

Bodentemperaturen im Regenwald von Andasibe, Region Alaotra-Mangoro, im östlichen Hochland Madagaskars

Dr. Alexandra Laube

Harison Zoe Radimbiniaina

Thorsten Negro

Mit der erfolgreichen Haltung unterschiedlichster Chamäleonarten in der Terraristik steigt auch die Herausforderung, die Eier möglichst erfolgreich zu inkubieren. Die Bodentemperaturen im natürlichen Lebensraum der jeweiligen Chamäleons könnten dazu der Schlüssel sein. Bodentemperaturen in Madagaskar wurden bisher nur wenig gesammelt, zum einen in 20 cm Tiefe in Ankarafantsika [11], zum anderen in nur 3 cm Tiefe in Ampijoroa, Kirindy und Ifaty [14]. Die genannten Orte liegen alle im Westen und Südwesten Madagaskars. 2018 nutzten wir die Möglichkeit, Bodentemperaturen im östlichen Hochland Madagaskars zu messen, allerdings in deutlich kleinerem Rahmen als im Westen der Insel. Die vielen positiven Reaktionen vieler Chamäleonhalter auf die statistische Auswertung der Daten aus dem Westen haben uns jedoch dazu bewogen, auch die Daten aus dem östlichen Hochland zu veröffentlichen.

Andasibe liegt im östlichen Hochland Madagaskars in der Region Alaotra-Mangoro, nur etwa 120 km von der Hauptstadt Antananarivo entfernt. Die Region ist eine der bekanntesten Regenwaldregionen für den Ökotourismus der Insel [6,13]. Die Berühmtheit ist nicht nur der Nähe zur Hauptstadt - nur vier Fahrtstunden mit dem Auto -, sondern auch dem hier vorkommenden größten Lemur, dem Indri, zu verdanken. Schon Anfang des 20. Jahrhunderts hatten französische

Botaniker, Herpetologen und Abenteurer Andasibe als Ausgangspunkt für Expeditionen in den Regenwald genutzt. Der alte französische Name „Périnet“ war noch lange nach der Kolonialzeit in Gebrauch.

Der Regenwald nahe Andasibe teilt sich in die beiden Nationalpark-Teile Analamazaotra, gelegen zwischen der Straße RN2 und dem Dorf Andasibe, sowie Mantadia etwa 10 km weiter nördlich (Abb. 1). Analamazaotra nimmt nur 8,1 km² der insgesamt 120 km² Fläche des Nationalparks ein, ist aber der bei Weitem häufiger besuchte, leichter erreichbare und mit besseren Wegen versehene Parkbereich. Der Regenwald direkt gegenüber von Analamazaotra, früher die *forest station* des Nationalparks, gehört heute zum Schutzgebiet der Association Mitsinjo, einer kommunal geführten Organisation. Das Schutzgebiet nimmt rund 7 km² Regenwald ein. Ein noch kleineres Regenwaldgebiet zwischen Analamazaotra und Andasibe wird von einer weiteren kommunalen Organisation betreut und nennt sich *Vondron'olona miaro mitia ala*. Der Ausspruch wird V.O.I.M.M.A. oder V.O.I. abgekürzt und bedeutet so viel wie „die Leute des Ortes lieben den Wald“. Dieses Schutzgebiet verfügt über nur 0,4 km² und liegt in Sichtweite des Bahnhofs von Andasibe.



Abbildung 1: Studiengebiet nahe Andasibe, Kartendaten von GoogleMyMaps © 2022 CNES / Airbus, Maxar Technologies.

Die Regenwälder von Analamazaotra, Mitsinjo und V.O.I.M.M.A. erstrecken sich über Höhen zwischen 900 und 1250 m üNN. Die Regenzeit reicht hier von Oktober bis April, die Trockenzeit von Mai bis September. Wirklich trocken wird es allerdings in Andasibe nicht. Die Trockenzeit zeichnet sich hier vor allem durch kühlere Temperaturen bei moderatem Regen und vor allem kalte Nächte aus. Lufttemperatur zwischen 12 und 15°C in der Nacht sind in Andasibe während der Trockenzeit keine Seltenheit.

Der Regenwald nahe Andasibe ist Lebensraum für unzählige Reptilien und Amphibien. Fast jedes Jahr werden hier noch immer neue Arten entdeckt. Regelmäßig finden wir dort Männchen und Weibchen der Arten *Brookesia superciliaris* (Kuhl, 1820), *Brookesia therezieni* (Brygoo und Domergue, 1970), *Calumma brevicorne* (Günther, 1879), *Calumma emelinae* (Prötzel, Scherz, Ratsoavina, Vences & Glaw, 2020), *Calumma nasutum* (Duméril & Bibron, 1836), *Calumma parsonii cristifer* (Methuen & Hewitt, 1913) und *Furcifer willsii* (Günther, 1890) [10]. Etwas seltener trifft man auf *Calumma gastrotaenia* (Boulenger, 1888), *Calumma malthe* (Günther, 1879) und *Brookesia thieli* (Brygoo & Domergue, 1969) [10].



Abbildung 2: Ein kleiner Teil der Chamäleons, die die Autoren in den Regenwäldern nahe Andasibe gefunden haben: Von links oben nach rechts unten *Brookesia superciliaris*, *Calumma brevicorne*, *Calumma emelinae*, *Furcifer willsii*, *Calumma parsonii cristifer*, *Calumma nasutum*, *Calumma gastrotaenia* und *Calumma malthe*

Daten zu Gelegegrößen der genannten Arten sind rar gesät und stammen mehrheitlich aus der Terraristik. So ist von *Brookesia superciliaris* und *Brookesia thieli* bekannt, dass sie bis zu vier Eier pro Gelege lose am Boden ablegen [9,12]. Von den in Andasibe vorkommenden *Calumma*- und *Furcifer*-Arten gibt es leider bisher keine Angaben zu Gelegegrößen, bevorzugte Eiablagestellen oder Grabtiefen. Über Eiablagestellen existieren überhaupt nur innerhalb der Gattung *Furcifer* vereinzelte Berichte. Bei etwas weiter verwandten *Furcifer*-Arten variierte die bisher gemessene Eiablagetiefe zwischen 9 und 20 cm, abhängig von der Kopf-Rumpf-Länge (SVL, snout-vent-length = gemessen von der Nasenspitze bis zur Kloake) des Weibchens [8,15].

Zwischen dem 21. März 2018 und dem 05. Februar 2019 wurden etwa jeden zweiten Tag Bodentemperaturen in den drei vorgestellten Regenwaldteilen nahe Andasibe gemessen. Lediglich im Dezember 2018 wurde keine Messung vorgenommen. Die Messstellen wurden nach zwei Methoden ausgewählt: Zum einen wurde gemessen, wo Chamäleonweibchen bei der Eiablage beobachtet oder wo gerade frisch geschlüpfte Jungtiere gefunden worden waren. Zusätzlich wurden zufällig ausgewählte, schattige Stellen im Wald gemessen. Während der Trockenzeit – also außerhalb der Eiablage-Saison der Chamäleons – wurden alle diese Stellen wiederholt gemessen. Der Boden an allen Messstellen bestand vorwiegend aus feuchter Erde. Für die Messung wurden X4-Life Bodentester (Lived non food GmbH, Friedrich-Seele-Str. 20, 38122 Braunschweig) verwendet (Abb. 3 und 4). Die Bodentester verfügen über einen Messbereich

von -9 bis 50°C. Die Thermometer wurden zur Messung bis zum Anschlag in den Boden gesteckt, was einer Messtiefe von 20 cm entspricht. Bei jeder Messung wurde drei bis fünf Minuten gewartet, bis die Anzeige im Display stabil blieb.

Messungen wurden entweder am Morgen zwischen 7 und 10 Uhr, am Mittag zwischen 11.30 und 14 Uhr oder am Abend zwischen 17 und 19 Uhr vorgenommen. Nur vereinzelte Messungen erfolgten zwischen 22 und 24 Uhr. Der Sonnenaufgang liegt auf Madagaskar im Jahresverlauf zwischen 05:15 und 06:30 Uhr in der Frühe, der Sonnenuntergang etwa zwischen 17.30 und 18.30 Uhr am Abend.



Abbildung 3 und 4: Messung der Bodentemperatur im Regenwald von Analamazaotra mit dem X4-Life Bodentester im Januar 2019 an verschiedenen Tagen, links tagsüber, rechts am Abend

Um den Jahresverlauf der Bodentemperaturen nachzuverfolgen, wurden für jeden Monat das arithmetische Mittel und die Standardabweichung für die vorhandenen Messungen berechnet. Für

die Vergleiche zwischen den Temperaturen in Regen- und Trockenzeit wurden gepaarte t-tests verwendet. Alle statistischen Berechnungen wurden mit Microsoft Excel (Microsoft Ireland Operations Limited, 70 Sir Rogerson's Quay, Dublin, Irland) durchgeführt. $P \leq 0,05$ wurde als signifikant festgelegt.

Insgesamt wurden 418 Bodentemperaturmessungen durchgeführt und geschätzte 70 verschiedene Stellen gemessen. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die durchschnittlichen Bodentemperaturen aller Monate zu den vier verschiedenen Messzeiten.

Monat	Morgens	Mittags	Abends
März	22,0 ± 1,2	24,5 ± 1,5	25,0 ± 0,6
April	22,1 ± 1,7	22,5 ± 1,8	25,3 ± 0,8
Mai	20,5 ± 0,8	20,0 ± 0,2	20,8 ± 0,4
Juni	16,0 ± 0,3	16,5 ± 0,9	17,2 ± 1,2
Juli	16,3 ± 0,8	16,3 ± 0,8	16,1 ± 0,5
August	16,5 ± 0,5	17,7 ± 0,9	17,0 ± 0,3
September	17,4 ± 1,0	18,3 ± 1,2	19,6 ± 1,2
Oktober	16,7 ± 0,5	18,0 ± 0,3	23,0 ± 0,5
November	21,2 ± 1,3	21,4 ± 1,5	22,0 ± 0,6
Januar	23,2 ± 1,5	25,4 ± 0,4	25,5 ± 1,1
Februar	23,4 ± 1,0	25,3 ± 0,6	25,1 ± 0,3

Tabelle 1: Durchschnittliche monatliche Bodentemperaturdaten in Andasibe, Region Alaotra-Mangoro, Madagaskar, zwischen März 2018 und Februar 2019 in einer Tiefe von 20 cm. Die Daten werden als Mittelwert ± Standardabweichung [°C] dargestellt.

Mangels Daten des Dezembers und damit eines vollständigen Jahres konnten nur einige wenige Vergleiche angestellt werden. Bereits diese zeigen jedoch signifikante Abweichungen zwischen den Bodentemperaturen am Abend in der Regen- und der Trockenzeit ($P = 0,01$). Während der Trockenzeit lagen die Bodentemperaturen deutlich niedriger als während der Regenzeit. Zwischen den Temperaturen am Morgen und Mittag gab es zwischen Regen- und Trockenzeit keine signifikanten Unterschiede im Monatsmittel. Nur

die Bodentemperaturen zweier Monate mit jeweils Höchstwerten der dazugehörigen Saison, Februar (Regenzeit) und Juni sowie Juli (Trockenzeit), unterschieden sich signifikant ($P = 0,05$) zu allen gemessenen Uhrzeiten voneinander. Die Bodentemperaturen im Februar waren signifikant höher als die im Juni und Juli. Die höchste Bodentemperatur im Beobachtungszeitraum in Andasibe betrug 27°C am 29. März 2018. Die niedrigste Bodentemperatur wurde mit 13°C um 06:11 Uhr am 22. Juni 2018 gemessen.



Abbildung 5: Besprechung von Bodentemperaturen in Andasibe: Vorne im Bild Thorsten und Alex, hinten Edwin und Dimby, links José

Wie schon bei den Bodentemperaturen in Ankarafantsika festgestellt gibt es auch in Andasibe einen Unterschied zwischen den intensivsten Perioden der Regen- und Trockenzeit [11]. Sehr interessant wären Nachttemperaturen für Andasibe gewesen, die jedoch aus praktischen Gründen nur in sehr geringen Zahlen

gemessen wurden. Sie waren daher leider nicht statistisch auswertbar. Die kälteste Temperatur am frühen Morgen bei Sonnenaufgang in Andasibe weist darauf hin, dass die Temperaturen in der Nacht während der Trockenzeit an einzelnen Spitzentagen sogar noch unter 15°C liegen können. Die Messungen bestätigen außerdem die Annahme, dass Chamäleoneier auf Madagaskar während der Inkubation hohen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind [11]. Selbst ohne Messungen in der Nacht konnten wir zwischen wärmsten und kältesten Messwert einen Unterschied von 14°C feststellen. Es ist zu diskutieren, ob starke Temperaturschwankungen bei der Inkubation von Chamäleoneiern in der Terraristik möglicherweise fittere Jungtiere hervorbringen könnten als durchgehend gleich temperierte Eier. Untersuchungen bei nicht-madagassischen Chamäleons zeigen bereits, dass die Inkubation unter variierenden Temperaturen die Fitness von Schlüpflingen steigern könnte [1,4,7]. Die Inkubation zumindest mit kühlerer Diapause hat sich in der Vergangenheit bei einigen madagassischen Chamäleonarten bereits als unverzichtbar herausgestellt [2,3].

Nach wie vor ist natürlich fraglich, ob die kontinuierliche Messung der Bodentemperaturen in einer Tiefe von 20 cm für alle gefundenen Chamäleonarten von Bedeutung ist. Erdchamäleons wie *Brookesia superciliaris* können von dieser Annahme sicher ausgenommen werden, da sie ihre Eier meist in der Laubschicht über der Erde oder in nur sehr geringer Bodentiefe ablegen [9,10,12]. Unsere eigenen Beobachtungen um Andasibe bei *Calumma brevicorne* und *Calumma parsonii cristifer* legen nahe, dass Grabtiefen von bis zu 20 cm auch bei diesen Arten möglich sind. Es fehlt hier jedoch noch an wissenschaftlichen Untersuchungen in größerem Umfang, um die durchschnittliche Grabtiefe der in Andasibe vorkommenden Chamäleonarten zu belegen. Die bisher bekannten Gelegetiefen bei Chamäleons beruhen auf anekdotischen Berichten [8,15].

Das aktuell verfügbare Wissen zu Inkubation und Entwicklung von Chamäleon-Eiern stammt fast ausschließlich aus der Terraristik. Von den Chamäleonarten aus der Region um Andasibe existieren

schriftlich festgehaltene Inkubationsdaten lediglich zu *Furcifer willsii* und *Calumma parsonii cristifer* [2,5]. Die vorliegenden Bodentemperaturen können helfen, Inkubationstemperaturen in der Chamäleonzucht näher an die Bedingungen des natürlichen Lebensraumes auf Madagaskar anzupassen. Bei madagassischen Schildkröten wurden gesammelte Bodentemperaturen bereits erfolgreich für die Inkubation in Haltung abgelegter Eier genutzt [14].

Ein herzliches Dankeschön möchten wir zum Schluss an *local guide* Edwin Randriamiaritsima in Andasibe richten, der uns mit seinem Engagement und seinem guten Spürsinn für Reptilien in den letzten Jahren oft eine große Hilfe in Andasibe war.

Literatur

- [1] Andrews, R.M. (2008): Effects of incubation temperature on growth and performance of the Veiled Chameleon (*Chamaeleo calypttratus*). *Journal of Experimental Zoology* **309** A: 435-446.
- [2] Augustin, A. (2021): Nachzucht von *Calumma parsonii*. *Chamaeleo* **48**: 78-88.
- [3] Augustin, A. (2011): Eine Inkubationsmethode für Eier von *Calumma parsonii* (hier der Variante *orange eye*). *Chamaeleo* **22**: 8-12.
- [4] Ballen, C.J., Shine, R., Olsson, M.M. (2015): Developmental plasticity in an unusual animal: the effects of incubation temperature on behavior in chameleons. *Behavior* **152**(10): 1307-1324.
- [5] Bongers, W. (2007): Vorstellung von *Furcifer willsii*. *Chamaeleo* **34**: 20-21.
- [6] Casse, T., Razafintsalama, M.H., Milhøj, A. (2022): A trade-off between conservation, development, and tourism in vicinity of the Andasibe-Mantadia National Park, Madagascar. *SN Social Sciences* **2** (12).
- [7] Díaz-Paniagua, C., Cuadrado, M. (2003): Influence of incubation conditions on hatching success, embryo development and

- hatchling phenotype of common chameleon (*Chamaeleo chamaeleon*) eggs. *Amphibia-Reptilia* **24**(4): 429-440.
- [8] Eppley, T.M. (2019): Evidence of spatiotemporal planning in a panther chameleon (*Furcifer pardalis*) on the Masoala Peninsula, Madagascar. *Herpetology Notes* **12**: 909-911.
- [9] Flamme, A. (2005): Haltung und Nachzucht von *Brookesia thieli*. *Chamaeleo* **31**: 37-43.
- [10] Glaw, F., Vences, M. (2007): A Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Madagascar, Third edition. Cologne, Germany, Vences & Glaw Verlag.
- [11] Laube, A., Radimbiniaina, H.Z., Negro, T. (2021): Jahresverlauf von Bodentemperaturen im Trockenwald von Ankarafantsika, Region Ambato-Boeny, West-Madagaskar. *Chamaeleo* **48**: 89-100.
- [12] Lippe, R. (1994): Wieder eine gelungene Nachzucht eines Erdchamäleons (*Brookesia superciliaris*). *Chamaeleo* **12**: 3-4.
- [13] Newsome, D., Hassell, S. (2014): Tourism and conservation in Madagascar: the importance of Andasibe National Park. *Koedoe: African Protected Area Conservation and Science* **56** (2).
- [14] Pearson, D.W. (2013): Ecological husbandry and reproduction of Madagascar Spider (*Pyxis arachnoides*) and flat-tailed (*Pyxis planicauda*) tortoises. Proceedings of two workshops on the status, conservation, and biology of Malagasy tortoises and freshwater turtles. *Chelonian Research Monographs* 6.
- [15] Rabearivony, J., Brady, L.D., Jenkins, R.K.B., Ravoahangimalala, O.R. (2007): Habitat use and abundance of a low-altitude chameleon assemblage in eastern Madagascar. *Herpetological Journal* **17**: 247-254.