

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

Alexandra Negro

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 Osten zu veröffentlichen.

Andasibe liegt im östlichen Hochland Madagaskars in der Region Alaotra-Mangoro, nur etwa 120 km von der Hauptstadt Antananarivo entfernt. Die Region mit den dazugehörigen Regenwäldern ist einer der bekanntesten für den Ökotourismus der Insel [6, 13]. Die Berühmtheit ist nicht nur der Nähe zur Hauptstadt - nur vier Fahrtstunden mit dem Auto für gut 145 km -, 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 km<sup>2</sup> der insgesamt 120 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup> und liegt in Sichtweite des Bahnhofs von Andasibe.

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 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 (Abb. 2) der Arten *Brookesia superciliaris* (KÜHL, 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].

Daten zu Gelegetößen der genannten Arten sind rar gesät und



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

stammen mehrheitlich aus der Terraristik. So ist von *Brookesia sumpciliaris* 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, bevorzugten 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.

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,



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*.

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-Straße 20, 38122 Braunschweig) verwendet (Abb. 3). Die Bodentester verfügen über einen Messbereich von  $-9^{\circ}\text{C}$  bis  $50^{\circ}\text{C}$ . 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.

Um den Jahresverlauf der Bodentemperaturen nachzuverfolgen,



(a) Tagsüber.



(b) Abends.

Abbildung 3: Messung der Bodentemperatur im Regenwald von Analamazaotra mit dem X4-Life Bodentester im Januar 2019 an verschiedenen Tagen.

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.  $P \geq 0.05$  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.

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-

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
Dezember	—	—	—
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  $\pm$  Standardabweichung [ $^{\circ}$ C] dargestellt.

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  $27^{\circ}$ C am 29. März 2018. Die niedrigste Bodentemperatur wurde mit  $13^{\circ}$ C um 06:11 Uhr am 22. Juni 2018 gemessen.

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  $15^{\circ}$ C liegen können. Die Messungen bestätigen außerdem die Annahme, dass Chamäleoneier auf Madagaskar während der Inkuba-



Abbildung 4: Besprechung von Bodentemperaturen in Andasibe: Vorne im Bild Thorsten und Alex, hinten Edwin und Dimby, links José.

tion hohen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind [11]. Selbst ohne Messungen in der Nacht konnten wir zwischen wärmsten und kältesten Messwert einen Unterschied von  $14^{\circ}\text{C}$  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 angenommen werden, da sie ihre Eier meist in der Laubschicht über der Erde oder in nur sehr geringer Bodentiefe ablegen [9, 10, 12]. Un-

sere 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* [3, 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 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] Robin M. Andrews. „Effects of incubation temperature on growth and performance of the veiled chameleon (*Chamaeleo calyptrotus*)“. In: *Journal of experimental zoology. Part A, Ecological genetics and physiology* 309 (Okt. 2008), S. 435–446. DOI: 10.1002/jez.470.
- [2] Andreas Augustin. „Eine Inkubationsmethode für Eier von *Calumma parsonii* (hier der Variante „orange eye“)“. In: *Chamaeleo* 42 (Mai 2011). „Mitteilungsblatt Nr. 42, 21. Jahrgang, Heft 1, Mai 2011“, S. 8–12.
- [3] Andreas Augustin. „Nachzucht von *Calumma parsonii*“. In: *Chamaeleo* 48 (Juli 2021). „Mitteilungsblatt Nr. 48, 32. Jahrgang, Heft 1, Juli 2021“, S. 78–88.

- [4] Cissy J. Ballen, Richard Shine und Mats M. Olsson. „Developmental plasticity in an unusual animal: The effects of incubation temperature on behavior in chameleons“. In: *Behaviour* 152 (Juli 2015), S. 1307–1324. DOI: 10.1163/1568539X-00003280.
- [5] Winfried Bongers. „Vorstellung von *Furcifer willsii* (GÜNTHER 1890)“. In: *Chamaeleo* 34 (Mai 2007). „Mitteilungsblatt Nr. 34, 17. Jahrgang, Heft 1, Mai 2007“, S. 20–21.
- [6] Thorkil Casse, Manitra Harison Razafintsalama und Anders Milhøj. „A trade-off between conservation, development, and tourism in the vicinity of the Andasibe-Mantadia National Park, Madagascar“. In: *SN Social Sciences* 2.2 (Jan. 2022), S. 12. ISSN: 2662-9283. DOI: 10.1007/s43545-021-00309-0. URL: <https://doi.org/10.1007/s43545-021-00309-0>.
- [7] Carmen Díaz-Paniagua und Mariano Cuadrado. „Influence of incubation conditions on hatching success, embryo development and hatchling phenotype of common chameleon (*Chamaeleo chamaeleon*) eggs“. In: *Amphibia-Reptilia* 24 (Okt. 2003), S. 429–440. DOI: 10.1163/156853803322763891.
- [8] Timothy M. Eppley. „Evidence of spatiotemporal planning in a panther chameleon (*Furcifer pardalis*) on the Masoala Peninsula, Madagascar“. In: *Herpetology Notes* 12 (Aug. 2019), S. 909–911.
- [9] Achim Flamme. „Haltung und Nachzucht von *Brookesia thie-li* (BRYGOO & DOMERGUE, 1969)“. In: *Chamaeleo* 31 (Nov. 2005). „Mitteilungsblatt Nr. 31, 15. Jahrgang, Heft 1, November 2005“, S. 37–43.
- [10] Frank Glaw und Miguel Vences. *A Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Madagascar, Third edition*. Vences & Glaw Verlag, 2007. ISBN: 9783929449037.
- [11] Alexandra Laube, Harison Zoe Radimbiniaina und Thorsten Negro. „Jahresverlauf von Bodentemperaturen im Trockenwald von Ankarafantsika, Region Ambato-Boeny, West-Madagaskar“. In: *Chamaeleo* 48 (Juli 2021). „Mitteilungsblatt Nr. 48, 32. Jahrgang, Heft 1, Juli 2021“, S. 89–100.
- [12] Rüdiger Lippe. „Wieder eine gelungene Nachzucht eines Erdchamäleons (*Brookesia superciliaris* KUHL 1820)“. In: *Chamaeleo* 12 (Dez. 1994). „Mitteilungsblatt Nr. 12, Dezember 1994“, S. 4–5.

- [13] David Newsome und Shannon Hassell. „Tourism and conservation in Madagascar: The importance of Andasibe National Park“. In: *Koedoe* 56.2 (2014), S. 8. ISSN: 2071-0771. DOI: 10.4102/koedoe.v56i2.1144. URL: <https://koedoe.co.za/index.php/koedoe/article/view/1144>.
- [14] Daniel W. Pearson. „Ecological husbandry and reproduction of Madagascar spider (*Pyxis arachnoides*) and flat-tailed (*Pyxis planicauda*) tortoises“. In: *Chelonian Research Monographs* 6 (2013). 9972, S. 146–152. URL: [http://www.chelonian.org/wp-content/uploads/file/CRM%206/CRM\\_6\\_Castellano\\_etal\\_2013.pdf](http://www.chelonian.org/wp-content/uploads/file/CRM%206/CRM_6_Castellano_etal_2013.pdf).
- [15] Jeanneney Rabearivony u. a. „Habitat use and abundance of a low-altitude chameleon assemblage in eastern Madagascar“. In: *The Herpetological Journal* 17 (Okt. 2007), S. 247–254.