in the substrate. Movements that include only the head were assessed separately.

Exploration behavior directed at the camera. This behavior means that the snake approaches the camera, touches it with its mouth, and probes it with its tongue.

Comfort behavior. Comfort behavior includes behaviors that often accompany resting behavior. “Basking” is the active visiting and staying at the basking spot, without differentiation of body positions. “Bathing” describes an active visiting of the water basin and lying in the water. Crawling through the water basin is not counted as bathing. “Resting in the hiding place with side wall contact” can be viewed as resting behavior. Lying outside of the hiding

Table 2. Ethogram for the ball python.

Behavior	Abbreviation
Locomotion	L
1. Crawling forward	L1
2. Moving backward	L2
3. Lifting the front body up	L3
4. Climbing	L4
5. Burrowing	L5
6. Moving the head	L6
Exploration behavior directed at the camera	E
Comfort behavior	C
1. Basking	C1
2. Bathing	C2
3. Resting in the hiding place with side wall contact	C3
4. Resting outside of the hiding place, not under the basking spot, coiled	C4
5. Resting outside of the hiding place, not under the basking spot, stretched out	C5
Defensive behavior, aggressive behavior	A
Feeding behavior: drinking	F
Other behaviors	O
1. Yawning	O1
2. Pushing the mouth against a barrier (side walls, top)	O2
3. Pathological behaviors (wobbling, stargazing)	O3

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.t002>

place, either coiled or stretched out, is a resting behavior and furthermore indicates a level of comfort in the snake because this behavior does not offer protection, in contrast to lying inside the hiding place.

Defensive behavior. Defensive behavior in most cases is a sequence of behaviors. The python moves its front body into S-shaped loops and afterwards may vocalize by making a loud hissing sound. A defensive bite can occur with the mouth closed or open. All these behaviors were also recorded when they occurred individually.

Feeding behavior. The ethogram lists only “drinking” because the snakes could not control the timing of feeding. During drinking, the mouth (and sometimes the head up to the eyes) is submerged under the water surface in the water bowl, and water is sucked in through chewing movements.

Other behaviors. “Other behaviors,” in contrast to the above-described ones, are not interconnected. “Yawning” is often seen after feeding but can also occur spontaneously. Another typical behavior is the crawling alongside the barriers of the enclosure whilst “pushing the mouth against side walls or the top.” The pushing could be a soft touching, but it could also be strong enough to lead to temporary deformation of the mouth. “Wobbling” and “stargazing” are abnormal behaviors that mostly occur in certain color morphs (e.g., Spider) or with the onset of disease (e.g., arenavirus infection). They describe a disoriented, vibrating movement with spiraling turns or crawling on the back. These movements are often associated with a stimulus, such as the offering of feed.

Ethics statement

Before the beginning of this study, the study design was submitted to the ethics committee of the Center for Clinical Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, LMU Munich, Germany. The study was approved under protocol number 99-20-10-2017.

Behavior assessments

The behaviors were documented in 10-min intervals, resulting in a dataset of 144 behavior units per day. This assessment was done on 5 days for each housing system. For comparative data analysis, the area under the curve (AUC) was calculated. For a more precise comparison of behavior rhythms in the two housing systems, we divided the day in three periods. The presumed main activity phase (Period 1; P1) from late afternoon to early night was between 4:00 p.m. and 11:00 p.m.; it was followed by the nighttime phase (Period 2; P2) until 7:00 a.m. the next day and then the daytime phase (Period 3; P3) until dusk (3:59 p.m.).

Statistical analysis

The collected data were first transcribed in Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation, Redmond, CA, USA). For statistical analysis, we used IBM SPSS Statistics (IBM Deutschland GmbH, Ehningen, Germany) and MedCalc (MedCalc Software Ltd, Ostend, Belgium). Differences between the housing systems in the frequency of shown behaviors were determined with the t-test. Differences between the daytime periods within and between the housing systems were analyzed with the t-test and the Wilcoxon test. The level of significance was set at $p < 0.05$.

Results

In this study, we differentiated 17 behaviors (see Table 2). Defensive or aggressive behavior (A) was never shown, nor was “moving backward” (L2). “Moving the head” (L6) was never shown as a separate movement but could be observed associated with other behavior components. Table 3 lists the relative frequency of all behaviors displayed in a 24-hour period in the rack system and the terrarium.

For eight behaviors, we found a statistically significant ($p < 0.05$) difference between the housing systems. The behavior “crawling forward” (L1) was the most frequent locomotion behavior in both housing systems. It occurred significantly ($p < 0.05$) more often in the terrarium (AUC = 21.6) than in the rack system (AUC = 9.7). “Pushing the mouth against a barrier” (O2) occurred significantly ($p < 0.05$) more often in the rack system (AUC = 15.9) than in the

Table 3. Comparison of the relative frequency of all behaviors displayed in 24 hours in the two housing systems (rack system and terrarium).

Behavior	Rack system (%)	Terrarium (%)
Crawling forward (L1)	7.11 ± 0.25	15.90 ± 0.02
Lifting the front body up (L3)	0.78 ± 0.006	1.15 ± 0.005
Climbing (L4)	0	7.00 ± 0.02
Burrowing (L5)	0	1.17 ± 0.01
Exploration behavior directed at the camera (E)	0.55 ± 0.005	0
Basking (C1)	0	9.90 ± 0.05
Bathing (C2)	0	0.90 ± 0.01
Resting inside the hiding place (C3)	53.90 ± 0.15	33.33 ± 0.13
Resting outside of the hiding place, coiled (C4)	11.24 ± 0.08	11.85 ± 0.07
Resting outside of the hiding place, stretched out (C5)	14.64 ± 0.09	18.64 ± 0.10
Drinking (F)	0.03 ± 0.0006	0.07 ± 0.0009
Yawning (O1)	0.02 ± 0.0004	0.02 ± 0.0004
Pushing the mouth against a barrier (O2)	11.59 ± 0.02	0.04 ± 0.001
Pathological behaviors (O3)	0.12 ± 0.004	0.03 ± 0.001

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.t003>

terrarium (AUC = 0.1). The pythons spent a large part of the day resting (C3–C5). “Resting in the hiding place” (C3) was the most frequent variant and occurred significantly ($p < 0.05$) more often in the rack system (AUC = 79.6) than in the terrarium (AUC = 50.9).

“Basking” under the UV lamp (C1), “climbing” (L4), and “bathing” (C2) occurred only in the terrarium. These behaviors could not occur in the rack system because of its structural design. “Exploration behavior directed at the camera” (E), although possible in the terrarium, was shown only in the rack system (AUC = 0.9).

We also found daytime-specific differences within and between the housing systems. In the following, P1 refers to the main activity phase from 4:00 p.m. to 11:00 p.m., P2 to the nighttime phase from 11:01 p.m. to 7:00 a.m., and P3 to the early daytime phase from 7:01 a.m. to 3:59 p.m.

In the terrarium, the behavior “crawling forward” (L1; see Fig 5) was shown most frequently during P1 (AUC = 38.0) and considerably less during P2 (AUC = 5.8) and P3 (AUC = 6.9). During all periods, the values differed significantly ($p < 0.0035$) from those in the rack system (P1: AUC = 16.0; P2: AUC = 3.1; P3: AUC = 2.3). In addition, the differences between the periods were considerably smaller in the rack system than in the terrarium.

During all periods, “lifting the front body up” (L3) was observed similarly often in both housing systems. This behavior occurred most frequently during P1, both in the rack system (AUC = 0.5) and in the terrarium (AUC = 5.8). During the other two periods, it occurred less often in both housing systems (AUC = 0.4 ± 0.1).

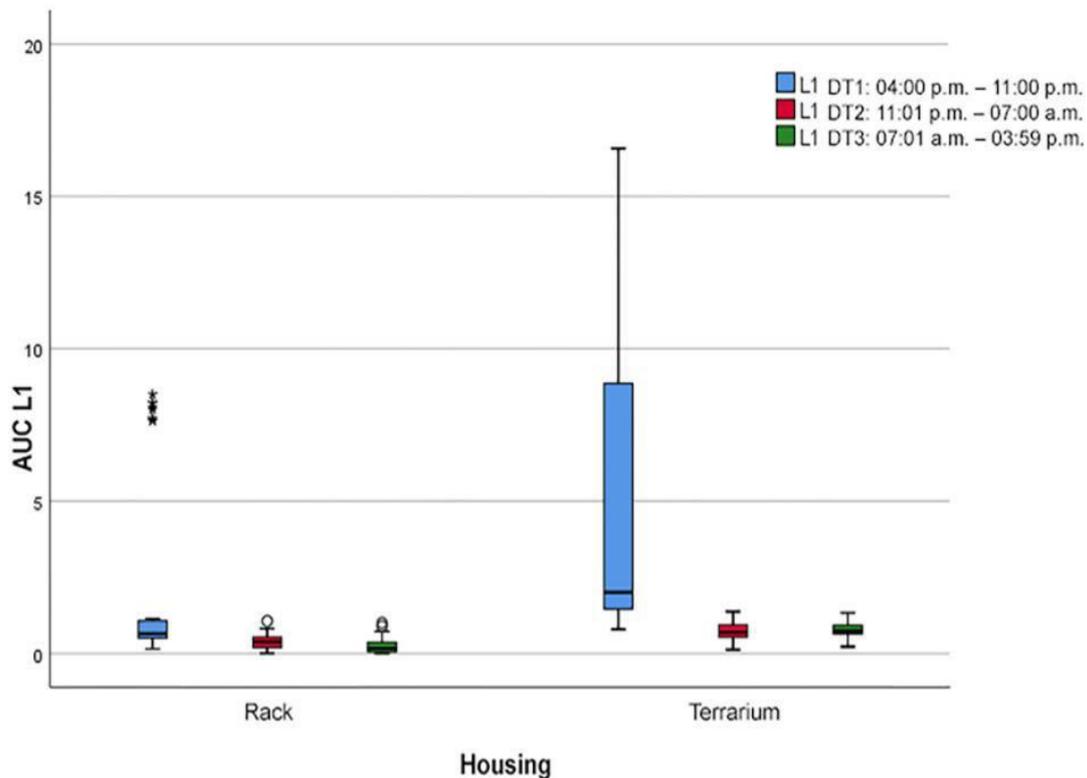


Fig 5. Boxplot with extreme outliers (*). Frequency of the locomotion behavior “crawling forward” (L1) during the three daytime periods (P) depending on the two housing systems ($p < 0.05$).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.g005>

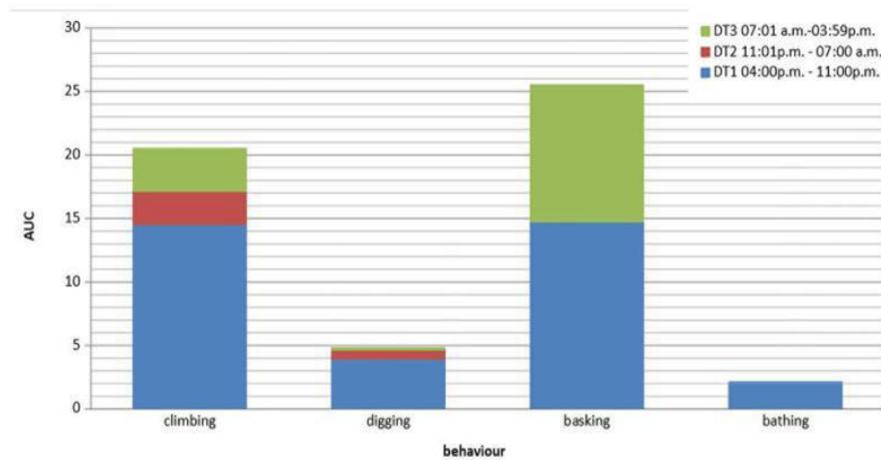


Fig 6. Occurrence of four behaviors in the terrarium during the three daytime periods (P).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.g006>

“Climbing” (L4) behavior in the terrarium also had its activity peak during P1 (AUC = 14.5) and occurred considerably less often during the other two periods (P2: AUC = 2.6; P3: AUC = 3.4). We made similar observations (see Fig 6) for the other three behaviors that could only be shown in the terrarium. “Burrowing” (L5) occurred most frequently during P1 (AUC = 3.9), followed by P2 (AUC = 0.7) and P3 (AUC = 0.2). “Bathing” (C2) was observed most frequently during P1 (AUC = 2.1), much less during P3 (AUC = 1.0), and not at all during the nighttime period (P2). Because of the set lighting intervals, “basking” (C1) could occur only during P1 (AUC = 14.7) and P3 (AUC = 10.8). The three albinotic ball pythons were basking for on average 10 ± 2 min/day, much less than the other ball pythons, which were basking for on average 144 ± 13 min/day.

“Exploration behavior directed at the camera” (E) in the rack system occurred most frequently during P1 (AUC = 0.9) and rarely during the other two periods (P2: AUC = 0.2; P3: AUC = 0.1). It did not occur in the terrarium.

“Resting in the hiding place” (C3; see Fig 7) was most frequently observed during P1 (rack system: AUC = 63.8; terrarium: AUC = 36.4). During the other periods (P2 and P3 combined), it occurred at similar frequencies within each housing system (rack system: AUC = 29 ± 7 ; terrarium: AUC = 18.2 ± 1.3).

“Coiled resting outside of the hiding place” (C4; see Fig 8) was shown at similar frequencies in both housing systems during all daytime periods. We found a small behavior peak during P1 in both the rack system (AUC = 13.4) and the terrarium (AUC = 9.3). During the other two periods, this comfort behavior occurred at almost identical frequencies within each housing system (rack system: AUC = 6.2 ± 0.1 ; terrarium: AUC = 5.45 ± 0.45).

By contrast, “stretched-out resting outside of the hiding place” (C5; see Fig 9) in the terrarium was observed more frequently during the activity phase (P1: AUC = 18.9) and the nighttime phase (P2: AUC = 14.6) and less frequently during the early day (P3: AUC = 5.6). The frequency of this comfort behavior in the rack system during P1 and P2 (AUC = 11.6 ± 2.6) was also higher than during P3 (AUC = 5.6).

We found a considerable difference between the two housing systems for the behavior “pushing the mouth against a barrier” (O2; see Fig 10). The pythons showed this behavior significantly more often ($p < 0.05$) and almost exclusively in the rack system. In the rack system,

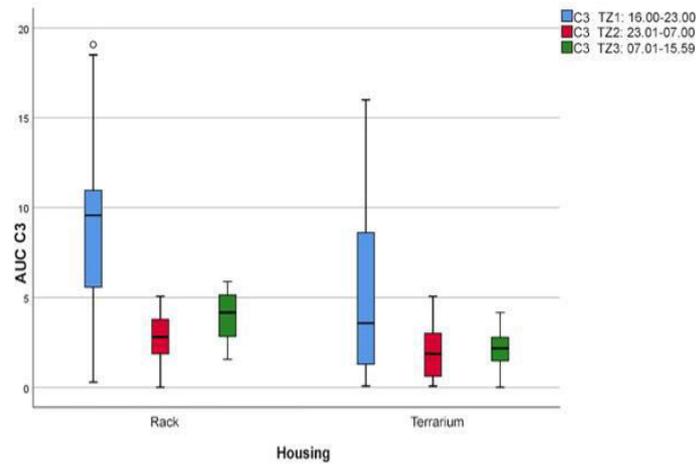


Fig 7. Boxplot with outliers (*). Frequency of the comfort behavior "resting in the hiding place" (C3) during the three daytime periods (P) depending on the two housing systems ($p < 0.05$).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.g007>

we furthermore observed a significant difference ($p < 0.05$) in this behavior between P1 (AUC = 33.6) and the other two periods (AUC = 4.0 ± 1.9).

A difference in "drinking" (F), "yawning" (O1), or "pathological behaviors" (O3) was not observed. The pythons showed all three behaviors sporadically during all daytime periods and in both housing systems.

Discussion

The ball python (*Python regius*) is the most common live exported wildlife from Africa among Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora [33] listed animals. From the 3 main exporting countries, Togo, Ghana and Benin, 83,189 ball pythons were exported in 2018 according to CITES. Snakes from Togo (58,987 exported animals 2018) 93.8% came from so-called "ranching". There, pregnant females or hatchlings are collected and

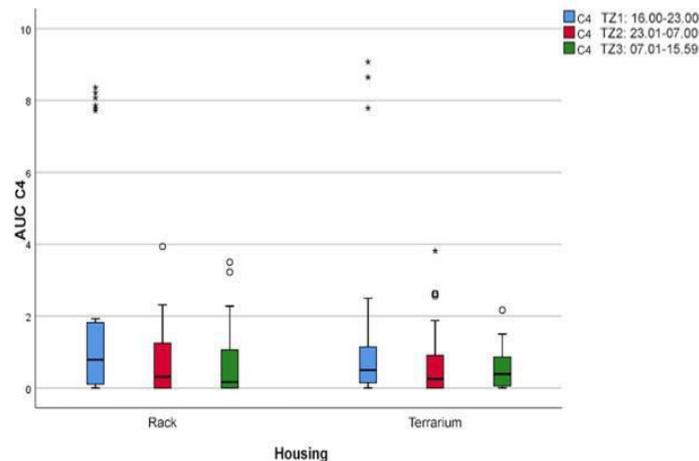


Fig 8. Boxplot with outlier (*) and extreme outliers (*). Frequency of the comfort behavior "resting outside of the hiding place, coiled" (C4) during the three daytime periods (P) depending on the two housing systems ($p > 37.92$).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.g008>

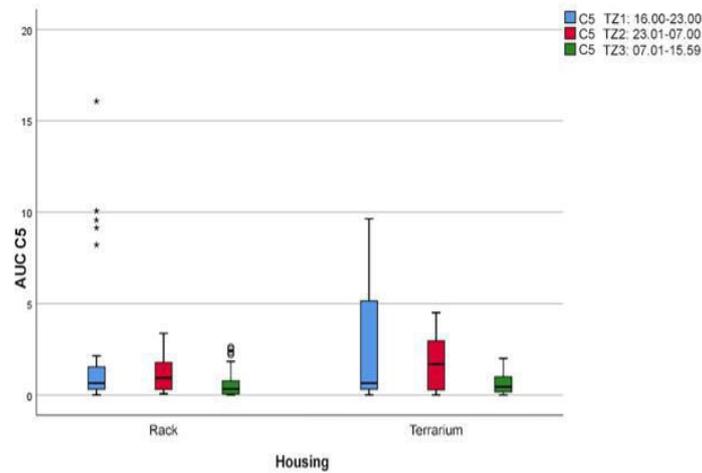


Fig 9. Boxplot with outliers (*) and extreme outliers (*). Frequency of the comfort behavior “resting outside of the hiding place, stretched out” (C5) during the three daytime periods (P) depending on the two housing systems ($p > 24.38$).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.g009>

brought to a farm/ranch. In theory, females are released back into the wild after laying eggs. The eggs are hatched and the hatchlings exported. In Ghana (20,952 exported animals 2018), 64.3% came from “ranching”, 7.6% are declared as “captive bred animals”, 28% are wild-caught. Ball pythons from Benin (3,250 exported) were 76% from “ranching”; only 2.5% of the animals came from the wild. However, there the CITES listing included 700 animals (21.5% of the export animals) that were confiscated, the origin status of the animals was not noted (sources CITES 2021 accessed on 11 of April 2021).

The main destinations of animals from the three exporting countries are the USA (83.2%) followed by Europe (8.3%) and Asia (7.8%).

According to the national pet owner survey from American Pet Products Associations 9.4 million reptiles live in American households [34]. No distinction was made among snake

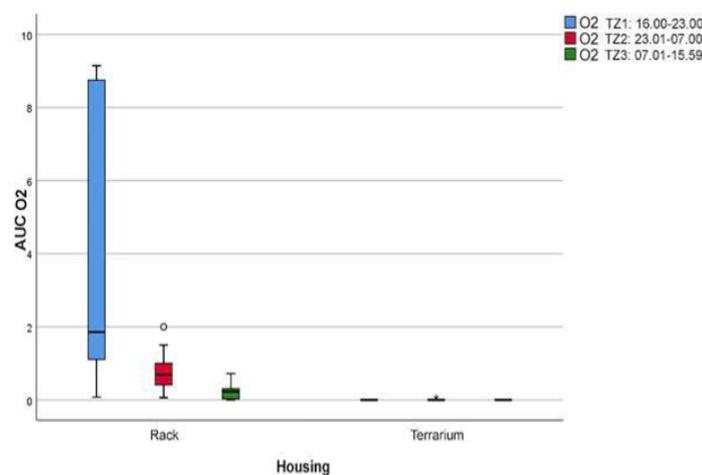


Fig 10. Boxplot with outliers (*). Frequency of the behavior “pushing the mouth against a barrier” (O2) during the three daytime periods (P) depending on the two housing systems ($p < 0.05$).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082.g010>

species. In Canada, a similar survey reported 28,000 ball pythons [35]. In the United Kingdom, an online survey by the Pet food manufacturers Association (PFMA) reported 400,000 snakes [36]. The trend from this survey made visible a doubling of snake husbandry; in the same 2019 survey, only 200,000 snakes were recorded [37]. Species were also not further identified.

In 2018, 2,498 ball pythons were imported to Germany (1,091 from Togo, 907 from the USA, 500 from Ghana) In 2019, there were 611 animals (241 from Togo, 37 from the USA). No data is available for 2020 and the current year [33].

The CITES listed ball pythons are only a small amount of kept ball pythons in every country. The ball python is easy to reproduce. Also the interest in Morphs that not found in the wild is immense. For the creation of Morphs there are a lot of wildtype/ "classic" coloured animals with morph genes but not the phenotypical expression. In Germany there is an exemption from the obligation to register the royal python. Thus, the number of snakes in private hands is not recorded ("Federal Directive on Species Protection" [Bundesartenschutzverordnung] Appendix 5 regarding § 7 Section 2; [5].

The EXOPET study (duration 2015–2018 [38], recorded 876 ball pythons kept by 292 survey participants. The husbandry facilities were racks 16.8% of the time, representing 49 keepers. Of all respondents, 288 individuals commented on the number of animals kept. Only 11 owners kept more than 13 ball pythons.

These numbers reinforce an investigation regarding housing options, namely, a rack system and a terrarium, and associated behavioral expression of the ball python. We found significant differences in the assessed behaviors depending on the housing system. The pythons in this study showed several often-underestimated behaviors (basking, climbing, bathing, burrowing), indicating the necessity for a new definition of animal-appropriate husbandry of the ball python. Although the results showed that the pythons spent most of the day resting (in the rack system: 80%, in the terrarium 64% of a 24-hour day), the way in which they rested differed between terrarium and rack system. Especially the stretched-out resting outside of the hiding place tended to occur more frequently in the terrarium. During the remaining time, the snakes also showed different frequencies in the assessed behaviors depending on the housing system.

Locomotion behaviors such as climbing and burrowing were exclusively shown in the terrarium; they could not be expressed in the rack system due to spatial and structural conditions. The ball python is considered a ground-dwelling snake [6]. However, it may occasionally crawl onto a termite mound or climb within waist-high branch wood. An animal-appropriate accommodation must therefore enable the snake to move in three-dimensional space. Burrowing and bathing were shown less often, but they are important components of the behavioral repertoire and must be facilitated for the ball python. Although bathing, a type of comfort behavior, plays only a minor role in the natural behavior of the ball python, this snake species has access to water in its natural habitat. Therefore, a large enough water basin should be provided in a housing system.

Many authors (e.g. [17]) believe that snakes do not need UV light to stay healthy. However, the behavior of the herein studied pythons clearly showed that UV light is necessary for an animal-appropriate environment that meets the needs of a ball python. The pythons actively visited the basking spot and used it daily for on average 144 min. In a preliminary study, we had found that basking spots without UV light were used significantly less than basking spots with UV light. Most ball pythons have a daily rhythm, in which they crawl to the basking spot when the light is switched on and stay there to warm up. This phase of warming up is followed by a phase of activity, which is followed by a phase of resting. Before the UV light is switched off, the snakes revisit the basking spot to warm up before dusk, when their phase of main activity begins. This natural rhythm clearly shows how the breeding of color morphs (e.g., Albino) can restrict normal behaviors. Due to their heightened light sensitivity, the albinotic pythons in our study visited the basking spot under UV light less often and for much shorter duration

(daily average: 10 min) than the pigmented pythons did. Because basking, with approx. 10% of the 12-hour light period, made up a large share in the behavior repertoire of the ball python, the question arises in how far the selective breeding of albinotic morphs represents cases of so-called torture breeding in terms of the German Animal Welfare Act [39].

The pythons showed an excessive interest in the camera only when they were housed in the rack system. This finding indicates that the ball python accepts any stimulus to express exploration behavior. Furthermore, it might explain why ball pythons easily feed and reproduce in a rack system. However, it is no evidence of animal-appropriate housing but simply indicates that the snakes use every opportunity to compensate for the lack of stimuli. In a furnished environment with many stimuli, an individual new stimulus that neither meets a basic need nor poses a clear advantage or disadvantage for the animal does not elicit interest.

In the present study, non-species-typical behavior occurred significantly more frequently ($p < 0.05$) in the rack system than in the terrarium. In rack housing, 12% of all shown behaviors were stereotypical movements, in terrarium housing, the respective frequency was less than 0.04%. The snakes crawled alongside the entire rack drawer and pushed their mouth against the sides (mostly the upper edges) and partially against the top. Several of the pythons ($n = 10$) stuck their nose through the ventilation holes and tried to widen them through burrowing movements. Because all pythons stopped showing this “mouth pushing” behavior as soon as they were transferred to a terrarium, this behavior cannot be considered a classical stereotypy, in which the behavior would be continued despite the change in circumstances [40]. However, during the rack housing period, we observed individual differences. Several pythons ($n = 9$) showed the above-described “mouth pushing” behavior on the first day of rack housing but then entered a resting state. Others ($n = 16$) initially showed a resting phase of several days, but once they started showing the “mouth pushing” behavior, they did not stop showing it for the remaining rack housing period. The remaining pythons ($n = 10$) did not show a specific pattern in the “mouth pushing” behavior. We could not find a link to any other assessed parameter. By contrast, the pathological behavior “wobbling” was not shown depending on the housing type but was exclusively shown by the color morph Spider and those resembling it ($n = 5$). Presumably, due to a deformation of the inner ear, these morphs have difficulties keeping their balance, especially in states of arousal [41].

The non-occurrence of defensive behavior in our study may be explained by the lack of a stimulus (predator, disturbance). The same applies to backward movement, which usually is observed when snakes are threatened and keep their gaze on the source of the threat while they retreat. In the present study, a threat stimulus was not given.

In summary, our study results show that based on the assessed aspects, the housing in a rack system cannot be considered an animal-appropriate accommodation for the ball python. The only animal-based advantage of rack housing is the possibility for complete and fast cleaning. This aspect can be useful for keeping sick animals or facilitating quarantine conditions. Further aspects such as the keeping of many animals in small spaces or the time-saving maintenance of these animals are in no case in the interest of the snakes. These conditions are rather reminiscent of intensive mass husbandry, in which economic aspects are considered to be of higher priority than animal welfare.

Our results do not support the argument that the ball python accepts feed more readily in a rack system than in a terrarium. With the rack system, we initially encountered difficulties in feed acceptance, but these were most likely due to the kind of offered feed. Because the snakes in both housing systems did not differ in their readiness to eat, the reason for previously reported higher growth rate in the rack system [17] is most likely a lower calory use due to reduced locomotion. Crawling forward alone made up 15% (on average) of all shown behaviors in the terrarium. In the rack system, the share of this locomotion behavior was only 7%.

Moreover, other calory-burning activities such as burrowing and climbing occurred only in the terrarium. These results suggest that the ball pythons used less energy for locomotion in the rack system and thus could invest excess calories in growth. Snakes that move little have a reduced muscle mass and tonus, as compared with snakes that can express their full behavior repertoire. Due to the reduced muscle tonus, the snakes are less able to keep their body in certain positions. A ball python that has the possibility to express all physiological movements because it lives in a furnished environment can be assumed to have stronger muscles than a ball python that lives in an unstructured and spatially restricted environment.

The statement of McCURLEY [17] that illumination is a stressor for ball pythons could be disproved in our study. If light had caused stress in the snakes, they would not have exposed themselves to it because they always had the possibility to seek shelter in a hiding place. Even the albinotic pythons, for which the duration (on average 10 min/day) of basking differed considerably from that of the pigmented pythons (on average 144 min/day), used the offered light source. For albinotic pythons, a UV lamp of low intensity should be installed. Housing with indirect illumination or in complete darkness is animal-welfare-adverse and thus not acceptable. Darkness would amplify the scarcity of stimuli in the rack system.

A terrarium must be adapted to the needs of the housed individual. For instance, the need for protection in juvenile snakes should be met with multiple hiding places and many structural elements, such as dense vegetation. The terrarium dimensions alone cannot be used to determine if a terrarium is appropriate for housing a ball python. An unstructured, large terrarium in which the animal-appropriate needs are not met is not acceptable. The terrarium should contain several hiding places, possibilities for climbing, substrate for burrowing, a large enough water basin that the snake can use for bathing, and a basking spot with UV light. The natural needs of the ball python are known and thus must be met.

Author Contributions

Conceptualization: Tina Hollandt, Markus Baur.

Data curation: Tina Hollandt.

Formal analysis: Tina Hollandt.

Funding acquisition: Tina Hollandt, Anna-Caroline Wöhr.

Investigation: Tina Hollandt.

Methodology: Tina Hollandt.

Project administration: Tina Hollandt, Anna-Caroline Wöhr.

Resources: Tina Hollandt.

Supervision: Tina Hollandt, Markus Baur, Anna-Caroline Wöhr.

Validation: Tina Hollandt.

Visualization: Tina Hollandt.

Writing – original draft: Tina Hollandt.

Writing – review & editing: Tina Hollandt, Markus Baur, Anna-Caroline Wöhr.

References

1. De Vosjoli P. The general care and maintenance of Ball Pythons. 1st ed. Lakeside: The Herpetocultural Library, Advanced vivarium systems; 1990.

2. Riis A. & Bendtsen T. World of ballpythons Morph list [cited 11.12.2020]. Available from: <http://www.worldofballpythons.com/morphs/>?
3. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Appendices II [cited 11.12.2020]. Available from: <https://cites.org/sites/default/files/eng/app/2020/E-Appendices-2020-08-28.pdf>.
4. Regulation (EG) Nr. 338/97 9.12.1996 for the protection of wild animals and plants by monitoring trade [Verordnung (EG) Nr. 338/97 des Rates vom 9. Dezember 1996 über den Schutz von Exemplaren wildlebender Tier- und Pflanzenarten durch Überwachung des Handels Anhang B]. [cited 11.12.2020]. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:01997R0338-20130810.Germany>.
5. Regulation for the protection of wild animals and plants (Federal Directive on Species Protection) [Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung—BArtSchV)Anlage 5 BArtSchV (zu § 7 Abs. 2) Von der Anzeigepflicht des §7 Abs.2 ausgenommene Arten]. [cited 11.12.2020]. Available from: https://www.gesetze-im-internet.de/bartschv_2005/anlage_5.html. Germany.
6. Schmidt D. Schlangen. 2nd ed. Leipzig: Urania-Verlag; 1994.
7. Ministry of foreign affairs, Germany [Auswärtiges Amt, Deutschland]. [cited 20.04.2020]. Available from: <https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/laender>. Germany.
8. Iten K. Klimadiagramme weltweit, [cited 21.04.2020]. Available from: <https://www.iten-online.ch/klima/afrika/afrika.htm>. Germany.
9. German Expert Report on Minimum Requirements for the keeping of Reptiles, Federal Ministry of Food and Agriculture [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; BMEL; Gutachten über Mindestanforderungen an die Haltung von Reptilien vom 10. Januar 1997]. [cited 21.04.2020]. Available from: <http://dghtbuedingen.de/data/documents/HaltungReptilien.pdf>.
10. Sutherland C. Ball Pythons. 1st ed. New Jersey: TFH Publications Inc.; 2009.
11. Schmidt D. Atlas Schlangen. 1st ed. Hamburg: Nikol Verlagsgesellschaft mbH & co. KG; 2009.
12. Trutnau L. Schlangen 1. 3rd ed., Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.; 1988.
13. Kölle P. Schlangen. 1st ed. Stuttgart: Franckh Kosmos Verlag; 2007.
14. Johnson J. About Freedom Breeder Rack Systems, Freedombreeders. [cited 21.04.2020]. Available from: <https://www.freedombreeder.com/freedom-breeder-rack-systems>.
15. Broghammer S.Reptil TV Folge 65, Rackhaltung von Reptilien, [cited 22.04.2020]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=ktBpN-WaK9w>; 2014.
16. Westhoff G. Expert report on the suitability of Geo Rack I systems (manufacturer: Lanzo Herp Cages) for species-appropriate husbandry and rearing of the ball python (*Python regius*).2005. [cited 21.03.2020]. Available from: <https://www.lanzo-herp.de/Gutachten/Expertises>.
17. McCurley K. Python regius Das Kompendium. 2nd ed. Frankfurt am Main: Chimaira Buchhandels-gesellschaft mbH; 2011.
18. Longhitano F. Vorteile der Rackhaltung. Reptilia 2010; Nr. 84. [cited 17.04.2020]. Germany.
19. Workgroup 8 (Pet Shop and Pet Trade) from Veterinary Association for Animal Protection, Federal Association for Expertise on Nature, Animal and Species Protection, Workgroup Diseases of Amphibians and Reptiles (Group of the German Society for Herpetology and Herpetoculture), the DVG (German Veterinary society) „Study Group Zoo Animal, Wild Animal and exotic Animal Medicin and the DVG “Study Group Pet Birds, Zoo Birds, Wild Birds, Reptiles and Amphibians and the Munich Rescue Center for Reptiles Statement on rack-keeping snakes 2013 [AK8 (Zoofachhandel und Heimtierhaltung) der TVT, des BNA, der AG ARK (DGHT), der DVG-Fachgruppe ZWE, der DVG Fachgruppe Zier-,Zoo- und Wildvögel, Reptilien und Amphibien und der Auffangstation für Reptilien München e.V. Stellungnahme zur Rackhaltung von Schlangen. 2013.] [cited 04.04.2020] Available from: [http://pdfs.dght.de/agark/Stellungnahme_AK8_Rackhaltung_07.2013%20\(1\).pdf](http://pdfs.dght.de/agark/Stellungnahme_AK8_Rackhaltung_07.2013%20(1).pdf).Germany
20. German Society for Herpetology and Herpetoculture [Deutsche Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde (DGHT)] [cited 03.04.2020]. Available from: <https://www.dght.de/die-dght>. Germany.
21. Rieck W, Hallmann G, Bischoff W. Mertensiella: Die Geschichte der Herpetologie und Terrarienkunde im deutschsprachigen Raum. Nr.12. Frankfurt am Main: Chimaira Buchhandels-gesellschaft mbH 2001. Germany.
22. Düppjan S, Puppe B. Abnormal behaviour with focus on stereotypies—indication of suffering and impaired welfare? Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 2016; 129; <https://doi.org/10.2376/0005-9366-129-93>
23. Langen M, Kas MJH, Staal WG, van Engeland H, Durston S. The neurobiology of repetitive behavior: Of mice. . . .Neuroscience Biobehaviour R 2011a; 35: 345–355. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.02.004> PMID: 20156480

24. Langen M, Durston S, Kas MJH, van Engeland H, Staal WG. The neurobiology of repetitive behavior: ... and men. *Neuroscience Biobehaviour R* 2011b; 35: 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.02.005> PMID: 20153769
25. Wechsler B. Stereotypies and attentiveness to novel stimuli—a test in polar bears. *Applied Animal Behaviour Science* 1992; 33: 381–388. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(05\)80074-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(05)80074-7)
26. Sambras HH. Ethologische Aussagen zur artgerechten Nutztierhaltung: Tagungsbericht der internationalen Gesellschaft für Nutztierhaltung (IGN), Basel 1982; 34.
27. Fraser D, Weary DM, Pajor EA, Milligan BN. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare* 1997; 6: 187–205.
28. Morgan KN, Tromborg CT. Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science* 2007; 102: 262–302. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.032>
29. Warwick C, Frye F, Murphy JB. *Health and Welfare of Captive Reptiles* 1st edition. London: Chapman & Hall; 1995.
30. Wechsler B (1995): Coping and coping strategies—A behavioral view. *Applied Animal Behaviour Science* 1995; 43: 123–134. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00557-9](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00557-9)
31. Mason G, Clubb R, Latham N, Vickery S. Why and how should we use environmental enrichment to tackle stereotypic behaviour? *Applied Animal Behaviour Science* 2007; 102: 163–188. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.041>
32. Sillman AJ, Carver JK, Loew ER. The Photoreceptors and visual pigments in the retina of a boid snake, the ball python (*Python regius*). *The Journal of Experimental Biology* 1999; 202: 1931–1938. PMID: 10377274
33. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora [cited 11.04.2021] Available from: [https://trade.cites.org/en/cites_trade/download/view_results?filters%5Btime_range_start%5D=2018&filters%5Btime_range_end%5D=2021&filters%5Bexporters_ids%5D%5B%5D=110&filters%5Bexporters_ids%5D%5B%5D=29&filters%5Bexporters_ids%5D%5B%5D=173&filters%5Bimporters_ids%5D%5B%5D=all_imp&filters%5Bsources_ids%5D%5B%5D=all_sou&filters%5Bpurposes_ids%5D%5B%5D=all_pur&filters%5Bterms_ids%5D%5B%5D=all_ter&filters%5Btaxon_concepts_ids%5D%5B%5D=5467&filters%5Breset%5D=&filters%5Bselection_taxon%5D=taxonomic_cascade&web_disabled=&filters\[report_type\]=comptab](https://trade.cites.org/en/cites_trade/download/view_results?filters%5Btime_range_start%5D=2018&filters%5Btime_range_end%5D=2021&filters%5Bexporters_ids%5D%5B%5D=110&filters%5Bexporters_ids%5D%5B%5D=29&filters%5Bexporters_ids%5D%5B%5D=173&filters%5Bimporters_ids%5D%5B%5D=all_imp&filters%5Bsources_ids%5D%5B%5D=all_sou&filters%5Bpurposes_ids%5D%5B%5D=all_pur&filters%5Bterms_ids%5D%5B%5D=all_ter&filters%5Btaxon_concepts_ids%5D%5B%5D=5467&filters%5Breset%5D=&filters%5Bselection_taxon%5D=taxonomic_cascade&web_disabled=&filters[report_type]=comptab).
34. American Pet Products Associations 2017–2018 National Pet Owner Survey. [cited 11.04.2021] Available from: <https://www.iii.org/table-archive/22742>.
35. World animal protection; final report of exotic pets in Canada. [cited 12.04.2021] Available from: https://www.worldanimalprotection.ca/sites/default/files/media/ca_-_en_files/wap_exotic_pets_in_canada_report_final_forweb_oct_3_2019.pdf.
36. Pet population 2021, pfma—pet food manufacturers association [cited 10.04.2021] Available from: <https://www.pfma.org.uk/pet-population-2021>.
37. Pet population 2019, pfma—pet food manufacturers association [cited 10.04.2021] Available from: <https://www.pfma.org.uk/news/pfma-releases-its-new-top-ten-pets-2019>.
38. The private keeping of exotic and wild animals: Situational analysis, evaluation and possible need for action concerning especially animal welfare aspects. [cited 13.04.2021] Available from: https://service.ble.de/ptdb/index2.php?detail_id=57204&site_key=141&stichw=15HS001&zeilenzahl_zaeahler=2#newContent.
39. German Animal Welfare Act [Deutsches Tierschutzgesetz (§ 11b, Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18 Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 101 des Gesetzes vom 20. November 2019 (BGBl. I S. 1626)] [cited 04.04.2020] Available from: <https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html>. Germany.
40. Mason GJ, Latham NR. Can't stop, won't stop: is stereotypy a reliable animal welfare indicator? *Animal Welfare* 2004; 13: 57–69.
41. Schrenk F, Kiefer I, Krautwald-Junghanns ME, Pees M. Zucht von Farb-, Zeichnungs- und Gestaltvarianten bei Reptilien und Amphibien—Erste Ergebnisse zum Wobbler-Syndrom des Königspythons. 25. Internationale DVG-Fachtagung zum Thema Tierschutz und 17. Internationale Fachtagung zum Thema Ethologie und Tierhaltung. 2019. 71.

V. ERWEITERTE ERGEBNISSE

1. CORTICOSTERONMESSUNG IM KOT

Im April 2017 wurden 14 Kotproben von Königspythons (*Python regius*) aus der Auffangstation für Reptilien an die Universität in Barcelona (Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Veterinària) zur Analyse geschickt. Bei Voranfragen wurde die Bestimmung von Corticosteron in Reptilienkot als durchführbar eingeschätzt. Für den ersten Versuch wurden stichprobenartig Proben von Königspythons der Auffangstation frisch eingesammelt, getrocknet und anschließend verschickt. Die Probenbearbeitung gestaltete sich schwieriger als angenommen. Da der Haar- und Knochenanteil der Futtertiere im Kot sehr hoch war, wurde die Auswertung beeinträchtigt. Die über ELISA ermittelten Werte sind nicht nur auf den Corticosteronwert der Python, sondern auch auf den der Futtertiere zurückzuführen. Königspythons können über mehrere Monate keinen Kot absetzen, da der Kotabsatz mit der Fütterung in Verbindung steht. Im Gegensatz zu aktiven Colubriden oder Elapiden gehören sie zu den „Kotsammlern“, die teilweise auch zwei Fütterungen überdauern bis Kot abgesetzt wird.

2. CORTICOSTERONBESTIMMUNG IM BLUT

Die Corticosteronmessungen ergaben für jedes Tier eine individuelle Corticosteronkonzentrationsbandbreite. Diese wurde in Verbindung mit anderen Parametern untersucht.

Es konnten keine geschlechtsspezifischen Unterschiede festgestellt werden (s. Abb.13). Eine hormonelle Beeinflussung durch Paarungszeit oder Trächtigkeit wurde im Untersuchungszeitraum nicht beachtet, da die Tiere einzeln bei konstanten Haltungsbedingungen untergebracht wurden. Keines der Tiere legte im Untersuchungszeitraum Eier. Pheromone und ihre Auswirkung wurden nicht berücksichtigt, da sich durch die Unterbringung in einem Raum gleiche Verhältnisse für alle Tiere ergaben.

V. Erweiterte Ergebnisse

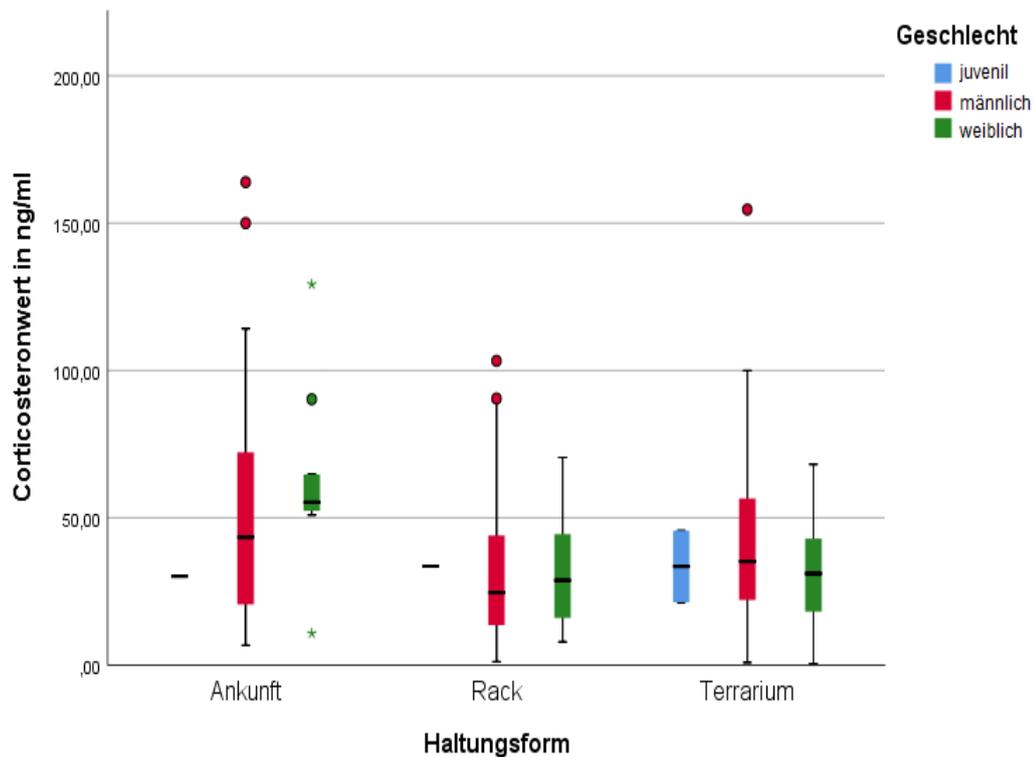


Abbildung 13: Boxplot Corticosteronwert in ng/ml in Abhängigkeit von Haltungsform und Geschlecht. ° Ausreißer, * extreme Ausreißer

Körperlänge und Körpergewicht korrelieren. Hier wurde deutlich, dass kleinere Tiere (bis 850 g, $n = 6$) ein höheres Corticosteronlevel nach dem Transport hatten, hier als Ankunftswert, als schwerere Tiere. Bei den kleinen Tieren sank der Corticosteronwert im Rack. Nach dem Umzug in ein ausgestattetes Terrarium sank der Wert dieser Tiergruppe weiter. Bei der Gruppe der mittelschweren Tiere (851 g – 1700 g, $n = 27$), die aufgrund der natürlichen Körpermasse eines Königspythons den Hauptteil ausmachten, konnte ein analoger Kurvenverlauf beobachtet werden. Die Tiere zeigten einen Abfall der Kurve nach dem Transport, der Wert im Rack hielt sich. Nach dem Umsetzen in das Terrarium fiel der Wert erneut. Die Kurve verlief jedoch flacher, als die der kleinsten Tiere. Lediglich die schwersten Tiere der Studie (> 1700 g, $n = 3$) zeigten einen umgekehrten Corticosteronwertverlauf. Nach dem Transport war der Wert niedriger als in Rack und Terrarium (s. Abb. 14).

V. Erweiterte Ergebnisse

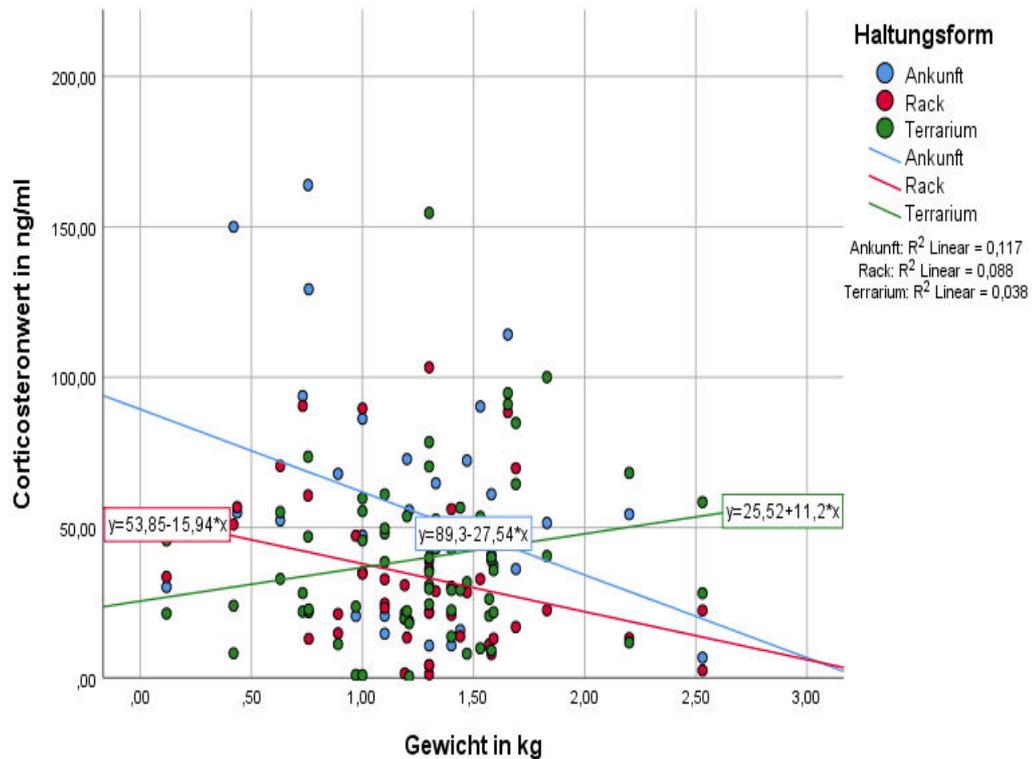


Abbildung 14: Streudiagramm Corticosteronwert in ng/ml in Abhängigkeit von Gewicht und Haltungform

Eine Signifikanz der Corticosteronwerte unter Einbeziehung der Farbvarianten konnte nicht festgestellt werden. Die albinotischen Königspythons hatten im Vergleich zu anderen Farbausprägungen zwar höhere Corticosteronwerte, allerdings waren alle Tiere (n=3) männlich und hatten annähernd die gleiche Körperlänge und – masse (s. Abb. 15).

V. Erweiterte Ergebnisse

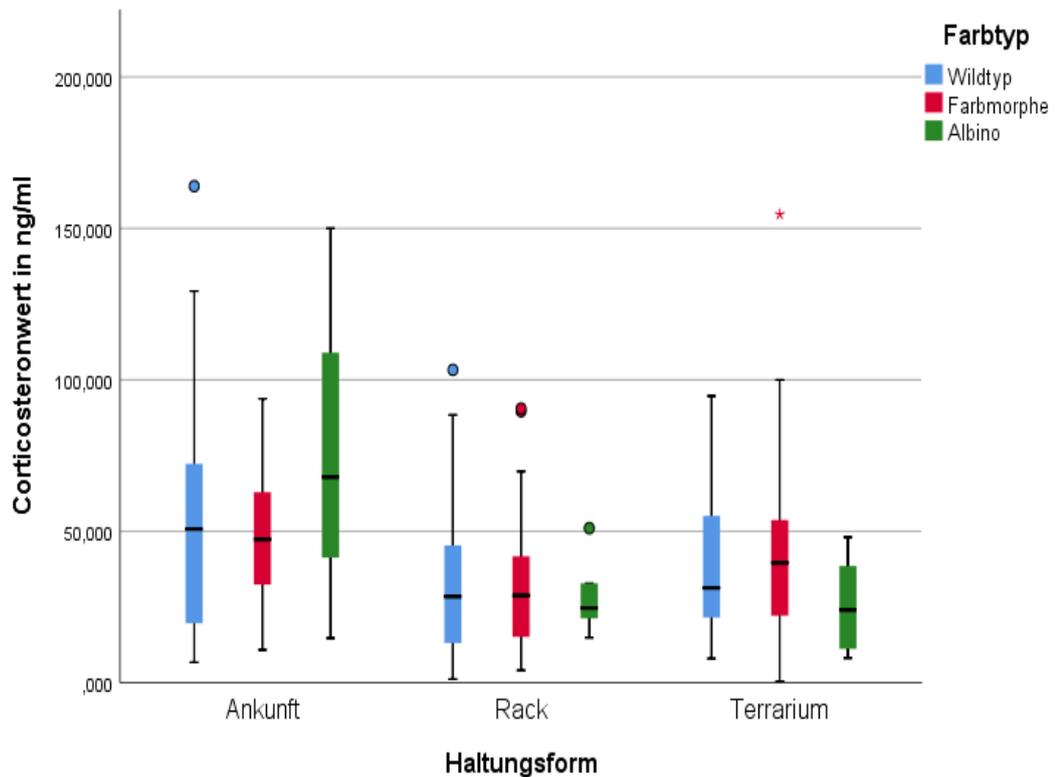


Abbildung 15: Boxplot Corticosteronwert in ng/ml in Abhängigkeit von Haltungssystem und Farbe. ° Ausreißer, * extreme Ausreißer

3. VERHALTENSBEOBSACHTUNG

Die Verhaltensweisen in beiden Haltungssystemen auf 24 h (1440 Minuten) gegenübergestellt (s. Abb. 16) zeigt einen deutlichen Unterschied. Bei der Beobachtung zeigt sich, dass Tiere im Terrarium signifikant mehr Bewegung zeigen als Tiere im Rack. Große Unterschiede gibt es ebenfalls im Auftreten des Ruheverhaltens im Versteck. Dieses Verhalten wird signifikant häufiger im Rack gezeigt, als im Terrarium. Umgekehrt verhält es sich mit Sonnenbaden, Graben, Klettern und Baden. Diese Verhaltensweisen können im Rack aufgrund baulicher Gegebenheiten nicht gezeigt werden, treten aber im Terrarium auf. Das Stereotypie-ähnliche Verhalten, Schnauze an Begrenzung drücken, zeigt sich fast ausschließlich im Rack.

V. Erweiterte Ergebnisse

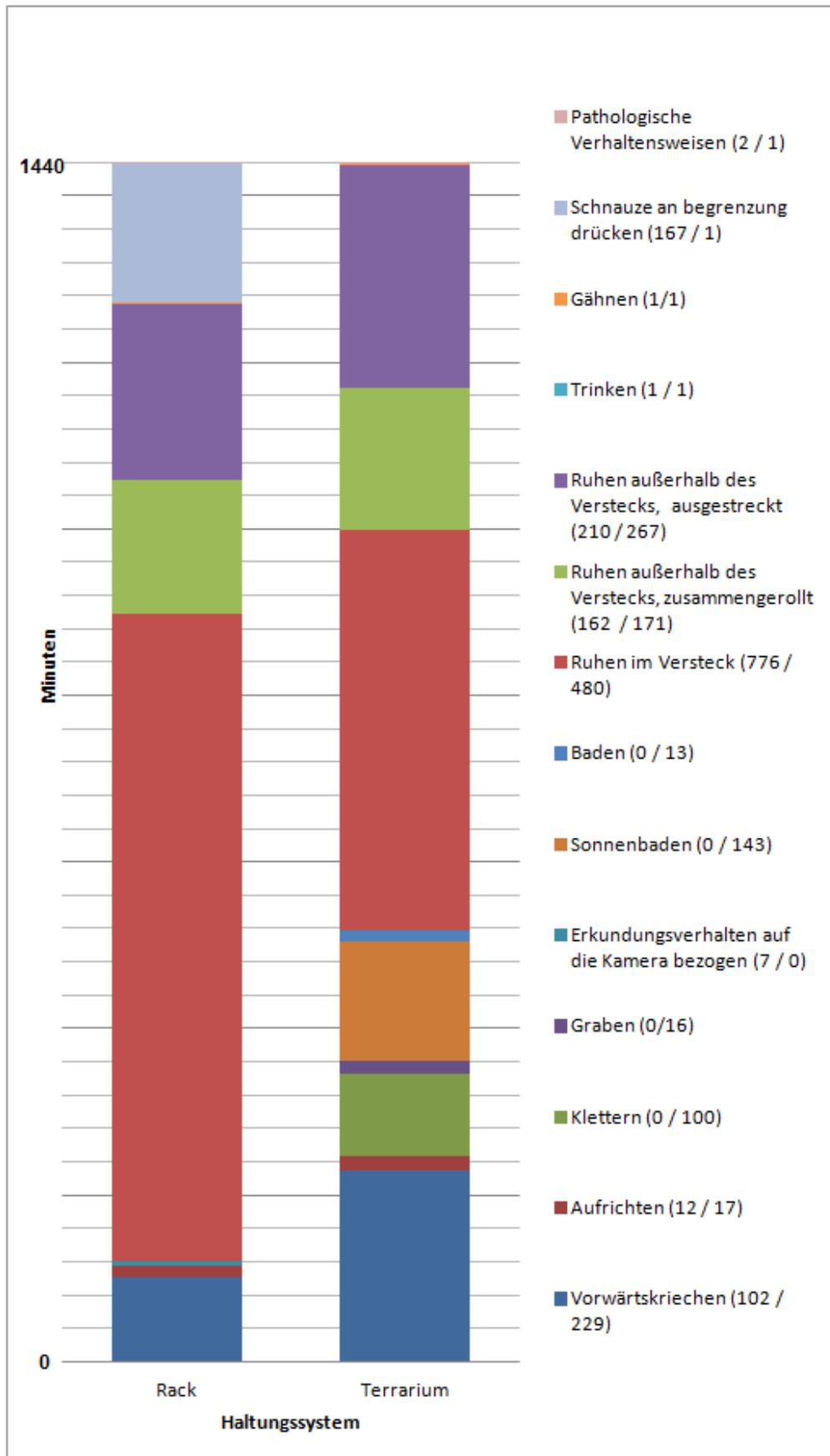


Abbildung 16: Verhaltensverteilung in Minuten in Rack (gesamt 1440 min) und Terrarium (gesamt 1440 min), Zahlenangaben in Klammern: (Verhalten im Rack in Minuten/ Verhalten im Terrarium in Minuten)

VI. ERWEITERTE DISKUSSION

1. STRESSBEURTEILUNG

Eine Corticosteronbestimmung beim Königspython mittels Kotuntersuchung ist zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht aussagekräftig. Sowohl die Verfälschung durch die Futtertierreste, als auch die Verweildauer des Kots im Darm von bis zu mehreren Monaten ist als Bewertung des aktuellen Haltungssystems nicht zielführend.

Bei der Untersuchung der Blutcorticosteronwerte konnte festgestellt werden, dass eine Einzelbetrachtung dieser Messungen in Bezug auf Qualität der Haltung keine Aussage treffen kann. Zu den Corticosteronwerten müssen immer Tierdaten, vor allem das Gewicht und das Verhalten hinzugezogen werden. In der Auswertung der Corticosteronmessung wird deutlich, dass leichtere Tiere (< 850 g) nach dem Transport den höchsten Wert haben. Logisch erscheint ein Rückschluss auf das erhöhte Schutzbedürfnis der kleineren Tiere. In der Natur haben diese Tiere mehr Fressfeinde als größere, schwerere Tiere. In der Regel sind ihnen Stresssituationen und Gefahren unbekannt und schwer einzuschätzen. Im Umgang mit Menschen kommt es zu Fluchtversuchen oder Bissen, was der Angst und Unsicherheit Ausdruck verleiht. Durch diesen Stress kommt es zum Corticosteronanstieg, welcher sich vor allem nach dem Transport widerspiegelt. Dieser Umstand führt dazu, dass man den Umgang mit den leichteren Königspythons, die in der Regel sehr jung sind, überdenken muss. Die Präsentation von Jungtieren auf Börsen, die Anforderungen der Unterbringung sind leichter einzuhalten, muss unter dem Aspekt des Transportstresses neu betrachtet werden. Auch der Versand von frisch geschlüpften „Ranching“-Tieren muss hinterfragt werden. Unter anderem durch diese Stresssituationen kommt es beim End-Halter zu futterverweigernden Jungtieren. Werden die Tiere einem Tierarzt vorgestellt oder bei der Zwangsgefütterung steigt das Stresslevel erneut, eine freiwillige Futteraufnahme gestaltet sich schwierig. Meist führt der Entschluss das Tier in Ruhe zu lassen und zur Aktivitätszeit entsprechendes Futter anzubieten eher zum Erfolg. Hierbei sind optimale Haltungsbedingungen und die vollständige Gesundheit des Tiers allerdings zwingend notwendig.

Die Haltungsbedingungen müssen auf Alter und Größe des Tieres angepasst werden. Ein optimales Mikroklima lässt sich in einer Rackschublade nicht annähernd so umsetzen, wie in einem Terrarium. Im Terrarium lassen sich durch die dreidimensionale Ausbreitungsmöglichkeit mehrere Klimazonen (feucht-warm, feucht-kühl, trocken-warm, trocken-kühl) gestalten. Außerdem können unterschiedliche Versteckmöglichkeiten geschaffen werden. Kletteräste können mit Deckung versehen werden, damit dieses Bedürfnis ohne Probleme ausgelebt werden kann. Somit ist ersichtlich, warum die Corticosteronwerte der kleineren, leichteren Tiere im Terrarium am niedrigsten sind. Ebenso verhält es sich mit den Tieren der mittleren Gewichtsklasse (851 g -1700 g). Auch wenn die Kurve flacher verläuft, ist die Erklärung identisch. Letztendlich sind die schwersten Tiere (> 1700 g) zu betrachten. Schwerere Tiere sind in der Regel größer und älter. Somit haben sie weniger natürliche Fressfeinde und ein erhöhtes Maß an Erfahrung. Ein Transport wurde möglicherweise schon mehrmals

VI. Erweiterte Diskussion

erlebt, Menschen werden nicht als Gefahr wahrgenommen und somit ist der Corticosteronanstieg minimal. Im Rack haben die Tiere aufgrund ihrer Größe noch weniger Möglichkeiten mit der Umwelt zu interagieren, sie deprivieren. Der Körper fällt in einen aufgezwungenen Ruhezustand. Nach dem Umzug in ein ausgestattetes Terrarium sind den Tieren alle Möglichkeiten der Bedarfsdeckung geboten. Ein Grund für den Anstieg der Corticosteronkurve kann zum einen durch die Ablösung des „Ruhezustands“ und der Reizüberflutung sein, aber auch eine langsamere Anpassung an neue Umgebungen. Eine Kombination aus beiden ist denkbar. Eine unterschiedliche Strukturierung des Terrariums hinsichtlich Gewicht, Größe und Alter des Tieres ist nach den erhaltenen Ergebnissen sinnvoll.

Den Corticosteronwert als alleinigen Parameter für die Beurteilung des Haltungssystems heranzuziehen ist nicht möglich. Der Wert muss im jahreszeitlichen Rhythmus untersucht werden. Hierbei spielen Alter und Fortpflanzung eine wichtige Rolle. Die hormonelle Schwankung durch Beeinflussung von Revier- und Kommentkämpfen, Paarung, Trächtigkeit und Eiablage wurden bei vielen Schlangenarten beschrieben und kann im Gesamtbild auf den Königspython übertragen werden. In wieweit sich allerdings die einzelnen Parameter beeinflussen und wie die Abweichungen sind, muss noch geklärt werden. Ein ebenfalls wichtiger Faktor ist die Vergesellschaftung der Tiere. Gruppengröße und Geschlechterzusammensetzung und deren Auswirkung auf das einzelne Individuum muss in die Bewertung einfließen. Somit wird klar, dass wenn die alleinige Betrachtung der Corticosteronwerte einzeln gehaltener Individuen in gleichbleibenden klimatischen Bedingungen keine finale Aussage über die Qualität der Unterbringung hinsichtlich Stress geben kann, so kann es dieser Wert bei den oben genannten Variablen noch weit weniger.

Eine direkte Verbindung von Corticosteronwert und Verhalten konnte nicht eindeutig hergestellt werden. Die Blutprobenentnahme erfolgte lediglich an vier Tagen, wohingegen sich die Verhaltensbeobachtungen über mehrere Zeiträume erstreckte. Somit ist eine Zuordnung eines Corticosteronwertes zu einem bestimmten Verhalten nicht möglich. Für eine adäquate Aussage müsste die Blutentnahme in kürzeren Zeitabständen durchgeführt werden, um das gezeigte Verhalten hinsichtlich des Werts evaluieren zu können. Die Verhaltensbeobachtung unter den im Ethogramm beschriebenen Aspekten ist für die Beobachtung eines einzeln gehaltenen Individuums geeignet. Auch für andere Schlangenarten (eigene Beobachtungen bei z.B. *Lampropeltis californiae*, *Gloydus brevicaudus*, *Corallus hortulanus*) ist es gut geeignet. Stichprobenartige Kontrollbeobachtungen der Königspythons an Tagen, die nicht in die Auswertung eingegangen sind, zeigten eine sehr ähnliche Ausprägung des Verhaltens, womit der Beobachtungszeitraum als ausreichend angesehen werden kann. Zu beachten ist, dass Tiere in der Häutung ein deutlich herabgesetztes Verhalten zeigen. Tiere (n = 3) während dieser Phase wurden zwar beobachtet, allerdings wurde eine weitere Beobachtung außerhalb der Häutungsphase durchgeführt um die Vergleichbarkeit zwischen den Tieren zu erhalten.

2. DIE HALTUNG

Während der Untersuchung wurden die verschiedenen Aussagen pro und contra der beiden Haltungen beleuchtet. Die Rackhaltung eignet sich durch die schnelle und einfache Komplettreinigung sehr gut zur Haltung in der Quarantäne und während medizinischer Behandlungen. Arboreale Arten (z.B. *Morelia viridis*) sollten allerdings nicht so untergebracht werden, da aufgrund der geringen Höhe keine physiologische Position eingenommen werden kann. Für den Königspython eignet sich das Rack für die oben genannten Situationen. Eine bessere Futteraufnahme oder eine Futterverweigerung im Terrarium konnte nicht beobachtet werden. Für die Bewertung hinsichtlich des besseren Wachstums müssen weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Die Versuchstiergruppe war zu inhomogen um dahingehend Aussagen treffen zu können. Es ist allerdings physiologisch, dass bei gleicher Nahrungsaufnahme aber geringerem Verbrauch (weniger Bewegung) die Tiere mehr Energie für das Wachstum zur Verfügung haben. Ebenfalls konnte eine erhöhte Futterakzeptanz im Rack nicht nachgewiesen werden. Die Aussage, dass die Tiere im Rack eher fressen und sich paaren lässt sich auf die fehlenden anderen Reize zurückführen und das damit verbundene Annehmen jeglicher Reize, die von der Außenwelt zugeführt werden.

Das aktive Aufsuchen des Basking-Platzes im Terrarium entkräftet die Aussage, dass helles Licht Stress auslösend ist. Es muss allerdings auf ein geeignetes Beleuchtungsintervall geachtet werden, sodass die Schlange einen Tagesrhythmus erleben kann. Eine gesteigerte Aggressivität im Terrarium konnte nicht nachgewiesen werden. Gesundheitsgefährdungen wie Verletzungen durch Klettern, Bakterien oder Pilzinfektionen konnten ebenfalls nicht belegt werden. Bei der Einrichtung ist darauf zu achten, dass keine Gegenstände mit Spitzen oder scharfen Kanten eingebracht werden. Das Herunterfallen aus Terrarienhöhe ist nicht als Gefahr anzusehen. In der Natur kommt es zu ähnlichen Situationen, die allerdings auch bei größeren Höhen keine Verletzungen auslösen. Der Infektionsdruck durch natürliche Einrichtung ist aufgrund der fehlenden Pathogenität der Holz-, Erde-, Gras- und Pflanzen besiedelnden Mikroorganismen nicht gegeben. Bei Missmanagement wie Stauluft oder fehlender Belüftung des Bodens, kann es durchaus zu Problemen kommen. Deshalb sind ein gutes Management und ein Grundwissen der Physik (zum Beispiel, dass warme Luft aufsteigt) für eine erfolgreiche Terrarienhaltung notwendig.

3. DER HANDEL

Obwohl der Königspython eine einfach zu vermehrende Schlangenart ist, zeigen die Exportzahlen der Ursprungsländer den Bedarf an Tieren deutlich. Der wirtschaftliche Aspekt ist vor allem in den ärmeren Ländern als erheblich einzustufen. Der Index der menschlichen Entwicklung, welche nicht nur das Bruttonationaleinkommen pro Kopf, sondern auch Lebenserwartung und Bildung berücksichtigt, listet Ghana als Land mit mittlerer menschlicher Entwicklung (im weltweiten Vergleich Platz 138) während Benin (im weltweiten Vergleich Platz 158) und Togo (im weltweiten Vergleich Platz 167) als Länder mit geringer menschlicher Entwicklung gelistet werden. Deutschland (im weltweiten Vergleich Platz 6) und die USA (im weltweiten Vergleich Platz 17) gelten als Länder mit sehr hoher menschlicher Entwicklung (Vereinte Nationen 2020). In den

Ursprungsländern sind ganze Familien von dem Wirtschaftszweig des Schlangen Exports abhängig. Das Fangen, Ranchen, Brüten, wieder Auswildern und Verpacken ist für viele Einwohner der Herkunftsländer ein sicheres Einkommen. Auch die Transportunternehmen haben ein wirtschaftlich begründetes Interesse diesen Wirtschaftszweig zu erhalten.

Da die Ablehnung der Käufer von Wildtieren deutlich gestiegen ist, zum einen wegen des schlechten Images, aber auch wegen Angst vor Krankheiten, ist Ranching oder in Gefangenschaft nachgezogene F1- Generationen eine lukrative Methode weiterhin Tiere aus diesen Gebieten zu vermarkten. Die Methode des Ranchings oder auch die der F1 Tiere ist in den Ursprungsländern nicht als erheblich tiergerechter einzustufen als das Entnehmen der Wildtiere. Ein Verbot der Rackhaltung hätte möglicherweise einen Einbruch der Exportzahlen zur Folge, da für große Tierzahlen deutlich mehr Platz benötigt werden würde. Vollständigkeitshalber ist zu erwähnen, dass in den asiatischen Ländern der Bedarf an Reptilien steigt. Zum einen für die traditionelle Medizin, aber auch als Haustier werden Schlangen, Echsen und Schildkröten immer beliebter. Wie auch in Deutschland kommt es durch die sozialen Medien auch dort zur Ausbreitung der Rackhaltung nach amerikanischem Vorbild.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit „Zur tiergerechten Haltung von Königspythons (*Python regius*) – Beurteilung unterschiedlicher Haltungssysteme unter den Aspekten des Tierverhaltens und der Stressbelastung“ wurde zum ersten Mal Rackhaltung und Terrarienhaltung unter verschiedenen Aspekten verglichen. Ziel der Arbeit war es, beide Haltungssysteme hinsichtlich der Stressbelastung zu beurteilen. Die bisherigen Rechtsgrundlagen in Deutschland (Mindestanforderung an die Haltung von Reptilien) wurden als Ausgangspunkt angenommen. Da die wissenschaftlich fundierte Datenlage sehr dünn war, mussten Voruntersuchungen gemacht werden, um eine geeignete Methode der Evaluierung zu finden.

Insgesamt wurden 35 Königspythons (*Python regius*) zuerst im Rack, dann im Terrarium untergebracht. Die Tiere wurden in jedem Haltungssystem an 5 aufeinanderfolgenden Tagen per Video überwacht. Mittels eines eigen konzipierten Ethogramms konnte das Verhalten der Königspythons evaluiert werden. Das Verhalten, der während des gesamten Versuchs einzeln gehaltenen Tiere, wurde in verschiedene Kategorien eingeteilt. Dadurch konnte veranschaulicht werden, welches Verhalten den jeweiligen Anteil an der Gesamtheit aller Verhaltensweisen ausmachte. Die Haltungssysteme zeigten deutliche Unterschiede in der Verhaltensausrprägung. Im Durchschnitt bewegte sich ein Königpython im Terrarium 229 Minuten pro Tag (min/d) $\pm 0,3$ min/d vorwärts. Im Rack war es mit 102 min/d $\pm 3,6$ min/d signifikant ($p < 0,05$) weniger. Die Verhaltensweisen, die nur im Terrarium gezeigt werden konnten, beanspruchten 272 min/d $\pm 1,3$ min/d. Dabei hatte Sonnenbaden unter UV – Licht mit 143 min/d $\pm 0,7$ min/d, gefolgt von Klettern mit 100 min/d $\pm 0,3$ min/d den höchsten Stellenwert. Graben (16 min/d $\pm 0,1$ min/d) und Baden (13 min/d $\pm 0,1$ min/d) nahmen nur wenig Zeit in Anspruch. Der Königpython im Rack verbrachte über die Hälfte des Tages (776 min/d $\pm 2,2$ min/d) mit dem Ruhen im Versteck. Im Terrarium hingegen waren es mit nur 480 min/d $\pm 1,9$ min/d deutlich weniger ($p < 0,05$). Die anderen Ruheverhalten, wie außerhalb des Verstecks zusammengerollt und ausgestreckt, wurden in beiden Haltungssystemen fast gleich lang gezeigt. Auffällig war, dass sich die Tiere im Rack 167 min/d $\pm 0,3$ min/d der Aktivität „Schnauze an Begrenzung drücken“ widmeten, wohingegen die gleichen Tiere dieser Aktivität im Terrarium nur 1 Minute nachkamen ($p < 0,05$). Ebenfalls wurde das Erkundungsverhalten in Bezug auf die Kamera nur im Rack gezeigt, wenn auch nur mit 7 min/d $\pm 0,1$ min/d. Gähnen, Trinken und pathologische Verhaltensweisen wurden jeweils nur über eine sehr kurze Zeit am Tag gezeigt und das in beiden Haltungssystemen gleichlang. Signifikante Unterschiede im Verhalten der Gewichtsklassen, die im Zuge der Corticosteronbewertung festgelegt wurden, konnten nicht beobachtet werden.

VII. Zusammenfassung

Ein direkter Vergleich zu wildlebenden Individuen ist ohne entsprechende Feldstudien nicht zu ziehen, da die Umwelt nicht abgeschlossen ist und die Variablen um ein vielfaches höher sind. Die Verhaltensbeobachtung der in Gefangenschaft lebenden Schlangen zeigt deutlich, dass die Mindestanforderungen artspezifisch angepasst werden müssen. Außerdem muss eine Überarbeitung hinsichtlich der Einrichtung und des Enrichment der Haltungseinheit zur Bedarfsdeckung vorgenommen werden. Als Rückschluss der Beobachtung (weniger Bewegung, erhöhte Ruhezeiten) lässt sich annehmen, dass während medizinischer Behandlungen eine Unterbringung im Rack sinnvoll ist. Für Jungtiere gibt es bessere Alternativen, auch wenn diese mit erhöhtem technischem und pflegerischem Aufwand verbunden sind. Dies gilt gleichermaßen für ausgewachsene Schlangen. Das Terrarium muss bestimmte Voraussetzungen erfüllen und je nach Tiergröße entsprechend angepasst werden. Die Gestaltung sollte sich nach den entsprechenden Bedürfnissen der Schlange richten. Ein Terrarium ohne entsprechende Gestaltung und somit der fehlenden Möglichkeit zur Bedarfsdeckung, ist hinsichtlich der tiergerechten Unterbringung ähnlich anzusehen, wie das Rack. Der Einfluss über die Beschaffenheit und Material des angebotenen Enrichments ist noch nicht untersucht. Die Aussagen der Studie beziehen sich auf natürliche Einrichtung.

Als zweiter Parameter wurden Blutuntersuchungen durchgeführt. Die Blutprobenentnahme erfolgte in festgelegten Abständen nach Ankunft, nach 8 Wochen, nach dem Umsetzen in das Terrarium und wiederum nach 8 Wochen in diesem Haltungssystem. Bei 11 Tieren wurde aufgrund der Verweildauer im Rack nach 16 Wochen eine erneute Blutuntersuchung durchgeführt und aus dem Blutrest eine Corticosteronmessung durchgeführt. Die Corticosteronwerte wurden mittels ELISA bestimmt.

Die Ergebnisse zeigten, dass Corticosteron sich nicht als alleiniger Marker zur Evaluierung eines Haltungssystems bezüglich Stress, wenn die Untersuchungen im beschriebenen Rahmen durchgeführt werden, eignet. Die unterschiedlichen Entwicklungen der Corticosteronkurve im Lauf der Untersuchung in Bezug auf das Gewicht bieten einen Ansatzpunkt für weitere Studien. Hier zeigte sich, dass die leichteren Tiere bis 850 g (n= 6) im Versuchsverlauf sinkende Corticosteronwerte aufweisen. Die Reduzierung von Ankunftswert (103,2 ng/ml \pm 53,9 ng/ml) auf den Rackwert (53,2 ng/ml \pm 27,4 ng/ml) und wiederum auf den Terrarienwert (33,5ng/ml \pm 27,8 ng/ml) zeigte eine Tendenz aber keine Signifikanz. Einen ähnlichen Kurvenverlauf aber mit insgesamt niedrigeren Werten zeigte die mittlere Gruppe. Hier war der Ankunftswert mit 44,9 ng/ml \pm 27,9 ng/ml geringer. Der Abfall der Kurve verlief aber deutlich schwächer. Der Terrarienwert betrug 38,9 ng/ml \pm 27.8 ng/ml. Die schwersten Tiere der Studie zeigten einen gegensätzlichen Corticosteronwertverlauf. Der Anfangswert war mit 37,5 ng/ml \pm 26,7 ng/ml der niedrigste. Im Verlauf stieg der Wert auf 51,2

VII. Zusammenfassung

ng/ml \pm 31,4 ng/ml im Terrarium. Die Aussage aufgrund der geringen Tierzahl dieser Gruppe muss berücksichtigt werden.

VIII. SUMMARY

In the present work "Animal-appropriate housing of ball pythons (*Python regius*)—Assessment of different housing systems under the aspects of animal behavior and stress load ", rack and terrarium were compared under different aspects for the first time. The aim of the work was to assess both housing systems with regard to stress levels. The previous legal basis in Germany (minimum requirements for keeping reptiles) was taken as a starting point. As the scientifically sound data situation was very thin, preliminary investigations had to be made in order to find a suitable method of evaluation.

A total of 35 ball pythons (*Python regius*) were housed first in rack, then in a terrarium. The animals were monitored by video for 5 days in a row in each housing system. A specially designed ethogram was used to evaluate the behavior of the ball pythons. The behavior of the animals, which were kept alone during the entire experiment, was divided into different categories. This makes it possible to illustrate which behavior makes up the respective proportion of the totality of all behaviors. The husbandry systems show clear differences in behavioral expression. On average, a ball python moves forward 229 minutes per day (min/d) \pm 0.3 min/d in the terrarium. In the rack it is significantly ($p < 0.05$) less with 102 min/d \pm 3.6 min/d. The behaviors that can only be shown in the terrarium take 272 min/d \pm 1.3 min/d. Basking under UV light (143 min/d \pm 0.7 min/d), followed by climbing (100 min/d \pm 0.3 min/d) had the highest value. Burrowing (16 min/d \pm 0.1 min/d) and bathing (13 min/d \pm 0.1 min/d) take up little time. The python in the rack spends more than half of the day (776 min/d \pm 2.2 min/d) resting in hiding place. In the terrarium, however, it is significantly less with only 480 min/d \pm 1.9 min/d ($p < 0.05$). The other resting behaviors, such as curled up and stretched out outside the hiding place, are shown for almost the same length of time in both housing systems. It is striking that the animals in the rack devote 167 min/d \pm 0.3 min/d to the activity "pushing mouth against the barrier", whereas the same animals only perform this activity for 1 minute in the terrarium ($p < 0.05$). Likewise, exploratory behavior in relation to the camera is also shown only in the rack, albeit at 7 min/d \pm 0.1 min/d. Yawning, drinking and pathological behaviors are each only shown for a very short time during the day and for the same length of time in both housing systems. Significant differences in the behavior of the weight classes, which were determined in the course of the corticosterone evaluation, could not be observed.

A direct comparison to wild individuals cannot be made without appropriate field studies, as the environment is not enclosed and the variables are many times higher. The behavioral observation of captive snakes clearly shows that the minimum requirements need to be adapted species-specifically. In addition, a revision needs to be made with regard to the set-up and enrichment of the enclosure to meet requirements. According to the present study, rack housing is suitable for quarantine and during medical treatments. For young animals, there are better alternatives, even if these are associated with increased technical and care requirements. This applies equally to adult snakes. The terrarium must meet certain requirements and be adapted accordingly depending on the size of the animal. The design should be based on the corresponding

VIII. Summary

needs of the animals. A terrarium without appropriate design and thus the lack of possibility to meet the needs, is to be considered similar to the rack in terms of animal-friendly housing. The influence of the composition and material of the enrichment offered has not yet been investigated. The statements of the study refer to natural enrichment.

As a second parameter, blood tests were carried out. Blood samples were taken at fixed intervals after arrival, after 8 weeks, after transfer to the terrarium and again after 8 weeks in this housing system. In 11 animals, due to the time spent in the rack, the blood test was repeated after 16 weeks and a corticosterone measurement was taken from the blood residue. The corticosterone level was determined by ELISA.

The results show that corticosterone is not suitable as the sole marker for evaluating a housing system with regard to stress, if the investigations are carried out in the framework described. The different developments of the corticosterone curve during the study in relation to weight offer a starting point for further studies. Here it can be seen that the lighter animals up to 850 g (n= 6) show decreasing corticosterone values in the course of the test. The reduction from the arrival value (103.2 ng/ml \pm 53.9 ng/ml) to the rack value (53.2 ng/ml \pm 27.4 ng/ml) and again to the terrarium value (33.5 ng/ml \pm 27.8 ng/ml) showed a tendency but no significance. The middle group showed a similar curve but with lower values overall. Here, the arrival value was already lower at 44.9 ng/ml \pm 27.9 ng/ml. However, the drop in the curve was much weaker. The terrarium value was 38.9 ng/ml \pm 27.8 ng/ml. The heaviest animals in the study showed an opposite corticosterone value curve. The initial value was the lowest at 37.5 ng/ml \pm 26.7 ng/ml. In the course, the value increased to 51.2 ng/ml \pm 31.4 ng/ml in the terrarium. The statement due to the small number of animals in this group must be taken into account.

IX. ERWEITERTES LITERATURVERZEICHNIS

1. Aldridge RD, Sever DM (2011). Reproductive Biology and Phylogeny of Snakes, Volume 9, Reproductive Biology and Phylogeny. Science Publishers Enfield US. ISBN 9781578087013
2. Aubret F, Bonnet X, Shine R, Maumelat S (2003). Clutch size manipulation, hatching success and offspring phenotype in the ball python (*Python regius*). *Biological Journal of the Linnean Society*. 78 (2), Seite: 263–272
3. Broghammer S. Reptil TV Folge 65, Rackhaltung von Reptilien.
<https://www.youtube.com/watch?v=ktBpN-WaK9w>; 2014; Zugriffsdatum: 20.08.2021
4. Cansdale GS (1961). West african snakes, Longman, London. ISBN: 9780582608498
5. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES. <https://cites.org/eng/disc/text.php>; Zugriffsdatum: 06.09.2021
6. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Apendices I-III. <https://cites.org/eng/app/appendices.php>; Zugriffsdatum: 06.09.2021
7. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES Trade Database 2021.1, https://trade.cites.org/en/cites_trade/, Zugriffsdatum: 06.09.2021
8. Creel S (2001). Social dominance and stress hormones, *Trends in ecology and evolution*, Volume 16, Issue 9, 1 September 2001, Seite: 491-497, [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02227-3](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02227-3)
9. Crews D, Moore MC (1986). Evolution of Mechanisms Controlling Mating Behavior, *Science*, 10 Jan 1986, Vol 231, Issue 4734, Seite: 121-125, DOI: 10.1126/science.3941893
10. Der deutsche Heimtiermarkt, Struktur und Umsatzdaten 2020.
https://www.zzf.de/fileadmin/files/ZZF/Marktdaten/ZZF_IVH_Folder_Der_deutsche_Heimtiermarkt_2020_und_Anzahl_der_Heimtiere_in_Deutschland.pdf;
Zugriffsdatum: 06.09.2020
11. Deutsche Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde (DGHT)
<https://www.dght.de/die-dght>; Zugriffsdatum: 03.04.2020
12. Dieter S (1994). Vermehrung von Terrarientieren, Schlangen. Urania, Leipzig, Jena, Berlin. ISBN 3332002708
13. Divers SJ, Stahl SJ (2019). Mader's Reptile and Amphibian Medicine and Surgery, Elsevier, St.Louise, ISBN: 9780323482530

IX. Erweitertes Literaturverzeichnis

14. Ellis TM, Chappell MA, (1987). Metabolism, temperature relations, maternal behavior, and reproductive energetics in the ball python (*Python regius*). *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*. 157, 3, Seite: 393–402
15. Fraser D, Weary DM, Pajor EA, Milligan BN (1997): A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare* 6; Seite: 187–205.
16. Gemeinsame Stellungnahme des AK 8 (Zoofachhandel und Heimtierhaltung) der TVT, des BNA, der AG ARK der DGHT, der DVG-Fachgruppe ZWE, der DVG-Fachgruppe Zier-, Zoo- und Wildvögel, Reptilien und Amphibien und der Reptilienauffangstation München e. V. zur Haltung von Schlangen in Racksystemen bzw. Schubladen, 2013, [http://pdfs.dght.de/agark/Stellungnahme_AK8_Rackhaltung_07.2013%20\(1\).pdf](http://pdfs.dght.de/agark/Stellungnahme_AK8_Rackhaltung_07.2013%20(1).pdf) ; Zugriffsdatum: 06.09.2021
17. Gracheva E, Ingolia, N., Kelly (2010). Molecular Basis of Infrared Detection by Snakes, *Nature*, volume464, Seite: 1006–1011 ; 2010 DOI: 10.1038/nature08943
18. Green J, Coulthard E, Norrey J, Norrey L, Rowntree JK, Bates J, Dharmapaul B, Auliya M, D’Cruze N, (2020). Blind Trading: A Literature Review of Research Addressing the Welfare of Ball Pythons in the Exotic Pet Trade, *Welfare of wild vertebrates*. *Animals* 2020, 10(2), Seite:193, <https://doi.org/10.3390/ani10020193>
19. Greenberg N, Wingfield JC (1987) Stress and Reproduction: Reciprocal Relationships. In: Norris D.O., Jones R.E. (eds.) *Hormones and Reproduction in Fishes, Amphibians, and Reptiles*. Springer, Boston, MA. ISBN: 971461290421, <https://doi.org/10.1007>
20. Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, Artikel 20a , https://www.gesetze-im-internet.de/gg/art_20a.html, Zugriffsdatum: 06.09.2021
21. Gutsche A (2013). *TERRARIA/elaphe* 1/2013, Seite 74-75, Natur und Tierverlag, Münster
22. Haltung exotischer Tiere und Wildtiere in Privathand: Situationsanalyse, Bewertung und Handlungsbedarf insbesondere unter Tierschutzaspekten (EXOPET – Studie), (2018) https://service.ble.de/ptdb/index2.php?detail_id=57204&site_key=141&stichw=exotisch&zeilenzahl_zaehler=23 , Zugriffsdatum: 06.09.2021
23. Hanke W, Kloas W (1995). Comparative Aspects of Regulation and Function of the Adrenal Complex in Different Groups of Vertebrates, *Hormone and metabolic research* 1995; 27(9), Seite: 389-397
24. Hein A, Palme R, Baumgartner K, Fersen L, Woelfing B, Greenwood AD, Bechshoft T, Siebert U(2020). Faecal glucocorticoid metabolites as a measure of adrenocortical activity in polar bears (*Ursus maritimus*), *Conservation*

IX. Erweitertes Literaturverzeichnis

- Physiology, Volume 8, Issue 1, 2020, coaa012,
<https://doi.org/10.1093/conphys/coaa012>
25. Husak JF, Irschick DJ, Meyers JJ, Lailvaux SP, Moore IT (2007). Hormones, sexual signals, and performance of green anole lizards (*Anolis carolinensis*), *Hormones and Behavior*, Volume 52, Issue 3, 2007, Seite: 360-367, ISSN 0018-506X, <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.05.014>.
26. Isaza R, Andrews GA, Coke RI, Hunter RP (2004). Assessment of multiple cardiocentesis in Ball Python (*Python regius*). *Contemporary topics in laboratory animal science / American Association for Laboratory Animal Science* 43(6) Seite: 35-8
27. Johnson J. About Freedom Breeder Rack Systems, Freedombreeders. <https://www.freedombreeder.com/freedom-breeder-rack-systems>.
Zugriffsdatum: 21.04.2020
28. Kolb H, Wang H (1985). The distribution of photoreceptors, dopaminergic amacrine cells and ganglion cells in the retina of the North American opossum (*Didelphis virginiana*). *Vision Research*, Volume 25, Issue 9, 1985, Seite: 1207-1209, 1211-1221. DOI: 10.1016/0042-6989(85)90035-5
29. Kölle P (2004). *Schlangen*. Franckh-Kosmos Verlags GmbH & Co (Praxiswissen Terraristik), Stuttgart. ISBN 3440093778
30. Lance VA, Lauren D, (1984). Circadian variation in plasma corticosterone in the American alligator, *Alligator mississippiensis*, and the effects of ACTH injections, *General and Comparative Endocrinology*, Volume 54, Issue 1, 1984, Seite: 1-7, ISSN 0016-6480, [https://doi.org/10.1016/0016-6480\(84\)90192-8](https://doi.org/10.1016/0016-6480(84)90192-8).
31. Lance VA, Elsey RM (1999). Plasma catecholamines and plasma corticosterone following restraint stress in juvenile alligators. *Journal of Experimental Zoology, Endocrinology*, Volume 283, Issue 61, May 1999, Seite: 559-565
32. Langen M, Kas MJH, Staal WG, van Engeland H, Durston S (2011a). The neurobiology of repetitive behavior: Of mice.... *Neurosci Biobehav R* 35, Seite: 345–355
33. Langen M, Durston S, Kas MJH, van Engeland H, Staal WG (2011b). The neurobiology of repetitive behavior: ... and men. *Neurosci Biobehav R* 35, Seite: 356–365
34. Lexens E, El-Bahr SM, Sommerfeld- Stur I, Palme R, Möstl E (2007). Monitoring the adrenocortical response to disturbances in sheep by measuring glucocorticoid metabolites in the faeces. *Vet. Med. Austria / Wien. Tierärztl. Mschr.* 95 (2008), Seite: 64 – 71
35. Licht P, McCreery BR, Barnes R, Pang R (1983). Seasonal and stress related changes in plasma gonadotropins, sex steroids, and corticosterone in the bullfrog, *Rana catesbeiana*, *General and Comparative Endocrinology*, Volume 50,

IX. Erweitertes Literaturverzeichnis

- Issue 1,1983,Seite: 124-145,ISSN 0016-6480,[https://doi.org/10.1016/0016-6480\(83\)90249-6](https://doi.org/10.1016/0016-6480(83)90249-6).
36. Luiselli L, Angelici FM (1998). Sexual size dimorphism and natural history traits are correlated with intersexual dietary divergence in royal pythons (*python regius*) from the rainforests of southeastern Nigeria, *Italian Journal of Zoology*, 65:2, Seite: 183-185.
 37. Mader DR (2006). *Reptile Medicin and Surgery*. Saunders Elsevier, Missouri. ISBN 9780721693279
 38. Mason GJ, Latham NR (2004). Can't stop, won't stop: is stereotypy a reliable animal welfare indicator? *Anim Welfare* 13: Seite: 57–S69.
 39. Mason G, Clubb R, Latham N, Vickery S (2007). Why and how should we use environmental enrichment to tackle stereotypic behaviour? *Appl Anim Behav Sci* 102, Seite: 163–188.
 40. Matter MJ, J. Ronan P, Summers C, H: Central Monoamines in Free-Ranging Lizards: Differences Associated with Social Roles and Territoriality. *Brain Behav Evol* 1998;51:23-32. doi: 10.1159/000006526
 41. Mattison C. (1999). *Schlangen. Die interessantesten Arten der Welt*. Dorling Kindersley, London, New York, Melbourne, München, Delhi. ISBN:9783831010776
 42. Mc Curley K (2011). *Python regius. Das Kompendium*. Edition Chimaira, Frankfurt am Main. ISBN 9783899734584
 43. Mindestanforderungen an die Haltung von Reptilien, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 10 Januar 1997, [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Tiere/Tierschutz/Gutachten - Leitlinien/HaltungReptilien.pdf;jsessionid=C41FCD576DCD8440275648077E6B801A.live921?__blob=publicationFile&v=2](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Tiere/Tierschutz/Gutachten-Leitlinien/HaltungReptilien.pdf;jsessionid=C41FCD576DCD8440275648077E6B801A.live921?__blob=publicationFile&v=2) . Zugriffsdatum: 06.09.20217
 44. Moore IT, Jessop TS, (2003). Stress, reproduction, and adrenocortical modulation in amphibians and reptiles, *Hormones and Behavior*, Volume 43, Issue 1, January 2003, Seite: 39-47, [https://doi.org/10.1016/S0018-506X\(02\)00038-7](https://doi.org/10.1016/S0018-506X(02)00038-7)
 45. Morgan KN, Tromborg CT (2007). Sources of stress in captivity. *Appl Anim Behav Sci* 102, Seite: 262–302.
 46. Norris DO, Lopez KH, (2011). *Hormones and Reproduction of Vertebrates, Volume 3: Reptiles* , Academic Press, ISBN : 9780123749307
 47. O´Rourke DP (2015). *Biology and Diseases of Reptiles*, in: *Laboratory Animal Medicin*, Kapitel 19, 3. Edition, Academic Press Elsevier ISBN:9780124095274

IX. Erweitertes Literaturverzeichnis

48. Pottinger TG (1997). The impact of stress on animal reproductive activities. In: Balm, Paul H.M., (ed.) Stress physiology in animals. Sheffield, UK, Sheffield Academic Press, Seite: 130-177
49. Riis A, Bendtsen T, World of Ballpython, The big Morph list
<https://www.worldofballpythons.com/morphs/?> . Zugriffsdatum: 06.09.221
50. Romero LM (2002). Seasonal changes in plasma glucocorticoid concentrations in free-living vertebrates ,2002,General and Comparative Endocrinology, Volume 128, Issue 1,2002,Seite: 1-24,ISSN 0016-6480,[https://doi.org/10.1016/S0016-6480\(02\)00064-3](https://doi.org/10.1016/S0016-6480(02)00064-3).
51. Romero LM (2004). Physiological stress in ecology: lessons from biomedical research, Trends in ecology and evolution, Volume 19, Issue 5, May 2004, Seite: 249-255, <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.03.008>
52. Romero LM, J. Reed M (2005).Collecting baseline corticosterone samples in the field: is under 3 min good enough?, Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, Volume 140, Issue 1,2005,Seite :73-79,ISSN 1095-6433,<https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2004.11.004>.
53. Sambraus H.H. (1982). Ethologische Grundlagen Einer Tiergerechten Nutztierhaltung. In: Fölsch D.W., Nabholz A. (eds) Ethologische Aussagen zur artgerechten Nutztierhaltung. Tierhaltung / Animal Management, Volume 13. Birkhäuser, Basel. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-5353-8_3
54. Schrenk F, Kiefer I, Krautwald-Junghanns ME, Pees M. Zucht von Farb-, Zeichnungs- und Gestaltvarianten bei Reptilien und Amphibien–Erste Ergebnisse zum Wobbler-Syndrom des Königspythons. 25. Internationale DVG-Fachtagung zum Thema Tierschutz und 17.Internationale Fachtagung zum Thema Ethologie und Tierhaltung. 2019.
55. Shaw G (1802). General zoology, or Systematic natural history, Vol. III, Part II, G.Kearsley London. ISBN: 9781286331064
56. Shyne A (2006). Meta-analytic review of the effects of enrichment on stereotypic behavior in zoo mammals. Zoo Biol 25, Seite: 317–337.
57. Sillmann AJ, Carver JK, Loew ER(1999).The Photoreceptores and visual pigments in the retina of a boid snake, the ball python (python regius), Journal of experimental biology 202, Seite: 1931-1938
58. Steinberg RH, Reid M, Lacy PL (1973). The distribution of rods and cones in the retina of the cat (*Felis domesticus*). Journal of comparative neurology, Volume 148,Issue 2, Seite: 229-248, <https://doi.org/10.1002/cne.901480209>
59. Summers CH, Larson ET, Summers TR, Renner KJ, Greenberg N (1998). Regional and temporal separation of serotonergic activity mediating social stress, Neuroscience, Volume 87, Issue 2,1998,Seite: 489-496,ISSN 0306-4522,[https://doi.org/10.1016/S0306-4522\(98\)00144-4](https://doi.org/10.1016/S0306-4522(98)00144-4).

IX. Erweitertes Literaturverzeichnis

60. Summers, CH, Forster, GL, Korzan, WJ (2005a). Dynamics and mechanics of social rank reversal. *J Comp Physiol A* 191, 241–252, 2005.
<https://doi.org/10.1007/s00359-004-0554-z>
61. Summers CH, Korzan WJ, Lukkes JL, Watt MJ, Forster GL, Øverli Ø, Höglund E, Larson ET, Ronan PJ, Matter JM, Summers TR, Renner KJ, Greenberg N (2005b). Does Serotonin Influence Aggression? Comparing Regional Activity before and during Social Interaction, *Physiological and Biochemical Zoology*, Volume 78, Number 5
62. Summers TR, Matter JM, McKay JM, Ronan PJ, Larson ET, Renner KJ, Summers CH (2003). Rapid glucocorticoid stimulation and GABAergic inhibition of hippocampal serotonergic response: in vivo dialysis in the lizard *Anolis carolinensis*, *Hormones and Behavior*, Volume 43, Issue 1, 2003, Seite: 245-253, ISSN 0018-506X, [https://doi.org/10.1016/S0018-506X\(02\)00014-4](https://doi.org/10.1016/S0018-506X(02)00014-4).
63. Swaisgood RR, Shepherdson DJ (2005). Scientific approaches to enrichment and stereotypies in zoo animals: What's been done and where should we go next? *Zoo Biol* 24, Seite: 499–518.
64. Taylor EN, DeNardo DF, Jennings DH, (2004). Seasonal steroid hormone levels and their relation to reproduction in the Western Diamond-backed Rattlesnake, *Crotalus atrox* (Serpentes: Viperidae), *General and Comparative Endocrinology*, Volume 136, Issue 3, 2004, Seite: 328-337, ISSN 0016-6480, <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2004.01.008>.
65. Tierärztliche Vereinigung für Tierschutz e.V., Merkblatt Nr.178 – Heimtiere: Königspython (Stand 2016)
66. Tierschutzgesetz §2, https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/__2.html ,
Zugriffsdatum: 06.09.2021
67. Tierschutzgesetz § 2a, https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/__2a.html
Zugriffsdatum: 06.09.2021
68. Trutnau L. Schlangen 1. 3rd ed., Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.; 1988.
69. Verordnung (EG) Nr. 338/97 des Rates vom 9. Dezember 1996 über den Schutz von Exemplaren wildlebender Tier- und Pflanzenarten durch Überwachung des Handels <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L:1997:061:FULL&from=DA>, Zugriffsdatum: 06.09.2021
70. Verordnung (EU) 2019/2117 der Kommission vom 29. November 2019 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 338/97 des Rates über den Schutz von Exemplaren wildlebender Tier- und Pflanzenarten durch Überwachung des Handels, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2117&qid=1576135248367&from=DE>, Zugriffsdatum: 06.09.2021

IX. Erweitertes Literaturverzeichnis

71. Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung - BArtSchV), https://www.gesetze-im-internet.de/bartschv_2005/BJNR025810005.html, Zugriffsdatum: 06.09.2021
72. Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung - BArtSchV) Anlage 5 (zu § 7 Abs. 2), Von der Anzeigepflicht des § 7 Abs. 2 ausgenommene Arten , https://www.gesetze-im-internet.de/bartschv_2005/anlage_5.html , Zugriffsdatum: 06.09.2021
73. Wack CL, Fox SF, Hellgren EC, Lovern MB (2008). Effects of sex, age, and season on plasma steroids in free-ranging Texas horned lizards (*Phrynosoma cornutum*), *General and Comparative Endocrinology*, Volume 155, Issue 3, 2008, Seite: 589-596, ISSN 0016-6480, <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2007.10.005>.
74. Warwick C, Frye FL, Murphy JB (1995). *Health and Welfare of Captive Reptiles*, Chapman & Hall London, ISBN 978-1402004032
75. Wechsler, B (1992). Stereotypies and attentiveness to novel stimuli – a test in polar bears. *Appl Anim Behav Sci* 33, Seite: 381–388.
76. Wechsler B (1995). Coping and coping strategies – A behavioral view. *Appl Anim Behav Sci* 43, Seite: 123–134.
77. Wiese C (2014). Etablierung und Einsatz eines Enzymimmunoassays für Testosteron-, Östrogen- und Glukokortikoidmetaboliten im Kot europäischer Wölfe (*Canis lupus*) mit Lagerungsexperiment, Tiermedizinische Hochschule Hannover 2014
78. Wingfield JC, Ramenofsky M (1999). Hormones and the behavioral ecology of stress. P.H.M. Balm (Ed.), *Stress Physiology in Animals*, Seite: 1-51. Sheffield Academic Press

X. VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Königspython (<i>Python regius</i>), wildfarben (eigene Aufnahme, 2018)	3
Abbildung 2: Portrait eines Königspythons mit Grubenorganen, Farbform (eigene Aufnahme, 2019)	4
Abbildung 3: Königspython Jungtier, Farbform Spider (eigene Aufnahme, 2018)	7
Abbildung 4: Schema der Rackschublade	18
Abbildung 5: Schema des Terrarienaufbaus	19
Abbildung 6: Königspython beim Klettern, Terrarium (eigene Aufnahme 2018).....	23
Abbildung 7: Königspython, Albino, beim Erkundungsverhalten mit Bezügelnd der Kamera, Rack (eigene Aufnahme aus Videosequenz, 2018).....	24
Abbildung 8: Königspython beim Sonnenbaden (eigene Aufnahme 2018).....	25
Abbildung 9: Königspython beim Ruhen im Versteck im Rack (eigene Aufnahme aus Videosequenz 2018).....	26
Abbildung 10: Königspython beim Gähnen im Rack (eigene Aufnahme aus Videosequenz 2018)	27
Abbildung 11: Königspython beim "Schnauze an Begrenzung drücken" im Rack (eigene Aufnahme aus Videosequenz 2018, nachkoloriert zum besseren Erkennen des Standbildes, Kopf Links an Rackoberseite)	28
Abbildung 12: Königspython (Farbform) zeigt unphysiologische Verhaltensweise, Umkehrreflex stark verzögert (eigene Aufnahme 2018)	28
Abbildung 13: Boxplot Corticosteronwert in ng/ml in Abhängigkeit von Haltungsform und Geschlecht. ° Ausreißer, * extreme Ausreißer.....	52
Abbildung 14: Streudiagramm Corticosteronwert in ng/ml in Abhängigkeit von Gewicht und Haltungsform	53
Abbildung 15: Boxplot Corticosteronwert in ng/ml in Abhängigkeit von Haltungssystem und Farbe. ° Ausreißer, * extreme Ausreißer	54
Abbildung 16: Verhaltensverteilung in Minuten in Rack (gesamt 1440 min) und Terrarium (gesamt 1440 min) , Zahlenangaben in Klammern: (Verhalten im Rack in Minuten/ Verhalten im Terrarium in Minuten)	55

X. Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

TABELLEN

Tabelle 1: Merkmale der in der Studie verwendeten Königspythons (n=35).....	15
Tabelle 2: Ethogramm Königspython.....	22

XI. ANHANG

1. HYGIENEPROTOKOLL DER AUFFANGSTATION FÜR REPTILIEN

Quarantäneprotokoll

Schlangen

Grundsätzlich muss jedes neue Tier quarantänisiert werden, bevor es in direkten oder indirekten Kontakt mit dem Gesamtbestand gebracht werden kann. Indirekter Kontakt erfolgt über Haltungseinrichtungen, Materialien, Futter, Werkzeuge, Tierarzt/Tierpfleger/ Besucher, Badebecken, ggf. Luft.

Quarantäne setzt größtmögliche Hygiene und Desinfizierbarkeit in Umgang und Haltungssystem ursächlich und zwingend voraus.

Die Quarantäne findet bei Schlangen in einem Racksystem statt. Die Tiere werden je nach Größe in 3 verschiedengroße Schubladen untergebracht (klein 24x32x13; mittel 37x64x15; groß 48x93x18; Angaben in cm: Breite x Länge x Höhe). Diese sind indirekt beleuchtet, partiell mit Heizmatte/Heizkabel beheizt, mit Zeitungspapier als Bodengrund ausgelegt und mit einem größenangepassten Versteck bestückt. Bei Tieren mit extremen Besonderheiten der Lebensweise wird dies bei der Unterbringung berücksichtigt (z.B. Sandboa).

Bei jeder Neueinstellung müssen eine ausführliche Allgemein- und eine spezielle Untersuchung (Tupferproben, Blutproben, Kot- und Harnuntersuchungen s.u.) stattfinden, um den generellen Gesundheitszustand zu erfassen. Diese muss dokumentiert werden, Befunde und ggf. Therapiemaßnahmen müssen dokumentiert und kommuniziert werden (easyvet) => Dokumentationspflicht!

Therapieregimes oder begonnene, bzw. geplante Therapiemaßnahmen sowie ggf. weiterführende Untersuchungen müssen ebenfalls dokumentiert werden, diese werden nicht ohne Rücksprache abgeändert, außer neue Befunde rechtfertigen diese.

BU: **Bakt-Tupfer** i. S. von Rachen- und Choanentupfer, Kloakentupfer, KotBU etc. sind nicht zielführend und sollten ausschließlich im begründeten Verdachtsfall gemacht werden, bei klinischer Symptomatik Salmonellennachweis (Anreicherung, Fremdlabor EXOMED, Bln.)

Wund- und Trachealtupfer bzw. –proben (Bak/Myk/Resi) nur bei klinisch relevanten Befunden, dann aus der Tiefe am Ort des Geschehens.

Bei ZNS-Störungen ggf. Blut-BU, Resistenztest nie vergessen!

Viruserkrankungen:

IBD: Riesenschlangen

CAVE: lange Inkubationszeiten (mind. 2 Monate), oft atypische Klinik (Häutungsprobleme, Vomitus, ZNS-Störungen nicht immer sichtbar, respiratorische Symptome, Abmagerung);

- Blutausstrich: negativer Befund nie beweisend, mehrere Wiederholungen ggf. nötig,
- Rachenabstrich + Blut: negativer Befund nie beweisend, 2 Untersuchungen im Abstand von mind. 8 Wochen

Paramyxovirose OPMV: Giftschlangen: bei Neuinfektion keine AK im Blut! Titer kann angeblich wieder unter Nachweisgrenze absinken lange nach überstandener Infektion; bei Riesenschlangen und Nattern im Verdachtsfall → Blutprobe mit AK Nachweis (Detmold), CAVE: stille Träger und Ausscheider! Ggf. Wiederholung der AK-Nachweise nötig, oft unklare Befunde. Einige Riesenschlangen wie Boa constrictor und Python regius können als durchseucht betrachtet werden, oft **Bestandsproblem**, wenn ein Tier aus einer Gruppe betroffen ist, sind **alle** verdächtig und ggf. infiziert deshalb werden diese Tiere nachgetestet.

Tiere mit positivem Virusergebnis werden umgehend in der Infektionsstation untergebracht, es werden dort weitere Quarantänemaßnahmen (Kotkontrollen) in Terrarienhaltung auf Zeitungspapier als Bodengrund durchgeführt.

Parasitosen: Kot- und Harnuntersuchungen, insbesondere auf Helminthen und Protozoen (Flagellaten, Hexamita, Trichomonaden, Ciliaten, v.a. Balantidium, Kokzidien, **Amöben**, **Kryptosporidien** (bei Abmagerung und Erbrechen, CAVE DD!) (IDEXX)), frisch nativ, ggf. Verifizierung und Differenzierung (IDEXX, Pantchev), gezielte Therapiemaßnahmen, Verlaufs-Kontrolle nach 10-14 Tagen, Begleiterkrankungen (Stomatitis, Pneumonien, Gastro-Enteritis, Nephritis, Sepsis beachten und ggf. parallel therapieren)

Ektoparasiten! **Milben**, Zecken, Maden, Egel (auch in der Maulhöhle!)

Pentastomiden: Maulhöhle, KotUS, ggf. bei Atemnot Lungenlavage und Röntgen

Sparganose: Hautknötchen, CAVE humanpathogen! Histologie, KotUS, ggf. Sektion bei verendeten Tieren mit Darmabstrich, Seröse Häute nicht vergessen!

Therapie nach Befunden, Kontrollen, Verlaufskontrollen, ggf, begleitende Infusionstherapie (Baycox).

Blutbild und Organwerte: bei veterinärmedizinischer Indikation (z.B. schlechtes Allgemeinbefinden, schlechte Haltung,...) bestimmen durch Fremdlabor (Synlab, IDEXX) und nach entsprechender Therapie und entsprechendem Zeitraum nachkontrollieren

Abschluss der Quarantänemaßnahmen nach negativem Virusergebnis sowie 2-maligparasitologisch negativer Kotproben und gutem Allgemeinbefinden.

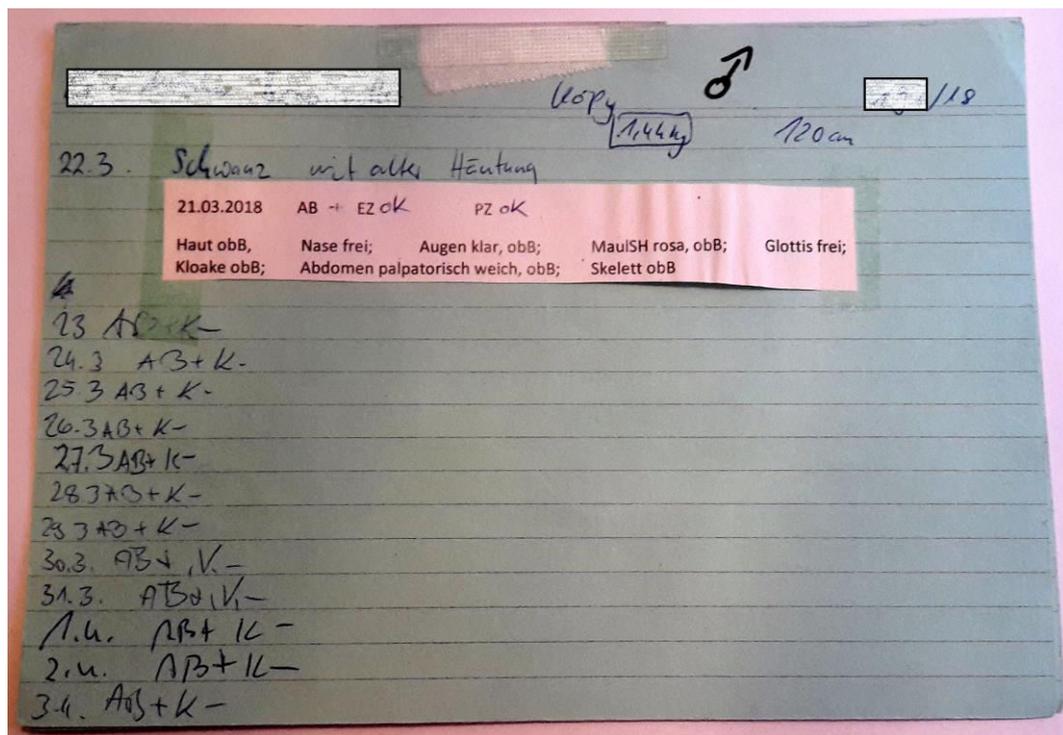
Maßnahmen ausserhalb der Quarantänestation

- leichte Blutbild-/Organwertabweichungen in Terrarienhaltung zu späterem Zeitpunkt nachkontrollierbar
- bei Auffälligkeiten (nicht abklärbare Futterverweigerung, Abmagerung, Verhaltensänderung, Verletzung...) werden, je nach Schweregrad (leicht - Verbleib im Terrarium; schwer - einsetzen in die Quarantänestation) Diagnostik / Therapie jederzeit betrieben
- bei unklaren Todesfällen Pathologie und ggf. Diagnostik der Partnertiere (aus gleichem Herkunftsbestand oder im gleichen Terrarium/Raum)
- bei positiven Infektionserkrankungen die bei pathologischen Untersuchungen diagnostiziert werden, Nachkontrolle der Partnertiere
- im Rahmen der Bestandskontrolle werden gelegentlich stichprobenartig einzelne Tiere mittels Blutentnahme Blutbild-/Organwert kontrolliert

XI. Anhang

2. BEISPIEL DER TIERÜBERWACHUNG

Im Rack wurden Karteikarten angefertigt. Die Karteikarte enthielt alle wichtigen Informationen zum Tier (Art, Gewicht, Länge, Geschlecht, Stationsnummer, Name). Name und Stationsnummer sind aufgrund des Datenschutzes unkenntlich gemacht. Auf der ersten Seite wurden die Befunde der Allgemeinuntersuchung festgehalten. Fortlaufend wurde das Allgemeinbefinden, Kotabsatz und Ergebnis der Kotuntersuchung, Fütterungen und Auffälligkeiten festgehalten.



XI. Anhang

Im Terrarium wurden Tierdatenblätter geführt. Dort wurden Name, Stationsnummer, Geschlecht, Tierart, Länge und Einstellungsdatum aufgeführt. Gewichtskontrolle, Fütterung, Kotabsatz, Auffälligkeiten und wer die Eintragungen durchgeführt hat (Handzeichen) wurde fortlaufend mit Datum in einer Tabelle festgehalten. Name und Stationsnummer sind aufgrund des Datenschutzes unkenntlich gemacht.

/18, 1.0 Königspython, 53 cm
Eingestellt 29.10.2018

Datum	Gewicht	Fütterung	Kotabsatz	Auffälligkeiten	HZ
09.05	118 g				TH
15.05		1 Springer			TH
22.05		1 Springer			TH
29.05				Gehäutet (seit 24.05)	TH
01.06		1 M			TH
10.06			+		TH
16.06		2 Springer klein			TH
29.06		3 Springer klein			TH
4.7.				BE	TH
27.07		1 Springer			TH
13.08				Gehäutet (seit 07.08)	TH
17.08		2 Springer			TH
10.09		3 Speckys			TH
19.09		2 Springer			TH
10.10		2 Springer			TH
29.10			+		
6.11		1 Spr.			PU
20.11		1 Spr.			PU
3.12		2 Specky			
10.12		1 Springer			PU
11.12		1 M			PU

XII. DANKSAGUNG

Vielen Dank Herr Prof. Dr. Dr. Michael Erhard, dass ich diese Arbeit an ihrem Lehrstuhl anfertigen konnte.

Ich möchte mich ganz herzlich bei meinen beiden Betreuern Frau Dr. Anna-Caroline Wöhr und Herrn Dr. Markus Baur für die gute Betreuung und das unermüdliche Einsetzen trotz einiger Rückschläge bedanken. Liebe Caroline, vielen Dank, dass du immer schnell geantwortet hast, egal wie konfus meine Fragen waren. Lieber Markus, danke, dass du immer einen Weg gefunden hast diese Arbeit zu ermöglichen und dass du immer ein Buch in deinem Fundus hattest, was mir weitergeholfen hat.

Mein Dank geht auch an meine Kollegen; Clara-Emilia, Bucki, Simon, Jan, Matze, Basti, Sabine, Carmen und Tom der Auffangstation. Ob beim Aufbauen von Terrarien und Racks oder beim Installieren der Kameras, danke, dass ihr mir immer geholfen habt. Vor allem Paddy, der die gleichen Höhen und Tiefen durchgemacht hat, möchte ich danken.

Meine Dankbarkeit geht auch an Frau Prof. Dr. Heidrun Potschka, die es mir ermöglicht hat, in ihrem Institut meine Corticosteronmessungen durchzuführen. Vielen Dank Sarah und Maarten für die tolle Betreuung und die Engelsgeduld bei der ELISA Durchführung, auch wenn uns ein Rüttler den Start schwer gestaltet hat.

Ein Dank geht an Carry Schliewenz und Peter König die mir die Wirren der Statistik erklärt haben und an Herrn PD. Dr. Seven Reese, der sich der Korrektur angenommen hat.

Ein großes Dankeschön möchte ich an die AG ARK der DGHT richten. Ohne die Unterstützung aus dem Ingo und Waltraud Pauler Fond wäre die Arbeit nicht so zustande gekommen.

Liebe Anne vielen Dank für die professionelle Skizzenumsetzung und dafür, dass du immer ein paar aufmunternde Worte hattest.

Auch bedanken möchte ich mich bei Verena für die geistige und emotionale Unterstützung.

Desweiteren geht mein großer Dank an meine Korrekturleser. Liebe Susanne, lieber Frank, ohne euch wäre die Arbeit nicht so geworden wie sie ist.

Schließlich und am allermeisten möchte ich mich bei meinen Eltern und meinem Freund Steven bedanken. Für unendliche Diskussionen über Königspythons und Stresshormone, stundenlange Korrekturlesungen und Motivationen, wenn es mal wieder gar nicht lief. Ohne euch hätte ich diesen langen Weg nicht beschreiten können.