



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Die untere kritische Temperatur der Thermoneutralzone  
bei Afrikanischen Elefanten (*Loxodonta africana*)“

verfasst von

Christina Pöder

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 439

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Diplomstudium Zoologie (Stzw) UniStG

Betreut von:

A.Univ.Prof. Dr.rer.nat. Thomas Ruf

# DANKSAGUNG

Großer Dank gilt Prof. Ruf vom Forschungsinstitut für Wildtierökologie, der mich über lange Zeit hinweg betreut hat, ständig mit Rat und Tat zur Seite stand und viel Geduld für mich aufbrachte.

Ebenfalls danke ich Dr. Harald Schwammer für die Unterstützung und das Vertrauen in meine Diplomarbeit. Ein Dankeschön an den Tiergarten Schönbrunn für die Bereitstellung der Thermokamera.

Weiters danke ich dem Revierleiter Matthias Otto vom Tiergarten Schönbrunn und seinem gesamtem Tierpflegerteam, sowie im Zoo Wuppertal dem Revierleiter Filipe von Gilsa und seinem gesamtem Tierpflegerteam für das Beantworten von unzähligen Fragen, für Pausenaufenthalte im Warmen und für die nette Unterstützung.

Besonderer Dank gilt dem Zoo Wuppertal und Kurator Dipl. Biol. André Stadler für das Organisieren meines Aufenthalts in Wuppertal und für die Bereitstellung einer Unterkunft direkt im Zoo Wuppertal.

Außerdem möchte ich mich bei Dr. Nicole Weissenböck bedanken, die das Thema der Diplomarbeit erst ermöglicht hat, für ihre unermüdliche Unterstützung und für ihr Vertrauen in mich.

Ich danke allen Freunden, meiner Familie und meinem Freund Marko, die mich immer wieder motiviert haben, weiter zu machen!

Und zu guter Letzt gilt mein größter Dank meinem Papa, der mir das Studium erst ermöglicht hat und immer an mich geglaubt hat! Dir widme ich diese Diplomarbeit!

**DANKESCHÖN!!!!**

<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>- 3 -</b>
1.1. AFRIKANISCHE ELEFANTEN – TAXONOMIE, STATUS, HABITAT.....	- 3 -
1.2. ALLGEMEIN THERMOREGULATION.....	- 3 -
1.3. THERMONEUTRALZONE.....	- 5 -
1.3.1. <i>Unterschied physikalische Thermoregulation und chemische Thermoregulation</i> .....	- 6 -
1.4. BEDEUTUNG DER THERMOREGULATION BEI AFRIKANISCHEN ELEFANTEN, MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER THERMONEUTRALZONE .....	- 6 -
1.5. FRAGESTELLUNGEN .....	- 8 -
<b>2. MATERIAL UND METHODE</b> .....	<b>- 9 -</b>
2.1. STUDIENTIERE .....	- 9 -
2.2. HALTUNG.....	- 10 -
2.2.1. <i>Haltungsform</i> .....	- 10 -
2.2.2. <i>Haltung im Tiergarten Schönbrunn</i> .....	- 11 -
2.2.3. <i>Haltung im Zoo Wuppertal</i> .....	- 11 -
2.3. METHODE – INFRAROT THERMOGRAFIE .....	- 12 -
2.3.1. <i>Infrarotthermographie im Allgemeinen</i> .....	- 12 -
2.3.2. <i>Verwendete Infrarotkamera des Tiergarten Schönbrunn</i> .....	- 13 -
2.3.3. <i>Benützung und zu beachtende Kriterien der Infrarotkamera</i> .....	- 13 -
2.4. DATENAUFNAHME.....	- 14 -
2.4.1. <i>Beobachtungszeitraum und Beobachtungsort</i> .....	- 14 -
2.4.2. <i>Weitere Messdaten</i> .....	- 15 -
2.5. AUSWERTUNG.....	- 15 -
2.5.1. <i>Auswertung der Infrarotaufnahmen</i> .....	- 15 -
2.5.2. <i>Statistische Auswertung</i> .....	- 17 -
<b>3. ERGEBNISSE</b> .....	<b>- 19 -</b>
3.1. VERWENDETE DATEN .....	- 19 -
3.3. THERMOPROFIL DES TORSOS UND DER OHREN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER UMGEBUNGSTEMPERATUR .....	- 19 -
3.4. EINFLUSS VON UMGEBUNGSTEMPERATUR AUF DIE OHREN- UND TORSOTEMPERATUR..	- 21 -
3.5. KORRELATION DER TEMPERATUREN.....	- 22 -
3.6. TORSOTEMPERATUR .....	- 24 -
3.6.1. <i>Lineares Regressionsmodell der Torsotemperatur</i> .....	- 24 -
3.6.2. <i>Bestimmung der unteren kritischen Temperatur (T<sub>lc</sub>)</i> .....	- 25 -
3.6.3. <i>Modell Umgebungstemperatur &lt; 9 °C</i> .....	- 26 -
3.6.4. <i>Modell Umgebungstemperatur ≥ 9 °C</i> .....	- 26 -
3.6.5. <i>Vergleich der Regressionsgeraden</i> .....	- 27 -
3.7. OHRENTEMPERATUR .....	- 28 -
3.7.1. <i>Lineares Regressionsmodell Ohrentemperatur</i> .....	- 28 -
3.7.2. <i>Bestimmung der unteren kritischen Temperatur (T<sub>lc</sub>)</i> .....	- 30 -
3.7.3. <i>Modell Umgebungstemperatur ≤ 13 °C</i> .....	- 30 -
3.7.4. <i>Modell Umgebungstemperatur &gt; 13°C</i> .....	- 31 -
3.7.5. <i>Vergleich der Regressionsgeraden</i> .....	- 31 -
<b>4. DISKUSSION</b> .....	<b>- 33 -</b>
4.1. DAS THERMOPROFIL DES TORSOS UND DER OHREN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER UMGEBUNGSTEMPERATUR .....	- 33 -
4.2. UNTERE KRITISCHE TEMPERTUR DER THERMONEUTRALZONE .....	- 34 -
4.2.1. <i>Untere kritische Temperatur des Torsos</i> .....	- 34 -
4.2.2. <i>Untere kritische Temperatur der Ohren</i> .....	- 35 -
4.2.3. <i>Vergleich der unteren kritischen Temperatur von Afrikanischen Elefanten mit anderen Säugetieren</i> .....	- 35 -
<b>5. DEUTSCHE ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>- 38 -</b>
<b>6. LITERATUR</b> .....	<b>- 40 -</b>

# 1. EINLEITUNG

## 1.1. Afrikanische Elefanten – Taxonomie, Status, Habitat

Elefanten gehören zur Familie der Rüsseltiere (Proboscidea) und sind die größten lebenden Landsäugetiere der Welt (Kinahan et al. 2007). Man unterscheidet drei Arten: Asiatischer Elefant *Elphas maximus* (Linnaeus, 1758), Afrikanischer Elefant *Loxodonta africana* (Blumenbach, 1797) und der Waldelefant *Loxodonta cyclotis* (Roca et al. 2001). Laut Roter Liste der IUCN wird der Afrikanische Elefant als vulnerable (gefährdet) eingestuft (<http://www.iucnredlist.org/details/12392/0>, 2013).

Afrikanische Elefanten besiedeln ca. ein Drittel von Afrika, von Südafrika bis hoch zur Sahelzone (Blanc et al. 2007). Sie leben in den unterschiedlichsten Habitaten, vom Kongo bis hin zur Küstenregion Westafrikas, durch Savannen im Süden Afrikas, bis zu wüstenartigen Verhältnissen in Namibia und Mali (Spinage, 1994).

## 1.2. Allgemein Thermoregulation

Elefanten sind, wie alle Säugetiere und Vögel, homoiotherme Lebewesen, das sind Organismen mit regulierter Körpertemperatur (Schmidt-Nielsen, 1997). Das bedeutet, dass sie ihre Körpertemperatur konstant halten können, sofern die thermische Belastung bestimmte Grenzen nicht über- bzw. unterschreiten (Busch & Schlenker, 2010). Die Körpertemperatur bei homoiothermen Säugetieren liegt so gut wie immer unter 40°C, bei den Vögeln liegt sie ca. 1-2°C über 40°C. Wie genau die Körpertemperatur reguliert wird, ist von Säugetier zu Säugetier verschieden. Innerhalb sehr enger Grenzen befindet sich die Körpertemperatur des Florida-Waldkaninchens (zwischen 41,1 und 41,3°C), bei Kamelen kann es zu Schwankungen mit bis zu 7°C kommen (Pflumm, 1996). Die Voraussetzung für eine homoiotherme Lebensweise ist ein hoher Energieumsatz, der in der Kälte noch zusätzlich gesteigert wird, um den Wärmeverlust des Körpers auszugleichen (Heldmaier & Neuweiler, 2004). Sowohl die Körpertemperatur als auch der Energieumsatz hängen bei Homoiothermen von der Umgebungstemperatur ab (Kinahan et al. 2007).

Der gesamte Wärmegehalt des Tieres wird zum einen durch die Wärmebildung im Stoffwechsel und zum anderen durch den Wärmefluss zwischen Tier und seiner Umgebung bestimmt (Morgan, 1998). Das heißt, es gibt eine Balance zwischen Wärmeverlust und Wärmespeicherung im Körper (Jessen, 2001). Durch Wärmeleitung (Konduktion), Konvektion,

Radiation und Evaporation können Tiere ihre Wärme verlieren (Mauck et al. 2003; Mount, 1964). Wie groß der Wärmeaustausch über diese vier Wege ist, hängt hauptsächlich von der Beschaffenheit der Oberfläche des Tieres (Fell oder kein Fell) und der Umwelt ab (Boulant, 1991).

- **Konduktion** beschreibt die Wärmeübertragung zwischen benachbarten Molekülen. Bei Geweben ist sie nur sehr gering und spielt keine wesentliche Rolle (Hörnigke, 1987). Die Wärme gelangt bei terrestrischen Tieren in den Boden bzw. an die umgebende Luft (Pflumm, 1996).
- **Konvektion** ist für die Wärmeverteilung im Körper zuständig und für den Austausch zwischen Oberfläche und Körperkern. Die Wärmeleitung erfolgt immer von warmer zu kalter Region (Eckert et al. 2002).
- **Radiation** beeinflusst den Wärmeaustausch zwischen Körpern und der Umgebung durch die Pigmentierung der Haut, der Oberflächenbeschaffenheit und die Haarausbildung (Hörnigke, 1987).
- **Evaporation** findet bei Vögeln und Säugetieren immer statt, aufgrund einer nicht völlig wasserdichten Haut. Deshalb verdunstet an der Körperoberfläche ständig Wasser. Mithilfe der Evaporation kann der Wärmeaustausch zum einen durch die Feuchtigkeit, Bewegung der Luft und der Temperatur der Luft und zum anderen durch die Anzahl der Schweißdrüsen bzw. der Atemtätigkeit beeinflusst werden (Kolb, 1989).

Bei Wärmespeicherung kommt es zu einer Temperaturerhöhung des Körpers. „Je größer die Masse des Körpers oder je höher seine spezifische Wärme ist, desto geringer fällt der Temperaturanstieg (in °C) für eine bestimmte Menge an absorbierter Wärme (in Joule) aus“ (Eckert, 2002, Seite 787). Das heißt, ein kleines Tier mit einem großen Oberflächen/Volumen-Verhältnis erwärmt sich infolge einer Wärmezufuhr schneller, als ein großes Tier mit einem verhältnismäßig kleinen Oberflächen/Volumen-Verhältnis (Eckert et al. 2002).

Wie groß der Wärmetransport in ein Tier hinein, bzw. wie groß ein Wärmetransport aus ihm heraus ist, hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- **Oberfläche:** Die Oberfläche wird kleiner (pro Gramm Gewebe), wenn die Körpermasse zunimmt.
- **Temperaturdifferenz** zwischen Körper und Umgebung.
- Die **Wärmeleitfähigkeit** der Oberfläche des Tieres. Homoiotherme Tiere besitzen hierfür Fell, Federn oder Fettpolster, die die Wärmeleitfähigkeit herabsetzen (Eckert et al. 2002).

### 1.3. Thermoneutralzone

Umso extremer die Umgebungstemperatur ist, desto anstrengender ist es, die Körpertemperatur konstant zu halten. Bei mittleren Temperaturen reicht oftmals die basale Wärmeproduktion aus, um einen Ausgleich der Wärmeverluste an die Umgebung zu erreichen. Innerhalb dieses Bereiches, der als Thermoneutralzone bezeichnet wird, muss keine zusätzliche Energie für die Regulation der Körpertemperatur aufgewendet werden (Smith & Kok, 2006). Das heißt, dass im Temperaturbereich dieser Zone der Wechsel der Umgebungstemperatur keinen Einfluss auf den Energieumsatz zur Folge hat (Pflumm, 1996). Dies gilt ausschließlich für endotherme Tiere (Eckert et al. 2002).

Die thermoneutrale Zone wird durch die Umgebungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und die Luftfeuchte beeinflusst. Diese drei Faktoren werden als thermohygrischer Komplex bezeichnet (Busch & Schlenker, 2010).

Durch Wärmeabgabe über Änderungen im Wärmedurchgang der Körperoberfläche steuert ein homoiothermes Tier seine Körpertemperatur in der thermoneutralen Zone (Weissenböck, 2006). Solche Anpassungen können über Kreislaufreaktionen, Positionsänderungen (schattige und/oder kühlere Bereiche werden aufgesucht), Inaktivität während der heißen Tagesphase, Abkühlung im Wasser, sowie die Regulation der thermischen Isolation (beispielsweise durch Anlegen bzw. Aufstellen von Haaren oder Federn) stattfinden (Scholander et al. 1950, b).

Die untere kritische Temperatur ( $T_{lc}$ ) wird erreicht, wenn ein endothermes Lebewesen seine Körpertemperatur nur durch eine Steigerung der metabolischen Wärmeproduktion erhalten kann (Kingma et al. 2012). Die  $T_{lc}$  wird maßgeblich durch die Körperisolation und die Nahrungszufuhr bestimmt (Weissenböck, 2006). Ein homoiothermes Tier steigert daraufhin die Wärmeproduktion über das Niveau des Basalstoffwechsels, um den Wärmeverlust auszugleichen (Eckert et al. 2002). Die erhöhte Wärmeproduktion kann durch eine gesteigerte Nahrungszufuhr, oder Muskelzittern bzw. durch Verhaltensveränderungen erfolgen (Weissenböck, 2006). Wenn die Umgebungstemperatur aber zu weit fällt, kühlt der Körper aus und die Stoffwechselrate sinkt stetig weiter, bis hin zum Zustand der Hypothermie. Im umgekehrten Fall, der oberen kritischen Temperatur ( $T_{uk}$ ), kommt es beim Überschreiten zu einer Hyperthermie. Jeder Anstieg über die  $T_{uk}$  führt zum Anstieg der Körpertemperatur, sofern keine aktiven Mechanismen, wie beispielsweise Steigerung der Evaporation, zur Wärmeabgabe eingeschaltet werden (Kingma et al. 2012; Riek & Geiser, 2013).

### **1.3.1. Unterschied physikalische Thermoregulation und chemische Thermoregulation**

Bei der physikalischen Regulation erfolgt die Wärmeabgabe ohne zusätzlichen Aufwand an Energie. Hier kommen vor allem Veränderungen in der Verhaltensweise bzw. in der Körperisolation der Tiere vor. Die Tiere befinden sich bei der physikalischen Reaktion noch innerhalb der Thermoneutralzone (Scholander et al. 1950, a). Wenn sie an die untere Grenze gelangen, versuchen sie sich einzurollen, um die Oberfläche gering zu halten. Die Fellhaare oder Federn werden allmählich aufgerichtet, dadurch wird die Wärmeisolierung verbessert. Diese Reaktionen werden von einer Vasokonstriktion begleitet, so dass zum einen die Körperoberfläche und die Extremitäten weniger gut durchblutet werden. Somit wird ein Wärmeverlust verringert (Heldmaier & Neuweiler, 2004).

Wenn biochemische Prozesse zur Wärmeregulation im Spiel sind, spricht man von chemischer Regulation. Gerade bei Kälte kann die Körpertemperatur nur aufrecht gehalten werden, wenn zusätzlich Wärme gebildet wird (Scholander et al. 1950, a). Vögel und Säugetieren steigern dafür ihren Energieumsatz und nutzen die Abwärme von Stoffwechselprozessen zur Thermoregulation.

### **1.4. Bedeutung der Thermoregulation bei Afrikanischen Elefanten, mit besonderer Berücksichtigung der Thermoneutralzone**

Durch das große Verbreitungsgebiet der Afrikanischen Elefanten sind sie mit den unterschiedlichsten klimatischen Bedingungen konfrontiert. Temperaturen von 50°C bis unter den Gefrierpunkt sind möglich (Sikes, 1971). Temperaturen unter dem Gefrierpunkt findet man in extremen Höhen (bis zu 4600 m) (Sikes, 1971), aber auch in Westafrika, wo die Temperaturen in der Nacht unter 0°C fallen können. Gerade bei den sensiblen und dünnen Ohren kann es dann zu (Teil)Erfrierungen kommen (Benedict, 1936). Dieser Aspekt ist wichtig für die Elefanten in freier Wildbahn, aber auch für die Haltung von Afrikanischen Elefanten in Tiergartenhaltung, Zirkussen etc.

Eine große physiologische Bedeutung stellt die Befeuchtung der Haut bei Afrikanischen Elefanten dar. Durch baden, im Schlamm suhlen und besprühen der Haut wird die Befeuchtung des stratum corneums gewährleistet (Wright & Luck, 1984). Dass die Haut als thermoregulatorisches Organ fungiert, konnte auch bei Nashörnern nachgewiesen werden, die bei warmen Umgebungstemperaturen dieselben Verhaltensweisen (baden, suhlen und besprühen der Haut) wie Elefanten zeigen (Endo et al. 2009). Ein weiteres Beispiel für Thermoregulation über die Haut ist das Suhlen im Schlamm von Schweinen. Durch das Trocknen des

Schlammes auf der Haut (Wasserverdunstung) wird dem Tier Wärme entzogen (Ingram, 1974; Ingram & Mount, 1975).

Bei Elefanten, die ein enormes Körpervolumen relativ zur Oberfläche haben, ist die Möglichkeit begrenzt, Körperwärme abzugeben (Kinahan, 2007). Durch ihr fast vollständiges Fehlen von Haaren kann es auch zu Problemen mit dem Austrocknen des Integuments kommen (Phillips & Heath, 1992). Weiters können Afrikanische Elefanten weder hecheln (Hiley, 1975), noch besitzen sie Schweißdrüsen (Wright & Luck, 1984). Diese Kombination kann problematisch werden bei Hitze, ist aber vorteilhaft in kalter Umgebung.

Die Ohren spielen bei der Thermoregulation zur Wärmeabgabe der Elefanten wohl die wichtigste Rolle (Wright, 1984) und sie sind die größten thermoregulatorischen Organe die es im Tierreich gibt (Phillips & Heath, 1992). Elefantenoehren sind zum einen sehr stark durchblutet, haben eine große Oberfläche und haben ein großes Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. Die Fläche der beiden Ohren, Vorderseite und Rückseite, nehmen 20% der gesamten Körperoberfläche eines Elefanten ein (Wright, 1984). An der posterioren Seite der Ohren befindet sich ein Geflecht aus Arterien und Venen. Diese können sich je nach Temperatur entweder erweitern oder zusammenziehen (Phillips & Heath, 1992). Um überschüssige Wärme loszuwerden, wird Blut an die posteriore Seite des Ohres gepumpt, anschließend wird heftig mit den Ohren gewedelt, um die Wärme des Blutes schnell abtransportieren zu können (Weissenböck). „Als Reaktion auf Kälte und als Schutz vor Erfrierungen an den sensiblen Ohren, tritt eine periodische Erwärmung der Ohren bei andauernder Kälteexposition auf, die allgemein als Lewis-Reaktion bekannt ist“ (<http://www.zoovienna.at/forschung-und-lehre/thermophysiologischeForschung/>, 2013). Die Lewis-Reaktion wird via Vasokonstriktion (Verengung der Blutgefäße) und Vasodilation (Erweiterung der Blutgefäße) kontrolliert (McCafferty et al. 2010). In früheren Studien konnte gezeigt werden, dass die Gefäße der Ohren bei kalter Umgebung generell zusammengezogen waren (Sikes, 1971; Cena & Clark, 1973; Hiley, 1975) während sie bei warmer Umgebungstemperatur hauptsächlich ausge dehnt waren (Sikes, 1971; Hiley, 1975).

Ein weiterer Mechanismus der von den Elefanten zur Wärmeregulation genutzt wird, ist die so genannte adaptive Heterothermie. Hierbei können hohe Tagestemperaturen ertragen werden, indem die überschüssige Wärme nicht abgegeben, sondern gespeichert wird. In den kühleren Nachtstunden wird die Körpertemperatur wieder deutlich gesenkt. Hierbei wird eine Art thermischer Speicher genutzt, der eine Überhitzung während den Tagesstunden verhindert. Eine große tageszeitliche Schwankung der Körpertemperatur ist die Folge. Adaptive Heterothermie wurde schon bei großen Wüstentieren wie Elenantilopen, Arabische Oryx und Kamelen, sowie bei mittelgroßen Wüstentieren wie die Thompson's Gazelle beschrieben (Weissenböck et al. 2012).

Zusätzlich konnte festgestellt werden, dass an der gesamten Körperoberfläche der Elefanten thermische Fenster vorkommen können. Über diese Fenster findet eine starke Wärmeabgabe statt, weil das Temperaturgefälle zur Luft deutlich größer ist, als an anderen Stellen (Weissenböck et al. 2010). Thermische Fenster konnten beispielsweise schon in einer Studie von Mauck (2003) bei Seehunden, aber auch bei Flusspferden und Nashörnern, die in denselben Verbreitungsgebieten wie Afrikanische Elefanten leben, nachgewiesen werden (Tattersall & Cadena, 2010).

## 1.5. Fragestellungen

In der ersten Phase regulieren die Tiere in der TNZ ihre Temperatur physikalisch, z.B. durch Veränderung der peripheren Durchblutung (Scholander et al. 1950, a). Wenn es innerhalb der TNZ zu einer Abkühlung der Körpertemperatur kommt, zeigen die Tiere zunehmend periphere Vasokonstriktion. Das heißt, dass die Hauttemperatur in der TNZ mit der Umgebungstemperatur sinken sollte. Irgendwann ist die Vasokonstriktion aber maximal, dann ist die untere kritische Temperatur der TNZ erreicht. Die zweite Phase beginnt und dann sollte, wenn es noch kälter wird, die Hauttemperatur nahezu konstant bleiben (oder nur noch geringfügig sinken), weil der Körperkern weiter Wärme produziert, die irgendwann auch die Haut erreicht. Dies sollte beim Torso der Afrikanischen Elefanten der Falls sein. Bei den Extremitäten, wie den Ohren der Elefanten, sollte die Temperatur stetig weiter sinken, da diese keinen wärmeproduzierenden Kern besitzen. Aufgrund dessen ergeben sich folgende Fragestellungen:

1. Wo befindet sich die untere kritische Temperatur ( $T_{lc}$ ) der Thermoneutralzone beim Torso der Afrikanischen Elefanten?
2. Gibt es eine untere kritische Temperatur ( $T_{lc}$ ) der Thermoneutralzone bei den Ohren?
3. Welche Unterschiede ergeben sich bei der Thermoneutralzone im Vergleich zwischen Torso und Ohren?

## 2. MATERIAL UND METHODE

### 2.1. Studientiere

Die thermografischen Untersuchungen wurden von Jänner 2011 bis März 2011 mit zwei Elefantengruppen durchgeführt. Die erste Elefantengruppe lebt im Tiergarten Schönbrunn (TGS) in Wien und die zweite Gruppe im Zoo Wuppertal, Deutschland. Im TGS wurden drei adulte (Tab. 2.1.) und drei juvenile (Tab. 2.2.) Afrikanische Elefanten (*Loxodonta africana*) untersucht. Die adulten Tiere (beim Zeitpunkt der Datennahme zwischen 20 und 36 Jahre alt) sind ausschließlich weiblichen Geschlechts. Bei den juvenilen Elefanten (zum Zeitpunkt der Datennahme zwischen 1 und 8 Jahre alt) handelt es sich um ein Weibchen und zwei Männchen. Zwei der Jungelefanten, Mongu und Tuluba, wurden im TGS geboren, Kibo im Zoo Wuppertal.

Weitere sieben Afrikanische Elefanten wurden im Zoo Wuppertal (ZW) thermografiert. Im ZW leben vier adulte Tiere (Tab. 2.3.), davon drei weibliche Elefanten und ein Elefantenbulle, und drei juvenile Tiere (2.4.). Die juvenilen Elefanten waren zum Zeitpunkt der Datenaufnahme zwischen drei Jahre und sechs Jahre alt.

**Tab. 2.1.:** Daten der adulten Afrikanischen Elefanten vom Tiergarten Schönbrunn zum Zeitpunkt der Datenaufnahme. Gewichtsangaben sind Schätzungen der Elefanten-Tierpfleger. Reihung der adulten Weibchen nach Dominanz.

	<b>Geschlecht</b>	<b>Geburtsdatum</b>	<b>Geburtsort</b>	<b>Im TGS seit</b>	<b>Gewicht</b>
<b>Tonga</b>	♀	1986	Südafrika	1998	3200 kg
<b>Numbi</b>	♀	1992	Südafrika	2009	3000 kg
<b>Drumbo</b>	♀	1975	Rhodesien	1992	3300 kg

**Tab. 2.2.:** Daten der juvenilen Afrikanischen Elefanten vom Tiergarten Schönbrunn zum Zeitpunkt der Datenaufnahme. Gewichtsangaben sind Schätzungen der Elefanten-Tierpfleger. Reihung der juvenilen Elefanten nach Geburtsdatum.

	<b>Geschlecht</b>	<b>Geburtsdatum</b>	<b>Geburtsort</b>	<b>Im TGS seit</b>	<b>Gewicht</b>	<b>Muttertier</b>
<b>Mongu</b>	♀	25.05.2003	TGS	2003	2100 kg	Tonga
<b>Kibo</b>	♂	09.10.2005	ZW	2009	1900 kg	Numbi
<b>Tuluba</b>	♂	06.08.2010	TGS	2010	200 kg	Numbi

**Tab. 2.3.:** Daten der adulten Afrikanischen Elefanten vom Zoo Wuppertal zum Zeitpunkt der Datenaufnahme. Reihung der adulten Elefanten nach Geburtsdatum. Gewichtsangabe des Männchens Tusker ist eine ungefähre Schätzung der Tierpfleger.

	<b>Geschlecht</b>	<b>Geburtsdatum</b>	<b>Geburtsort</b>	<b>Im ZW seit</b>	<b>Gewicht</b>
<b>Tusker</b>	♂	1992	Südafrika	1995	4000 kg
<b>Sabie</b>	♀	1992	Südafrika	1995	3270 kg
<b>Punda</b>	♀	1992	Südafrika	1995	3026 kg
<b>Sweni</b>	♀	1993	Südafrika	1995	2496 kg

**Tab. 2.4.:** Daten der juvenilen Afrikanischen Elefanten vom Zoo Wuppertal zum Zeitpunkt der Datenaufnahme. Reihung der juvenilen Elefanten nach Geburtsdatum.

	<b>Geschlecht</b>	<b>Geburtsdatum</b>	<b>Geburtsort</b>	<b>Im ZW seit</b>	<b>Gewicht</b>	<b>Muttertier</b>
<b>Bongi</b>	♀	03.06.2005	ZW	2005	1352 kg	Punda
<b>Tika</b>	♀	13.07.2007	ZW	2007	1144 kg	Sabie
<b>Tamo</b>	♂	13.01.2008	ZW	2008	1160 kg	Sweni

## 2.2. Haltung

### 2.2.1. Haltungsform

Das Haltungssystem im TGS erfolgt nach dem Prinzip der „protected contact“ Methode. Bei dieser Methode haben die Tierpfleger keinerlei direkten Kontakt zu den Tieren, d.h. die Tierpfleger befinden sich nicht gemeinsam im Gehege mit den Elefanten. Die Tiere lernen sich an Gitterstäbe oder Säulen zu stellen und werden durch die Stäbe betreut, geduscht und untersucht. Im ZW wird mit dem Haltungssystem „direct contact“ bzw. „hands on“ gearbeitet. Hier haben die Tierpfleger und Elefanten direkten, physischen Kontakt. Die Tierpfleger befinden sich in demselben Gehege wie die zu betreuenden Elefanten ohne trennende Einrichtungen zwischen ihnen (Schwammer & Pechlaner, 1997).

Während im TGS auf die Benützung des so genannten Elefantenhakens verzichtet wird, ist es im ZW für jeden Elefantenpfleger verpflichtend, bei direktem Kontakt, den Elefantenhaken bei sich zu tragen. Der Elefantenhaken ist ein uraltes Hilfsmittel im Umgang des Menschen

mit den Elefanten und dient den Tierpflegern als Werkzeug um ihre Kommandos bei den Elefanten durchzusetzen.

### **2.2.2. Haltung im Tiergarten Schönbrunn**

Der Elefantenpark wurde 1996 eröffnet und ist insgesamt 6700 m<sup>2</sup> groß. Die Anlage gliedert sich in einen 4600 m<sup>2</sup> großen Außenbereich und in ein Elefantenhaus mit einer Fläche von 2100 m<sup>2</sup>. Der Innenbereich wird nochmals in einen Bereich für Elefantenkühe und in einen eigenen Trakt für Bullen unterteilt. Der vordere Innenbereich der Kühe, der für BesucherInnen einsehbarer Teil, ist 650 m<sup>2</sup> groß. Im hinteren Teil, im Bullentrakt, befinden sich drei Boxen zu je 63 m<sup>2</sup>. Dieser Bereich ist für die BesucherInnen nicht einsehbar. Im Gegensatz zu vielen anderen Zoos findet man in Wien keine Sturzgräben, außerdem wurde auf die Kettenhaltung verzichtet. Die Elefanten können sich so auch nachts frei bewegen. Sie werden nur im Rahmen von bestimmten Trainingseinheiten (medizinische Versorgung, Duschen, Fußpflege, etc.) angekettet. Die Außenanlage ist durch Schaukelseile in eine Kuh- und Bullenanlage zweigeteilt. Von beiden Bereichen ist ein Wasserbad mit einer Größe von 400 m<sup>2</sup> zugänglich. Im großen Kuhtrakt ist zusätzlich ein Schlammbad vorhanden. Ein segelartig aufgespanntes Dach befindet sich über dem Elefantentor in der Freianlage. Dieses bietet zum einen Schutz bei Regen oder Schnee, bzw. bietet Schatten während der heißen Sommermonate. Die Gebäudeheizung wird als Niedertemperatur Wand- und Fußbodenheizung ausgeführt. Zum Wohlbefinden der Tiere trägt im Elefantenhaus auch eine ganzjährig gleichbleibende Temperatur von 18 - 20°C bei (Schwammer und Pechlaner, 1997). Während den Beobachtungen (Jänner 2011 bis Februar 2011) befanden sich die Tiere einmal täglich in der Außenanlage. Die Elefanten wurden mehrmals täglich gefüttert. Das Futter bestand aus Heu, Stroh, Karotten, Äpfel, Brot und Zweige. Auf Kraftfutter wurde komplett verzichtet. Hauptfütterungszeiten waren um 10:00 in der Früh und am Nachmittag um 15:00 Uhr. Nachmittags wurden die Tiere zusätzlich geduscht und trainiert. Zwischenfütterungen erfolgten zu unterschiedlichen Zeiten.

### **2.2.3. Haltung im Zoo Wuppertal**

Die Elefantenanlage wurde 1995 eröffnet und ist die größte Anlage im ZW. Insgesamt stehen den Afrikanischen Elefanten 4340 m<sup>2</sup> zur Verfügung. Die Außenanlage der Kühe beträgt 2225 m<sup>2</sup>. Die Innenanlage hat eine Größe von ca. 700 m<sup>2</sup>. Zusätzlich befinden sich in der Innenanlage noch fünf Boxen, die zusammen nochmal 290 m<sup>2</sup> groß sind. Für den Bullen

steht ein 73 m<sup>2</sup> großer Kral zur Verfügung mit einer anschließenden Außenanlage von 700 m<sup>2</sup>. Die Trennung vom Gehege zum Besucherareal erfolgt durch einen Sturzgraben. In der Nacht werden die Kühe und der Bulle in die jeweiligen Schlafboxen gebracht, d.h. die Tiere haben keinen Zugang zur Innenanlage und können sich so nicht frei bewegen. Während der Datennahme war der Außenbereich zum Bullen nicht getrennt von den Kühen. Die ganze Gruppe konnte so die gesamte Außenanlage nützen. Den Kühen steht in der Innenanlage als auch in der Außenanlage ein Wasserbad zur Verfügung. Zusätzlich gibt es in der Außenanlage noch ein Sandbad für die Tiere. Die Temperatur im Innenbereich beträgt durchschnittlich 20°C und wird mit Hilfe von Heizkörpern beheizt. Während den Beobachtungen (März 2011) befanden sich die Tiere mehrmals täglich in der Außenanlage. Die Elefanten wurden mehrmals täglich gefüttert. Das Futter bestand aus Heu, Stroh, Rübenschnitzel, Weizenkleie, Holz, Zweige, Äste, Äpfel, Gemüse nach Saison, Brot und Haferflocken. Es gibt keine fixen Fütterungs- und Trainingszeiten. Aber wenn möglich wird ein bis zwei Mal am Tag, auch im Rahmen der Waschroutine, trainiert.

## **2.3. Methode – Infrarotthermografie**

### **2.3.1. Infrarotthermographie im Allgemeinen**

Die Infrarotthermografie beruht auf dem physikalischen Prinzip, dass Körper bei Temperaturen die oberhalb des absoluten Nullpunktes von -273,15 Kelvin bzw. über 0°C liegen, elektromagnetische Strahlung aussenden (McCafferty et al. 2010). Es ist ein Verfahren zur Darstellung der Oberflächentemperatur von verschiedenen Objekten, die aus der Distanz festgestellt werden kann (Schmidt-Burbach, 2009). Die Wellenlänge der Strahlung hat eine Reichweite von 0,7 (nahes Infrarot) bis 1000µm (extremes Infrarot) (Kastberger & Stachl, 2003). Das mittlere Infrarot liegt zwischen 3µm - 6µm und das ferne Infrarot zwischen 6µm - 15µm (Weissenböck, 2006). Diese beiden werden in der Praxis der Infrarotthermografie am meisten genützt.

Der Transport von Wärmeenergie kann nur in eine Richtung stattfinden, von hoher zu tiefer Temperatur. Zum einen sind die Konduktion (Wärmeleitung) und zum anderen die Konvektion (Wärmetransport) dafür verantwortlich. Konvektion ist hauptverantwortlich für die Wärmeverteilung im Körper und für den Austausch zwischen Oberfläche und dem Körperkern. Das Stefan-Boltzmannsche Gesetz beschreibt die Übertragung von Strahlungsenergie. Ein ideal schwarzer Körper hat das maximal mögliche Absorptionsvermögen von 1. Tiere sind aber keine perfekten schwarzen Körper, die die komplette Strahlung absorbieren und keine Strahlung reflektieren. Durch den

Emissionsfaktor kann dies beschrieben werden (Heldmaier & Neuweiler, 2004). Die Haut hat einen Emissionsgrad von 0,98 (Karstädt et al. 1998).

Vorteile der Infrarotthermografie:

- Nicht-invasive Methode: man benötigt keinen direkten Kontakt, sondern kann Messungen auch von der Ferne machen (McCafferty et al. 2010; Cilulko et al. 2013).
- Eine hohe Genauigkeit (bis +/- 1°C) ist vorhanden.
- Schnelles System im Millisekunden Bereich.
- Eine flächenhafte Temperaturinformation ist möglich.

### 2.3.2. Verwendete Infrarotkamera des Tiergarten Schönbrunn

Für die Untersuchungen im TGS und im ZW wurde eine Infrarotkamera der Marke Flir, Modell ThermaCam™ P60 verwendet (Tab. 2.5). Die Kamera wurde vom Tiergarten Schönbrunn zur Verfügung gestellt.

**Tab. 2.5.:** Technische Daten der verwendeten Thermografiekamera

<b>ThermaCam™ P60</b>	
<i>Messbereich:</i>	-40°C bis +120°C und 0°C bis +500°C
<i>Messgenauigkeit:</i>	+/- 2°C
<i>Detektor:</i>	Mikrobolometer
<i>Detektorauflösung</i>	320 x 240 Pixel
<i>Thermische Empfindlichkeit:</i>	0,08°C
<i>Spektralbereich:</i>	7,5µm - 13µm
<i>Sucher:</i>	Farb-LCD

Die Infrarotkamera speichert die Bilder als JPEG-Dateien.

### 2.3.3. Benützung und zu beachtende Kriterien der Infrarotkamera

#### **Inbetriebnahme**

Erst nach einer Akklimatisationsphase von ca. 15 Minuten wurde die Kamera zur Aufnahme von Infrarotbildern eingesetzt. Weiters wurden die aktuellen Daten wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Emissionsgrad der Haut (0,98) und geschätzter Kamera-Tier-Abstand (in m) im Menü der Kamera gespeichert.

## **Messung**

Die Messungen erfolgten in keinem definierten Intervall, das heißt es wurden jederzeit Fotos gemacht, wenn ein Elefant in guter Position stand. Hauptsächlich wurden Ganzkörperaufnahmen der Elefanten in Seitenposition gemacht. Wenn möglich, wurden auch Detailaufnahmen von bestimmten Körperregionen, beispielsweise der Ohren, gemacht. Die Bilder wurden auf einer Compact Flash Karte (256 MB) gespeichert.

## **Wichtige Kriterien**

Um Messfehler zu vermeiden, gibt es etliche Einflussfaktoren die während der Datennahme berücksichtigt wurden. Aufnahmen von Elefanten wurden nur dann gemacht, wenn die Elefantenhaut trocken und sauber war. Hin und wieder war der Rücken der Tiere mit Sägespänen, Heu oder ähnlichem bedeckt, aber auch Fotos direkt nach der Elefantendusche wurden vermieden. Solche Faktoren führen zu verfälschten Daten der Oberflächentemperatur.

Ein weiterer Einflussfaktor ist die Wirkung der direkten Sonneneinstrahlung. Bei den Aufnahmen wurde daher darauf geachtet, dass die Sonne nicht direkt Richtung Kamera strahlt und die Daten verfälscht.

Jegliche Fotos mit verfälschten Daten wurden direkt aus der Analyse ausgeschlossen.

## **2.4. Datenaufnahme**

### **2.4.1. Beobachtungszeitraum und Beobachtungsort**

Die Datenaufnahme im TGS erfolgte vom 13. Jänner bis 21. Februar 2011 mit 10 Beobachtungstagen und im ZW vom 4. März bis 10. März 2011 mit 6 Beobachtungstagen.

Im TGS wurden sowohl Fotos im Innenbereich als auch im Außenbereich gemacht. Im ZW konnten nur Fotos im Außenbereich gemacht werden, da der Mensch-Tier-Abstand im Innenbereich zu groß war.

## **2.4.2. Weitere Messdaten**

### **Black Bulb**

Die Strahlungsintensität der Sonne (w/sr) wurde mithilfe eines Black Bulbs gemessen. Black Bulbs sind geschwärzte Kupferkugeln mit einem Durchmesser von 16 cm. Der Temperaturdatenlogger sitzt im Zentrum der Kugel. Die schwarzen Messkugeln sind am Forschungsinstitut für Wildtierökologie (FIWI) gebaut worden, diese sind Nachbauten schon vorhandener Exemplare. Die Strahlungsintensität wurde in 5-Minuten-Intervallen aufgezeichnet. Der Black Bulb wurde sowohl im TGS als auch im ZW direkt beim Gehege der Elefanten platziert. Als Standort wurde ein völlig freistehender Platz gewählt.

### **Logger**

Für die Messung der Lufttemperatur (°C) und der Luftfeuchte (%) wurde ein speziell entwickelter Datenlogger vom Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie (FIWI) verwendet. Die Lufttemperatur und die Luftfeuchte wurden in 5-Minuten-Intervallen aufgezeichnet. Der Messbereich liegt zwischen -40°C bis +88°C und die Auflösung beträgt 0,125°C. Der Logger wurde sowohl im TGS als auch im ZW direkt beim Gehege der Elefanten platziert, an einem schattigen Standort, der keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt war. Das Einstellen der Loggerparameter, Starten und Anhalten, sowie das Auslesen der Daten ist über ein Interface samt passender Software (Eigenentwicklung FIWI) möglich.

### **Verhalten der Tiere**

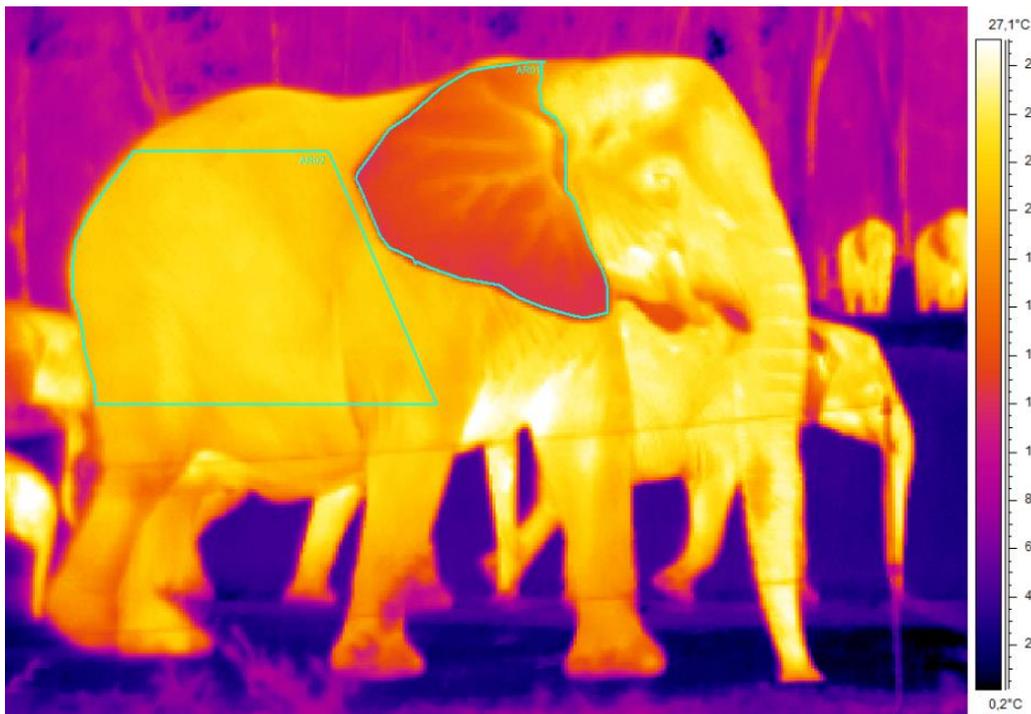
Zum Zeitpunkt der Infrarotaufnahme wurde auch das jeweilige Verhalten der Tiere mitprotokolliert. Hier gab es 12 unterschiedliche Verhaltensweisen: Bewegung, Fress-, Trink- und Säugeverhalten, Nahrungssuche, Ruhephase, Exploration, Körperpflege, Sozialverhalten, agonistisches Verhalten, Spielverhalten und Stereotypien.

## **2.5. Auswertung**

### **2.5.1. Auswertung der Infrarotaufnahmen**

Die Auswertung der Infrarotaufnahmen erfolgte hinsichtlich der Oberflächentemperatur der Tiere mittels der Computersoftware „ThermaCam Researcher“. Der Körper der Elefanten wurde in zwei definierte Areale geteilt: Torso und Ohren. Durch das Einfügen eines Polygons in der jeweiligen Seitenansicht des Elefanten wurde die mittlere Oberflächentemperatur, die

Maximum Temperatur, Minimum Temperatur, die Range und die Standardabweichung bestimmt. Mit Hilfe des Polygons konnten definierte Areale umrandet werden (Abb. 2.1.). Die Körperländer wurden aus der Analyse ausgeschlossen, da es bei diesen zu Messfehlern kam. Grund dafür sind die großen Temperaturunterschiede zwischen Körperoberfläche und Umgebung. Das Thermobild setzt sich aus einer Temperatur-Farbskala und der thermografischen Abbildung zusammen. Mittels der Temperatur-Farbskala wird jedem Bildpunkt des Thermobilds eine bestimmte Farbe zugeordnet. Dies wird aufgrund seiner errechneten Objekttemperatur festgestellt. Es gibt verschiedenen Farbpaletten zur Auswahl, die für unterschiedliche Anwendungsgebiete verwendet werden können. Für diese Studie wurde eine feinauflösende Regenbogenskala ausgewählt. Diese fängt bei der Temperaturskala am unteren Ende mit schwarz an, über violett, dann zu blau, hellblau, weiter zu grün, gelb, rot und schließlich bis weiß, am oberen Ende der Skala. Insgesamt konnten 624 Infrarotaufnahmen ausgewertet werden, davon sind 579 Aufnahmen vom Außenbereich und 45 Aufnahmen vom Innenbereich.



**Abb. 2.1.:** Einfügen zweier Polygone, Torso und Ohr, zur Ermittlung der Oberflächentemperatur.

## 2.5.2 Statistische Auswertung

Die deskriptive Beschreibung der Torso-, Ohren- und Umgebungstemperatur erfolgte in Form von Lagemaßen (Mittelwert, Median, Minimum, Maximum, 1. Quartil, 3. Quartil) und Streuungsmaßen (Standardabweichung und Spannweite). Zur grafischen Darstellung wurden Boxplots eingesetzt.

Um den linearen Zusammenhang zwischen den Temperaturen zu beschreiben, wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Der Koeffizient kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen, wobei Werte nahe +1 für einen starken positiven linearen Zusammenhang stehen und Werte nahe -1 für einen starken negativen linearen Zusammenhang stehen. Werte nahe 0 bedeuten, dass kein linearer Zusammenhang besteht.

Um die Korrelation zwischen zwei interessierenden Größen unter Elimination einer dritten Einflussgröße zu berechnen, wird die partielle Korrelation bestimmt.

Die Regressionsanalyse kommt zum Einsatz, zur Darstellung des funktionalen Zusammenhangs der Umgebungstemperatur auf die Torsotemperatur. Voraussetzung zur Anwendung sind intervallskalierte Variablen.

Folgende Gleichung beschreibt die lineare Beziehung:

$$y = b \cdot x + \alpha$$

$x$  Umgebungstemperatur (unabhängige, veränderliche Variable)

$y$  Torso- bzw. Ohrentemperatur (abhängige, veränderliche Variable)

$b$  Steigungsparameter

$\alpha$  Schnittpunkt der Geraden

Die Gerade, die die lineare Beziehung zweier Merkmale kennzeichnet, wird als Regressionsgerade bezeichnet und die beiden Konstanten  $\alpha$  und  $b$  sind die Regressionskoeffizienten.

Als Maß für die Güte der Anpassung des Modells wird das Bestimmtheitsmaß berechnet. Dieses Maß kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen und beschreibt den Anteil der Variabilität der abhängigen Variable, der durch die unabhängige Variable erklärt wird.

Die Regressionsanalyse erfolgte mit dem Programm „R Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.“

Zusätzlich wurden für die Auswertung zwei Packages benötigt:

1. Vito M. R. Muggeo (2003). Estimating regression models with unknown break-points. *Statistics in Medicine*, 22, 3055-3071.

2. Vito M. R. Muggeo (2008). segmented: an R Package to Fit Regression Models with Broken-Line Relationships. R News, 8/1, 20-25.  
URL <http://cran.r-project.org/doc/Rnews/>.

Es besteht die Vermutung, dass der Steigungsparameter bei kühlerer Umgebungstemperatur flacher als bei höherer Umgebungstemperatur ausfällt. Allerdings nur bei der Modellierung der Umgebungstemperatur auf die Torsotemperatur, weil der Körperkern weiterhin Wärme produziert. Bei den Ohren ist dies nicht der Fall, da diese keinen wärmeproduzierenden Kern enthalten.

Zur Bestimmung der  $T_{ic}$  der Thermoneutralzone bei der der „Knick“ stattfindet, wird der Davies Test verwendet. Der Davies Test gibt uns einen Schätzwert für die  $T_{ic}$ .

Statistische Verfahren zur Berücksichtigung von Messwiederholungen (wiederholte Messungen pro Individuum) können nicht zum Einsatz kommen, da für die Beantwortung der Forschungsfrage die „segmented Regression“ gebraucht wird. Die „segmented Regression“ steht allerdings nur für einfache lineare Modelle zur Verfügung.

# 3. ERGEBNISSE

## 3.1. Verwendete Daten

Insgesamt wurden 624 Datensätze von 13 Afrikanischen Elefanten für die Auswertung verwendet (n = 624), bei denen die mittlere Torso-Temperatur verfügbar war. Sowohl Outdoor (n = 579) als auch Indoor (n = 45) Datensätze werden in der Analyse berücksichtigt.

**Tab. 3.1.:** Anzahl der Datensätze pro Elefant.

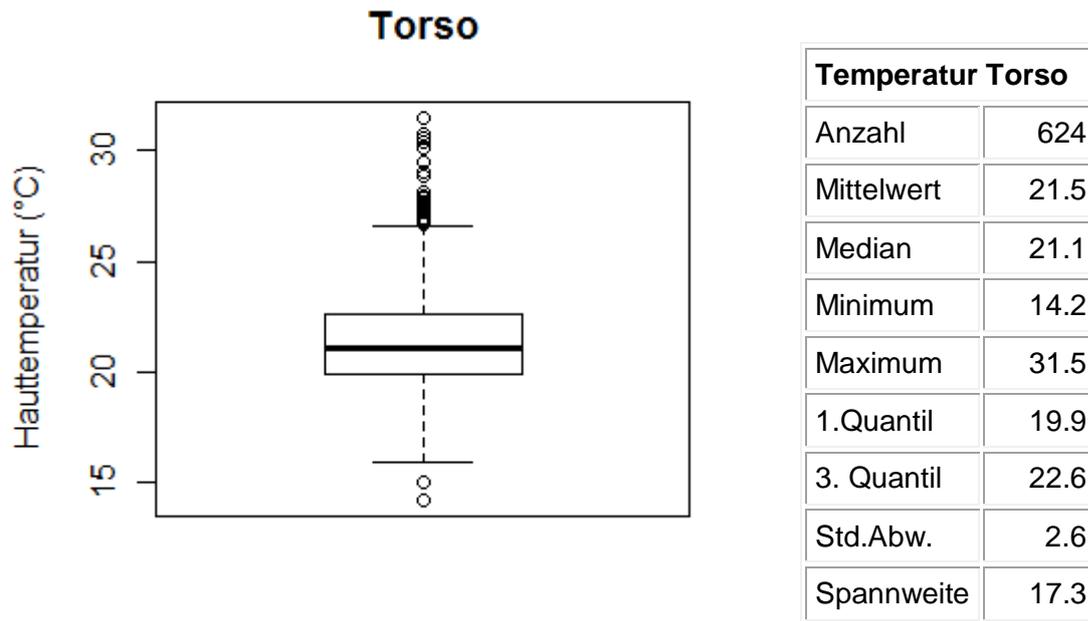
ID	Anzahl Messungen
Bongi	29
Drumbo	39
Kibo	53
Mongu	31
Numbi	72
Punda	52
Sabie	58
Sweni	58
Tamo	47
Tika	55
Tonga	36
Tuluba	36
Tusker	58
<b>Gesamt</b>	<b>624</b>

## 3.3. Thermoprofil des Torsos und der Ohren in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

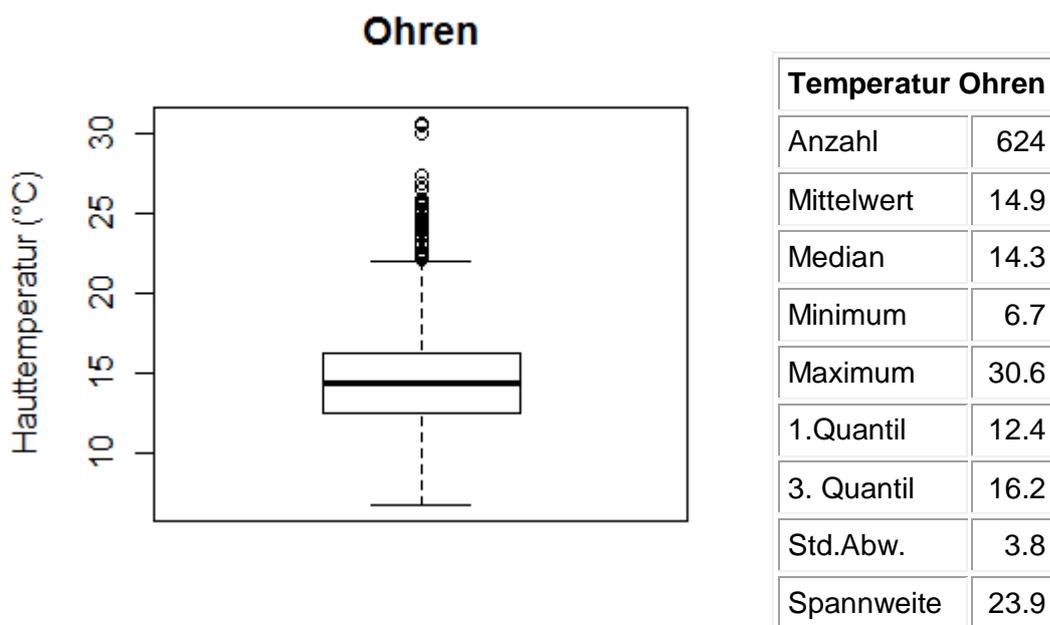
Bei den Untersuchungen der Afrikanischen Elefanten wurden bei variierender Umgebungstemperatur (Temperaturspanne von -3,0°C bis 19,5°C bei Beobachtungen im Innen- und Außenbereich) höhere Oberflächentemperaturen des Torsos, im Vergleich zu den Ohren gemessen. Torsotemperaturen von 14,2°C bis 31,5°C wurden gemessen. Die durchschnittliche Torsotemperatur beträgt 21,5°C und der Median liegt mit 21,1°C nur knapp darunter (Abb. 3.1.).

Die Oberflächentemperatur der Ohren zeigen deutlich niedrigere Werte als die des Torsos auf. Die Ohrentemperaturen reichen von 6,7°C bis 30,6°C. Die durchschnittliche

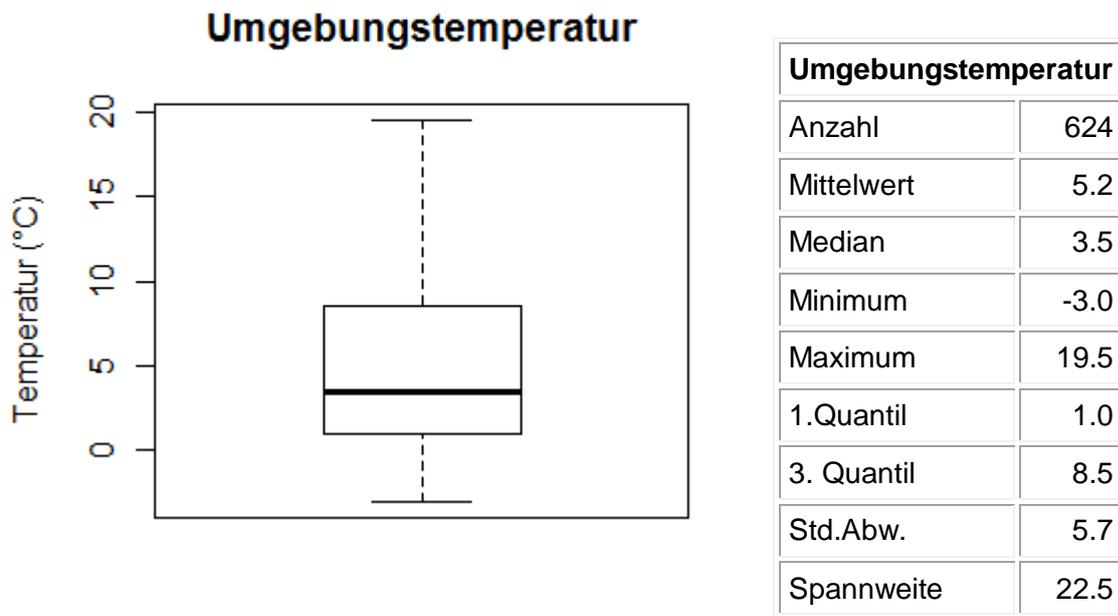
Ohrentemperatur beträgt 14,9°C und ist somit um 6,6°C geringer als die durchschnittliche Torsotemperatur. Der Median liegt bei 14,3°C (Abb. 3.2.).



**Abb. 3.1.:** Boxplot der Torsotemperatur. Anzahl...Anzahl Datensätze. Std.Abw...Standardabweichung. Alle Werte (außer Anzahl) in °C.



**Abb. 3.2.:** Boxplot der Ohrentemperatur. Anzahl...Anzahl Datensätze. Std.Abw...Standardabweichung. Alle Werte (außer Anzahl) in °C.



**Abb. 3.3:** Boxplot der Umgebungstemperatur. Anzahl...Anzahl Datensätze. Std.Abw...Standardabweichung. Alle Werte (außer Anzahl) in °C.

### 3.4. Einfluss von Umgebungstemperatur auf die Ohren- und Torsotemperatur

Bei relativ milden Umgebungstemperaturen (zwischen 10,5°C und 15,0°C) variiert die Torsotemperatur von 20,8°C bis 25,5°C, während die Ohrentemperatur deutlich geringer ausfällt (zwischen 13,5°C bis 20,4°C).

Bei niedriger Umgebungstemperatur von -5,0°C bis 0,0°C ist die Spannweite der Torsotemperatur von 14,2°C bis 25,0°C deutlich größer, als bei milderer Umgebungstemperaturen. Die gemessene Ohrentemperatur von 6,7°C bis 21,1°C weist ebenfalls eine deutlich höhere Spannweite als bei milderer Umgebungstemperaturen auf (Tab. 3.2. und Abb. 3.4.).

**Tab. 3.2.:** Auswirkung der Umgebungstemperatur auf die Torso- und Ohrentemperatur

Umgebungs- temperatur	Torsotemperatur		Ohrentemperatur	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
-5,0°C bis 0°C	14,2	25,0	6,7	21,1
0,5°C bis 5°C	16,0	26,9	9,1	22,6
5,5°C bis 10°C	17,4	25,2	11,1	21,9
10,5°C bis 15°C	20,8	25,5	13,5	20,4
15,5°C bis 20°C	25,4	31,5	22,1	30,6

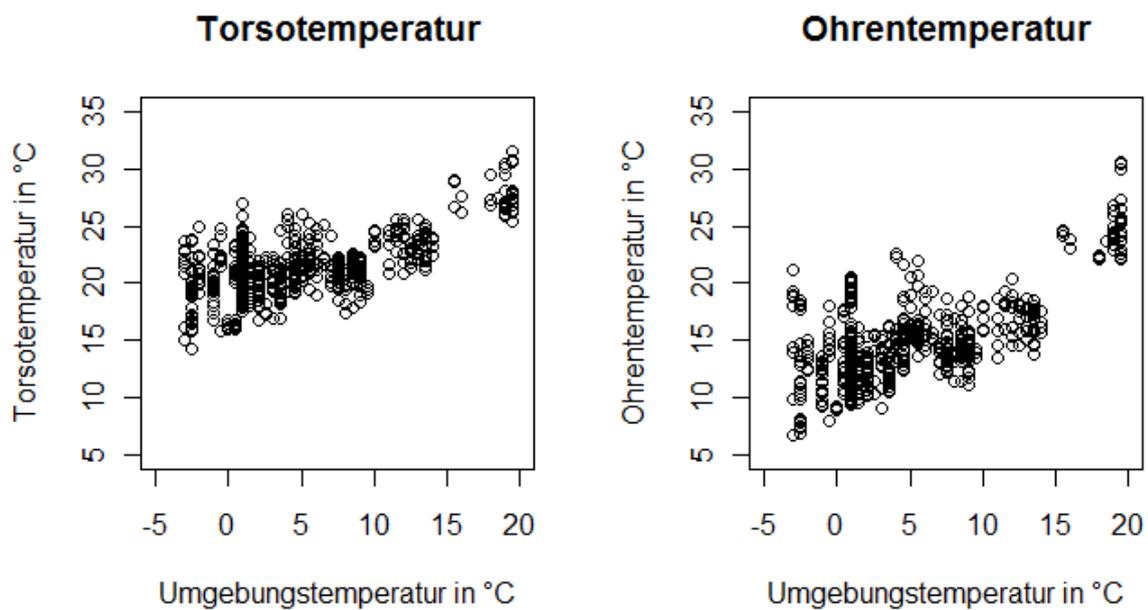


Abb. 3.4.: Streudiagramm von der Torso- und Ohrentemperatur mit der Umgebungstemperatur in °C.

### 3.5. Korrelation der Temperaturen

Zwischen Umgebungstemperatur und Torsotemperatur besteht ein ausgeprägter positiver linearer Zusammenhang ( $r = 0.657$ ). Ebenfalls gibt es einen starken positiven linearen Zusammenhang zwischen Ohrentemperatur und Umgebungstemperatur ( $r = 0.693$ ) (Tab. 3.3.).

Tab. 3.3.: Korrelation nach Pearson

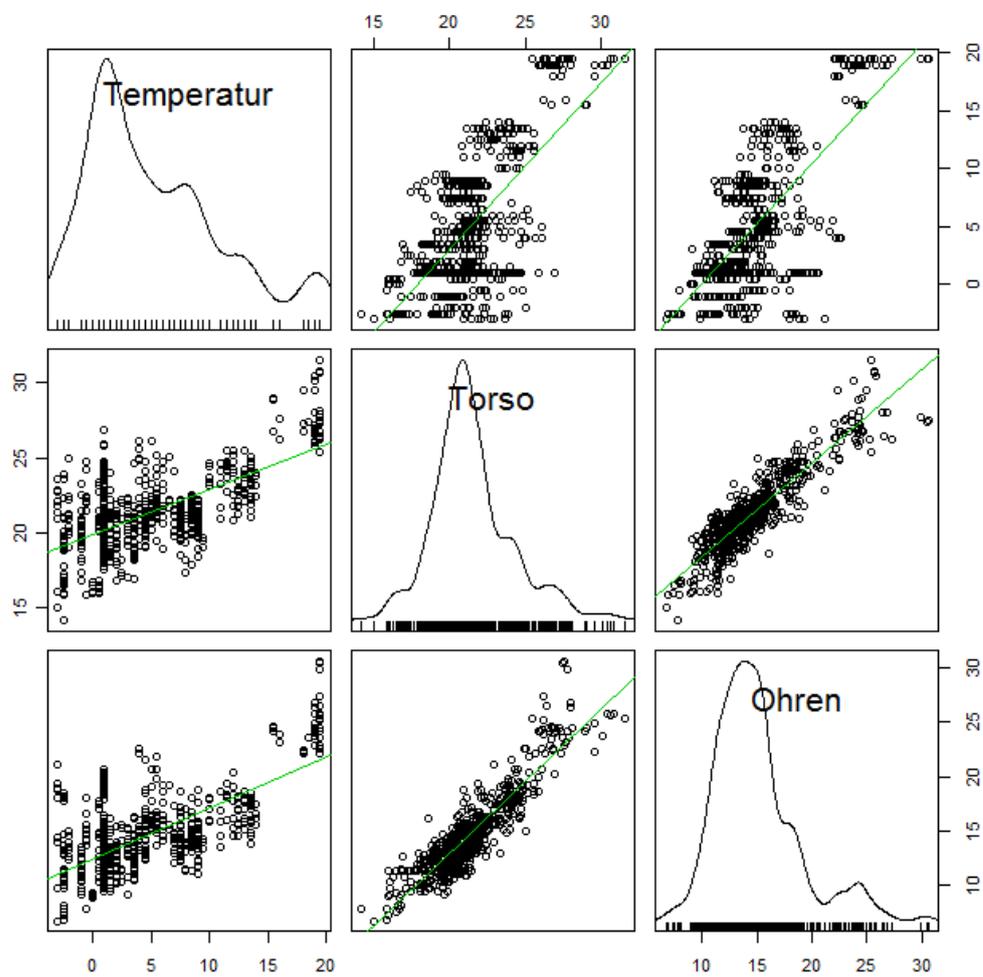
Korrelation			
	Torso	Ohren	Umgebung
Torso	1.000	0.905	0.657
Ohren		1.000	0.693
Umgebung			1.000

Da zwischen Torso- und Ohrentemperatur ein extrem starker linearer Zusammenhang besteht ( $r = 0.905$ ) wird in folgender Tabelle die partielle Korrelation gezeigt, um den Zusammenhang der Ohrentemperatur und Umgebungstemperatur (ohne Einfluss der Torsotempe-

ratur) zu bestimmen. Die Umgebungstemperatur korreliert mit der Ohrentemperatur – bei Eliminierung des Einflusses der Torsotemperatur – in positiver Form ( $r = 0.307$ ) (Tab. 3.4.).

**Tab. 3.4.:** Partielle Korrelation der Ohrentemperatur mit der Umgebungstemperatur exklusive Torsotemperatur

Partielle Korrelation	
	Umgebung
Ohren	0.307



**Abb. 3.5.:** Streudiagramm-Matrix zur Visualisierung der Paarverteilungen von Umgebungstemperatur, Torsotemperatur und Ohrentemperatur.

### 3.6. Torsotemperatur

#### 3.6.1. Lineares Regressionsmodell der Torsotemperatur

Das lineare Regressionsmodell zur Erklärung der Torsotemperatur durch die Umgebungstemperatur leistet einen signifikanten Erklärungsbeitrag ( $P < 0.001$ ) (Tab. 3.5.), mit einem Bestimmtheitsmaß von 0.43. Das bedeutet, dass 43 Prozent der Variabilität von der Torsotemperatur durch die Umgebungstemperatur erklärt wird (Tab. 3.6.).

Tab. 3.5.: Varianzanalyse

```
Analysis of Variance Table

Response: T.tor
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Ta      1 1838.8 1838.81  473.37 < 2.2e-16 ***
Residuals 622 2416.2    3.88
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tab. 3.6.: Regressionskoeffizienten

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 19.90602    0.10672  186.52 <2e-16 ***
Ta          0.30164    0.01386   21.76 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.971 on 622 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4322,    Adjusted R-squared:  0.4312
F-statistic: 473.4 on 1 and 622 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Die erwarteten Werte für die Torsotemperatur errechnen sich durch folgende Formel:

$$\widehat{Torso.temp} = 19.906 + 0.302 * Ta$$

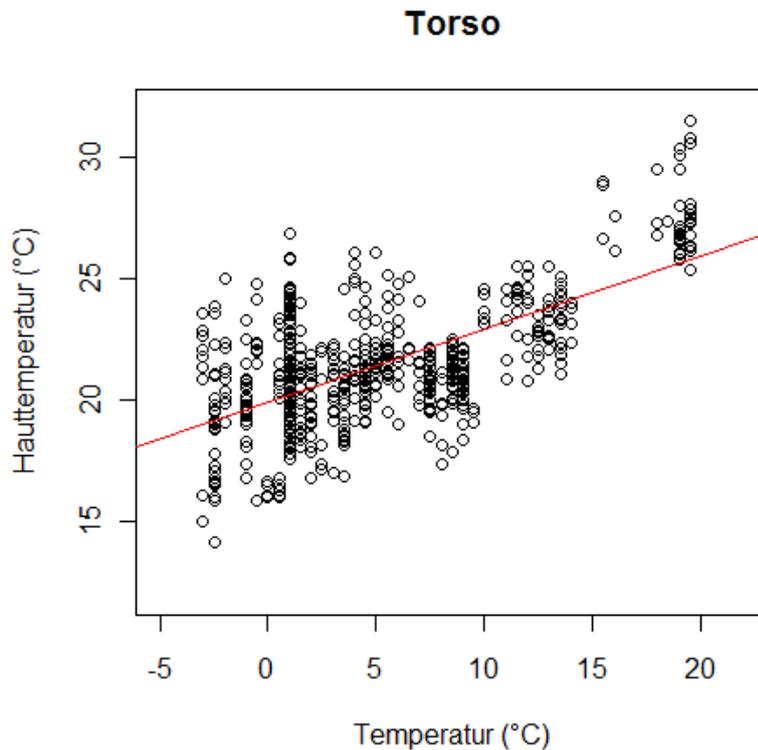


Abb. 3.7.: Streudiagramm Torsotemperatur versus Umgebungstemperatur inklusive Regressionsgerade.

### 3.6.2. Bestimmung der unteren kritischen Temperatur (T<sub>lc</sub>)

Durch die Annahme eines unteren kritischen Punktes in der Umgebungstemperatur, in der sich der Steigungsparameter des Regressionsmodells ändert, wird der Davies-Test eingesetzt.

Es besteht die Vermutung, dass der Steigungsparameter bei kühlerer Umgebungstemperatur flacher als bei höherer Umgebungstemperatur ausfällt.

Als Schätzer für die kritische Umgebungstemperatur liefert der Davies-Test den Wert von 8.8°C. Die Veränderung des Steigungsparameter (Trennung bei T<sub>lc</sub> von 8.8°C) ist hoch signifikant (P<0.001) (Tab. 3.7.).

Tab. 3.7.: Ermittlung der kritischen Temperatur mittels Davies-Tests.

```
Davies' test for a change in the slope

data: Model = gaussian , link = identity
formula = T.tor ~ Ta
segmented variable = Ta
`Best' at = 8.8158, n.points = 20, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: two.sided
```

### 3.6.3. Modell Umgebungstemperatur < 9 °C

Das Bestimmtheitsmaß im Modell zur Erklärung der Torsotemperatur in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur beträgt 0.050 (Tab. 3.9.). Das lineare Regressionsmodell zur Erklärung der Torsotemperatur durch die Umgebungstemperatur unter 9°C leistet einen signifikanten Erklärungsbeitrag (P<0.001) (Tab. 3.8.).

Tab. 3.8.: Varianzanalyse

```
Analysis of Variance Table

Response: T.tor
      Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Ta      1   91.21   91.209   25.056 7.832e-07 ***
Residuals 480 1747.29    3.640
---
```

Tab. 3.9.: Regressionskoeffizienten

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 20.32814    0.11382 178.601 < 2e-16 ***
Ta           0.13742    0.02745   5.006 7.83e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.908 on 480 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.04961,    Adjusted R-squared:  0.04763
F-statistic: 25.06 on 1 and 480 DF,  p-value: 7.832e-07
```

Die erwarteten Werte für die Torsotemperatur errechnen sich (bei einer Umgebungstemperatur kleiner als 9 °C) durch folgende Formel:

$$\widehat{Torso.temp} = 20.328 + 0.137 * Ta$$

### 3.6.4. Modell Umgebungstemperatur ≥ 9 °C

In dem Modell zur Erklärung der Torsotemperatur in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur, die gleich oder höher der unteren kritischen Temperatur (Tlc) ist, beträgt das Bestimmtheitsmaß 0.737 (Tab. 3.11.) Auch hier gibt es einen signifikanten Erklärungsbeitrag (P<0.001) (Tab. 3.10.).

**Tab. 3.10.:** Varianzanalyse

```

Analysis of Variance Table

Response: T.tor
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Ta      1  847.14   847.14  392.58 < 2.2e-16 ***
Residuals 140  302.11     2.16
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
    
```

**Tab. 3.11.:** Regressionskoeffizienten

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 15.35270    0.45813   33.51 <2e-16 ***
Ta           0.63859    0.03223   19.81 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.469 on 140 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7371,    Adjusted R-squared:  0.7352
F-statistic: 392.6 on 1 and 140 DF,  p-value: < 2.2e-16
    
```

Die erwarteten Werte für die Torsotemperatur errechnen sich (bei einer Umgebungstemperatur von 9 °C und höher) durch folgende Formel:

$$\widehat{Torso.temp} = 15.353 + 0.639 * Ta$$

### 3.6.5. Vergleich der Regressionsgeraden

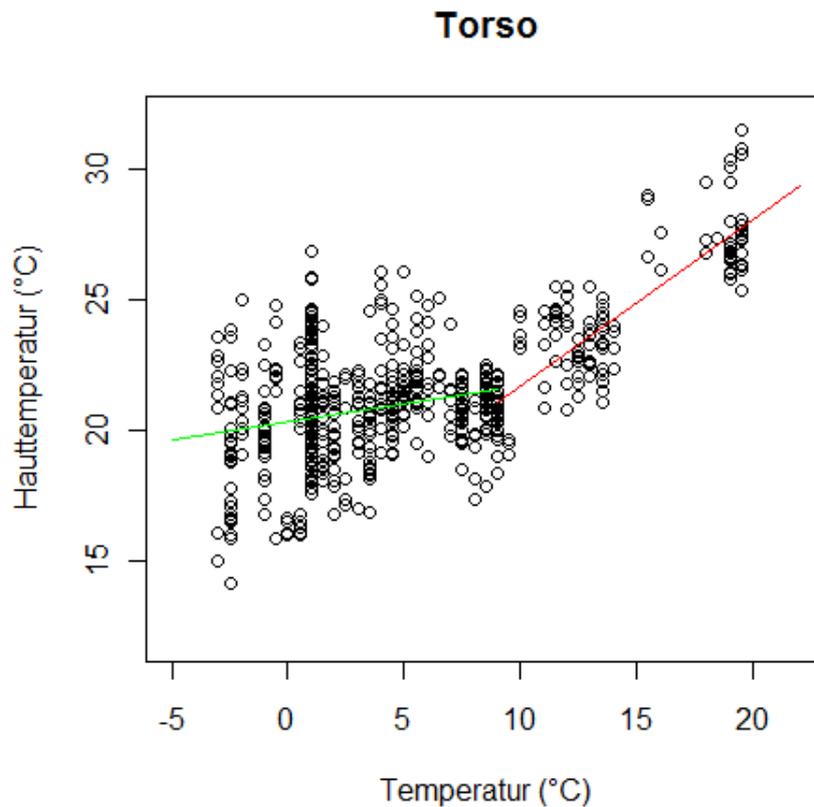
Die Steigungsparameter der beiden Modelle unterscheiden sich voneinander. Bei Modell 1 liegt der Schnittpunkt deutlich höher als bei Modell 2. Die Steigung ist dementsprechend geringer in Modell 1, als in Modell 2. (Tab. 3.12.)

**Tab. 3.12.:** Vergleich der beiden Modelle: Modell 1 unter 9,0°C und Modell 2 bei 9,0°C bzw. höher als 9,0°C.

	<b>Modell 1: Ta &lt; 9,0°C</b>	<b>Modell 2: Ta ≥ 9,0°C</b>
<b>Koeffizienten</b>		
Schnittpunkt	20.3	15.4
Steigung	0.1	0.6

Bei einer Umgebungstemperatur von -3,0°C bis 8,5°C wird durch das eingesetzte Regressionsmodell (Modell 1) eine durchschnittliche Senkung der Torsotemperatur von lediglich 0,1°C (bei Abfall der Umgebungstemperatur um 1,0°C) geschätzt. Bei einer Umgebungstem-

peratur von 9,0°C bis 19,5°C wird durch das Modell (Modell 2) eine durchschnittliche Senkung der Torsotemperatur von 0,6°C (bei Abfall der Umgebungstemperatur von 1,0°C) bestimmt (Abb.3.8).



**Abb. 3.8:** Streudiagramm Torsotemperatur versus Umgebungstemperatur inklusive Regressionsgeraden (TIC 9,0°C).

### 3.7. Ohrentemperatur

#### 3.7.1. Lineares Regressionsmodell Ohrentemperatur

Ein lineares Regressionsmodell, das den funktionalen Zusammenhang der Umgebungstemperatur auf die Ohrentemperatur modelliert, wird berechnet. Das Modell, mit Ohrentemperatur als abhängige Variable und Umgebungstemperatur als unabhängige Variable, leistet einen signifikanten Erklärungsbeitrag ( $P < 0.001$ ) (Tab. 3.13.), mit einem Bestimmtheitsmaß von 0.48 (Tab.3.14.).

Tab. 3.13.: Varianzanalyse

```
Analysis of Variance Table

Response: T.ear
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Ta      1 4371.0  4371.0  575.25 < 2.2e-16 ***
Residuals 622 4726.2      7.6
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tab. 3.14.: Regressionskoeffizienten

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 12.49387   0.14926   83.70 <2e-16 ***
Ta           0.46506   0.01939   23.98 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.757 on 622 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4805,    Adjusted R-squared:  0.4796
F-statistic: 575.2 on 1 and 622 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Die erwarteten Werte für die Ohrentemperatur errechnen sich durch folgende Formel:

$$\widehat{Ohren.temp} = 12.494 + 0.465 * Ta$$

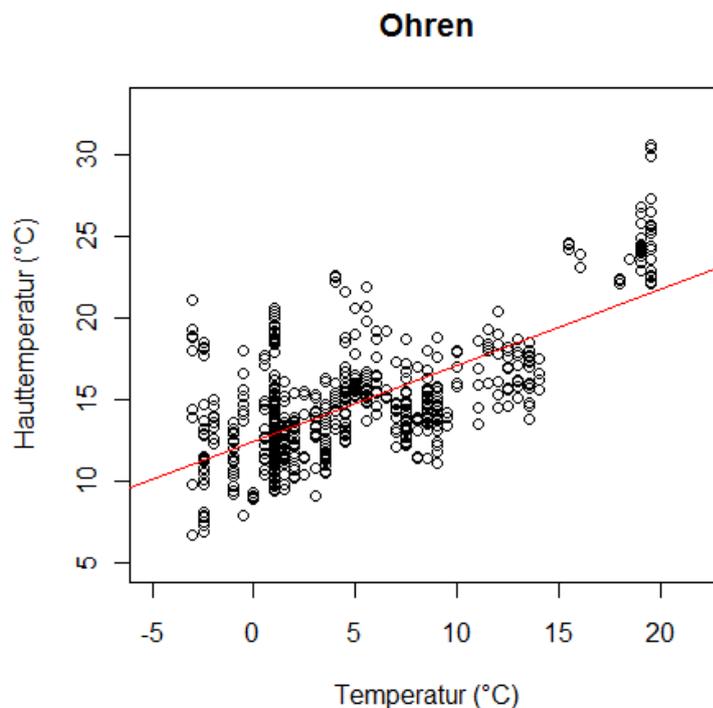


Abb. 3.9.: Streudiagramm Ohrentemperatur versus Umgebungstemperatur inklusive Regressionsgerade.

### 3.7.2. Bestimmung der unteren kritischen Temperatur (T<sub>lc</sub>)

Als Schätzer für die kritische Umgebungstemperatur liefert der Davies-Test den Wert von 13.3°C. Die Veränderung des Steigungsparameters (Trennung bei kritischer Temperatur von 13.3°C) ist hoch signifikant ( $P < 0.001$ ) (Tab. 3.15.). Somit wird der Schnittpunkt bei einer Umgebungstemperatur von 13°C (13.3°C) angenommen.

Tab. 3.15.: Ermittlung der kritischen Temperatur mittels Davies-Tests.

```
Davies' test for a change in the slope
data: Model = gaussian , link = identity
formula = T.ear ~ Ta
segmented variable = Ta
`Best' at = 13.3421, n.points = 20, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: two.sided
```

### 3.7.3. Modell Umgebungstemperatur $\leq 13$ °C

Das lineare Regressionsmodell zur Erklärung der Ohrentemperatur durch die Umgebungstemperatur unter bzw. bei 13°C leistet einen signifikanten Erklärungsbeitrag ( $P < 0.001$ ) (Tab. 3.16.). Das Bestimmtheitsmaß im Modell zur Erklärung der Ohrentemperatur in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur beträgt 0.159 (Tab. 3.17.).

Tab. 3.16.: Varianzanalyse

```
Analysis of Variance Table
Response: T.ear
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Ta      1  667.2   667.24  105.56 < 2.2e-16 ***
Residuals 557 3520.8     6.32
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tab. 3.17.: Regressionskoeffizienten

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 13.04969    0.14499   90.01 <2e-16 ***
Ta           0.26724    0.02601   10.27 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.514 on 557 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1593,    Adjusted R-squared:  0.1578
F-statistic: 105.6 on 1 and 557 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

### 3.7.4. Modell Umgebungstemperatur > 13°C

In dem Modell zur Erklärung der Ohrentemperatur in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur, die höher der unteren kritischen Temperatur ( $T_{lc}$ ) ist, beträgt das Bestimmtheitsmaß 0.755 (Tab. 3.18.). Auch hier gibt es einen signifikanten Erklärungsbeitrag ( $P < 0.001$ ) (Tab. 3.19.).

Tab. 3.18.: Varianzanalyse

```

Analysis of Variance Table

Response: T.ear
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Ta      1  832.90   832.90  194.64 < 2.2e-16 ***
Residuals 63  269.58     4.28
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
  
```

Tab. 3.19.: Regressionskoeffizienten

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.73849    1.73120  -1.004   0.319
Ta           1.39060    0.09967  13.952 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.069 on 63 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7555,    Adjusted R-squared:  0.7516
F-statistic: 194.6 on 1 and 63 DF,  p-value: < 2.2e-16
  
```

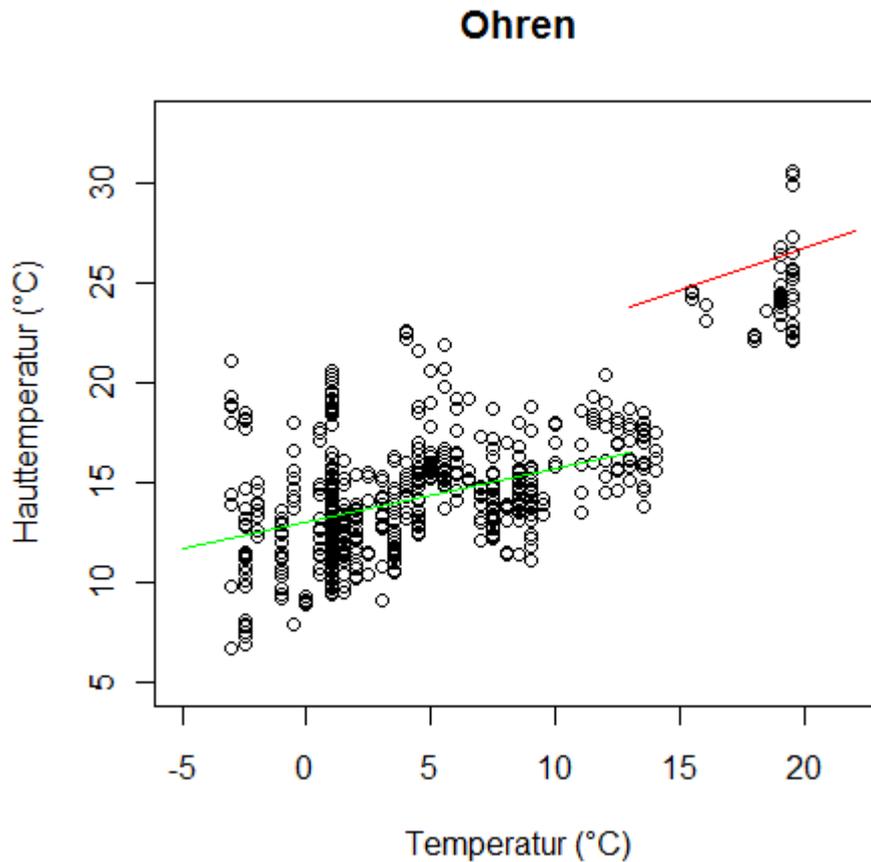
### 3.7.5. Vergleich der Regressionsgeraden

Auch im Falle der Ohrentemperatur unterscheiden sich die Steigungsparameter der beiden Modelle voneinander. Bei Modell 1 liegt der Schnittpunkt deutlich höher als bei Modell 2. Die Steigung ist dementsprechend geringer in Modell 1, als in Modell 2. (Tab. 3.20.)

Tab. 3.20.: Vergleich der beiden Modelle: Modell 1 unter bzw. bei 13°C und Modell 2 höher als 13°C.

	Modell 1: Ta ≤ 13 °C	Modell 2: Ta > 13 °C
<b>Koeffizienten</b>		
Schnittpunkt	13.0	-1.7
Steigung	0.3	1.4

Bei einer Umgebungstemperatur von  $-3,0^{\circ}\text{C}$  bis  $13,0^{\circ}\text{C}$  wird durch das eingesetzte Regressionsmodell (Modell 1) eine durchschnittliche Senkung der Ohrentemperatur von  $0,3^{\circ}\text{C}$  (bei Abfall der Umgebungstemperatur um  $1,0^{\circ}\text{C}$ ) geschätzt. Bei einer Umgebungstemperatur von  $13,5^{\circ}\text{C}$  bis  $19,5^{\circ}\text{C}$  wird durch das Modell (Modell 2) eine durchschnittliche Senkung der Ohrentemperatur von  $1,4^{\circ}\text{C}$  (bei Abfall der Umgebungstemperatur von  $1,0^{\circ}\text{C}$ ) bestimmt (Abb. 3.10.).



**Abb. 3.10.:** Streudiagramm Ohrentemperatur versus Umgebungstemperatur inklusive Regressionsgeraden (Tlc  $13,0^{\circ}\text{C}$ ).

## 4. DISKUSSION

Die Thermoregulation von Elefanten ist ein weit umfassendes Gebiet, das viele Anpassungen und Anforderungen an das thermoregulatorische System der Elefanten stellt.

Vor allem Afrikanische Elefanten (*Loxodonta africana*) leben in den unterschiedlichsten Klimata und haben eine sehr große geografische Verbreitung. Sie müssen Temperaturen von 50°C bis Temperaturen unter den Gefrierpunkt tolerieren (Phillips & Heath, 1992).

In einer früheren Studie wurde gezeigt, dass Elefanten am Tag die Wärme speichern und in der Nacht abgeben (Weissenböck et al. 2012). Zusätzlich konnte festgestellt werden, dass sich an der gesamten Körperoberfläche der Elefanten thermische Fenster bilden können, über die eine große Wärmeabgabe stattfindet (Weissenböck et al. 2010).

Elefanten sind aber nicht nur der Hitze ausgesetzt, sondern auch kalten Temperaturen, sowohl in freier Natur als auch in menschlicher Obhut. Gerade bei Zirkuselefanten sind Teilerfrierungen der empfindlichen Ohren keine Seltenheit (Benedict, 1936).

Während es schon einige Studien speziell zur Thermoregulation in kalter Umgebung gibt, ist die Thermoneutralzone der Afrikanischen Elefanten noch relativ unerforscht. Die Intention dieser Studie war es, zu erforschen, wo sich die untere kritische Temperatur der Thermoneutralzone von Afrikanischen Elefanten befindet.

### 4.1. Das Thermoprofil des Torsos und der Ohren in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

Bei der Untersuchung adulter und juveniler Afrikanischer Elefanten in variierender Umgebungstemperatur (-3,0°C bis 19,5°C) ergaben sich höhere Oberflächentemperaturen des Torsos, im Vergleich zu den Ohren. Dieses Ergebnis stimmt mit früheren Studien von Phillips & Heath (1992), Cena & Clark (1973) und Weissenböck et al. (2010) überein. Die durchschnittliche Torsotemperatur betrug 21,5°C und die durchschnittliche Ohrentemperatur betrug 14,9°C und war somit um 6,6°C geringer als die durchschnittliche Torsotemperatur. Dies könnte daran liegen, dass der Torso eine dickere Isolierung hat und ein kleines Oberflächen-Volumen-Verhältnis. Die niedrigeren Temperaturen der Ohren sind durch ihre extensive Gefäßversorgung erklärbar (Wright, 1984). Das heißt, sie können bei Umgebungen die unter ihrer thermoneutralen Zone liegen, den Wärmeverlust via Vasokonstriktion auf ein Minimum reduzieren (Cena & Clark, 1973, Phillips & Heath, 1992). Bei relativ milden Umgebungstemperaturen (zwischen 10,5°C und 15,0°C) variiert die Torsotemperatur von 20,8°C bis 25,5°C, während die Ohrentemperatur deutlich geringer ausfällt

(zwischen 13,5°C bis 20,4°C). Bei niedriger Umgebungstemperatur von -5,0°C bis 0,0°C ist die Spannweite der Torsotemperatur von 14,2°C bis 25,0°C deutlich größer, als bei milderen Umgebungstemperaturen. Die gemessene Ohrentemperatur von 6,7°C bis 21,1°C weist ebenfalls eine deutlich höhere Spannweite als bei milderen Umgebungstemperaturen auf (Tab. 3.2.). Die große Streuung der Torsotemperatur und auch der Ohrentemperatur bei niedriger Umgebungstemperatur ist zum Teil durch die Aufenthaltsdauer erklärbar. Der Elefantentorso und die Elefantenohren sind während der ersten Stunde im Freien weniger ausgekühlt als nach zwei oder mehr Stunden Aufenthalt im Außengehege.

## **4.2. Untere kritische Tempertur der Thermoneutralzone**

In dieser Studie haben wir uns genauer mit der unteren kritischen Temperatur der Thermoneutralzone des Torso beschäftigt und im Vergleich dazu wurde die Ohrentemperatur gemessen. In der Thermoneutralzone wird die Temperatur der Tiere physikalisch reguliert. Wenn es zunehmend zu einer Abkühlung kommt, zeigen die Tiere periphere Vasokonstriktion. Wenn diese aber maximal ist, dann ist die untere kritische Temperatur erreicht. Wir gehen deshalb davon aus, dass die Hauttemperatur dann nahezu konstant bleibt bzw. nur noch geringfügig sinkt, da der Körperkern weiterhin Wärme produziert. Dies sollte im Falle des Torsos erkennbar sein. Bei den Ohren sollte dies nicht der Fall sein, da diese keinen wärmenden Kern besitzen.

In einer früheren Studie von Weissenböck et al. (2010) gab es Hinweise darauf, dass die untere kritische Temperatur bei Afrikanischen Elefanten ungefähr bei 9°C liegt. Eine Reduktion der Hauttemperatur Afrikanischer Elefanten konnte bei allen Körperregionen, speziell bei den Ohren, gezeigt werden, bei einer Umgebungstemperatur von <9°C. Verantwortlich hierfür ist die Erreichung maximaler Vasokonstriktion. Zudem wurden keinerlei thermische Fenster bei Umgebungstemperaturen unter 9°C gefunden. Dies sind Hinweise dafür, dass die thermische Untergrenze erreicht worden ist.

Somit erwarten wir uns bei Afrikanischen Elefanten eine untere kritische Temperatur der Thermoneutralzone die bei 9°C oder darunter liegt.

### **4.2.1. Untere kritische Temperatur des Torsos**

Beim Torso besteht die Vermutung, dass der Steigungsparameter der Temperatur bei kühlerer Umgebungstemperatur flacher als bei höherer Umgebungstemperatur ausfällt. Als Schätzer für die kritische Umgebungstemperatur konnten 8,8°C ermittelt werden, dieses Ergebnis ist hoch signifikant. Bei Temperaturen zwischen 9,0°C bis 19,5°C sinkt die Torsotemperatur

um durchschnittlich  $0,6^{\circ}\text{C}$  bei Abfall der Umgebungstemperatur um  $1,0^{\circ}\text{C}$ . Während bei einer Umgebungstemperatur von  $-3,0^{\circ}\text{C}$  bis  $8,5^{\circ}\text{C}$  die Torsotemperatur lediglich um  $0,1^{\circ}\text{C}$  (bei Abfall der Umgebungstemperatur um  $1,0^{\circ}\text{C}$ ) sinkt. Hier wird deutlich, dass der Torso einen wärmenden Kern besitzt und die Temperatur nur noch in geringem Maße fällt.

Eine untere kritische Temperatur von  $8,8^{\circ}\text{C}$  stimmt mit der Vermutung von Weissenböck et al. (2010) überein.

Eine untere kritische Temperatur von  $8,8^{\circ}\text{C}$  bedeutet, dass die Tiere in der TNZ ihr Potential der physikalischen Regulation vollständig ausschöpfen und am Unterende der TNZ ihre maximale Wärmeisolierung erreichen. Unterhalb von  $8,8^{\circ}\text{C}$  kann die Körpertemperatur nur noch durch Steigerung der metabolischen Wärmeproduktion aufrechterhalten werden (=chemische Regulation).

#### **4.2.2. Untere kritische Temperatur der Ohren**

Bei den Ohren erwarten wir uns keine kritische untere Temperatur, da die Ohren Extremitäten sind und deshalb keinen wärmenden Kern besitzen.

Der Davies-Test liefert uns im Falle der Ohren zwar einen Schätzer für die untere kritische Temperatur, der bei  $13,3^{\circ}\text{C}$  liegt. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass für die Auswertung sowohl die Daten im Außenbereich als auch im Innenbereich mit in die Statistik aufgenommen worden sind. Die Ohrentemperaturen im Innenbereich sind deutlich höher, als die im Außenbereich.

Bei einer Umgebungstemperatur von  $13,5^{\circ}\text{C}$  bis  $19,5^{\circ}\text{C}$  sinkt die Ohrentemperatur durchschnittlich um  $1,4^{\circ}\text{C}$  bei Abfall der Umgebungstemperatur um  $1,0^{\circ}\text{C}$ . Während es bei einer Umgebungstemperatur von  $-3,0^{\circ}\text{C}$  bis  $13,0^{\circ}\text{C}$  zu einer durchschnittlichen Senkung der Ohrentemperatur von  $0,3^{\circ}\text{C}$  (bei Abfall der Umgebungstemperatur um  $1,0^{\circ}\text{C}$ ) kommt.

Im Vergleich zum Torso zeigen die Ergebnisse der Ohren einen größeren Temperaturabfall. Hier kann gezeigt werden, dass die Extremitäten weniger gut durchblutet werden, damit der Wärmeverlust verringert werden kann.

#### **4.2.3. Vergleich der unteren kritischen Temperatur von Afrikanischen Elefanten mit anderen Säugetieren**

Mittlerweile gibt es eine große Anzahl von Studien und Forschungen zur Thermoregulation, Körpertemperatur und Thermoneutralzone verschiedenster Tierarten. Eine kleine Auswahl kann von Tabelle 4.1. entnommen werden.

**Tab. 4.1.** Durchschnittliche Körpermasse (KM), Körpertemperatur ( $T_b$ ), untere kritische Temperatur ( $T_{lc}$ ), obere kritische Temperatur ( $T_{uc}$ ) von unterschiedlichen Säugetierarten. o.A. -> ohne Angabe.

Art	BM (kg)	$T_b$ (°C)	$T_{lc}$ (°C)	$T_{uc}$ (°C)	Literatur
<i>Bison bison</i>	800	38,0	-40,8		Riek & Geiser, 2013
<i>Ceratotherium simum</i>	2200	37,5	o.A.	o.A.	Allbrook et al. 1958
<i>Diceros bicornis</i>	880	37,6	o.A.	o.A.	Bligh & Harthoorn, 1965
<i>Giraffa camelopardalis</i>	1190	38,5	o.A.	o.A.	Mitchell & Skinner, 2004
<i>Hippopotamus amphibius</i>	1550	36,2	o.A.	o.A.	Piccione et al. 2005
<i>Loxodonta africana</i>	6000	36,2	9,0	o.A.	Kinahan et al. 2007; Weissenböck et al. (2010)
<i>Lycaon pictus</i>	30	37,5	9,2	o.A.	Riek & Geiser, 2013
<i>Sus scrofa</i>	48	38,0	4,0	22,0	Riek & Geiser, 2013
<i>Sus scrofa domestica</i>	100	38,8	12,0	25,0	Wathes et al. 1983
<i>Tragelaphus oryx</i>	700	38,2	o.A.	o.A.	Fuller et al. 1999

In einer kürzlich erschienenen Studie von Riek und Geiser (2013) wurden von insgesamt 204 Säugetierarten Daten zur Körpermasse, sowie der oberen und unteren kritischen Temperatur der TNZ gesammelt. Angaben zur kritischen Temperatur der TNZ bei größeren afrikanischen Säugetieren wie Afrikanische Elefanten, Flusspferde, Giraffen, Elenantilope und Nashörner beinhaltet die Studie nicht, da es zu diesen Tieren noch keinerlei Forschungen zu dieser speziellen Thematik gibt. Das einzige große Säugetier, dass in dieser Studie erwähnt wird, ist das Amerikanische Bison. Dieses ist für einen Vergleich mit Afrikanischen Elefanten ungeeignet, da das Amerikanische Bison durch sein dichtes Fell eine gute Körperisolation hat und deshalb eine viel niedrigere untere kritische Temperatur der TNZ hat (siehe Tab.4.1).

Gut geeignet für einen Vergleich sind die Hausschweine (*Sus scrofa domestica*), da sie einige thermoregulatorische Eigenschaften mit den Afrikanischen Elefanten gemeinsam haben. Die Haut ist bei beiden relativ dick, nur spärlich mit Haaren besetzt, sie besitzen keine Schweißdrüsen und ihre Möglichkeit der Wärmeabgabe durch Evaporation über die Haut ist beschränkt (Huynh et al. 2005). Weiters nehmen Schweine zu thermoregulatorischen Zwecken Schlamm-bäder oder suchen schattige Plätze auf, wie es auch bei Afrikanischen Elefanten der Fall ist. Die untere kritische Temperatur bei Hausschweinen liegt bei 12°C, ist also um 3°C höher als bei Afrikanischen Elefanten. Dies liegt wohl daran, dass Schweine ein größeres Oberflächen/Volumen-Verhältnis besitzen und der Wärmeverlust dadurch größer ist.

Aus der Tabelle geht hervor, dass bei Flusspferden, Afrikanische Elefanten und Nashörner kein merklicher Unterschied bei der Körpertemperatur besteht. Dies konnte schon von Benedict et al. (1921) nachgewiesen werden.

Viele große herbivore afrikanische Säugetiere teilen sich dasselbe Verbreitungsgebiet wie die Afrikanischen Elefanten (Skinner & Chimimba, 2005). Diese Tiere haben durch ihr enormes Körpervolumen relativ zur Oberfläche dieselben Anforderungen an die Thermoregulation wie Elefanten. Gerade Flusspferde und Nashörner die ähnliche Hautcharakteristika aufweisen, könnten gut mit Afrikanischen Elefanten verglichen werden. Im Hinblick auf die Thermoregulation und der Thermoneutralzone bei Afrikanischen Elefanten wäre es hilfreich, auch andere große herbivore afrikanische Säugetiere genauer zu untersuchen.

Mithilfe der verwendeten Methode der Thermografie können solche Studien einfacher durchgeführt werden, da ein direkter Kontakt zu den Tieren nicht erforderlich ist bzw. bei großen herbivoren afrikanischen Säugetieren auch nur begrenzt möglich ist.

Weitere Studien zur Thermoneutralzone bei Afrikanischen Elefanten, aber auch bei anderen Tierarten wären wünschenswert, denn umso mehr man über die Temperaturgrenzen der Tiere weiß, desto einfacher und besser kann man sich auf das Leben der Tiere einstellen. Dies ist ein besonders wichtiger Umstand bei Tieren die in menschlicher Obhut leben und auf die Menschen angewiesen sind. Das Wissen über die Grenzen der Thermoneutralzone kann somit ganz neue Aspekte für eine tiergerechte und artgerechte Haltung liefern.

## 5. DEUTSCHE ZUSAMMENFASSUNG

Die Thermoregulation von Elefanten ist ein weit umfassendes Gebiet, das viele Anpassungen und Anforderungen an das thermoregulatorische System der Elefanten stellt.

Vor allem Afrikanische Elefanten (*Loxodonta africana*) leben in den unterschiedlichsten Klimaten und haben eine sehr große geografische Verbreitung. Sie müssen Temperaturen von 50°C bis Temperaturen unter den Gefrierpunkt tolerieren.

Frühere Studien haben gezeigt, dass die Ohren eine wichtige Rolle bei der Thermoregulation zur Wärmeabgabe haben, sie fungieren als thermische Fenster. Ein weiterer Mechanismus der von den Elefanten zur Wärmeregulation genutzt wird, ist die so genannte adaptive Heterothermie. Hierbei können hohe Tagestemperaturen ertragen werden, indem die überschüssige Wärme nicht abgegeben wird, sondern gespeichert wird. In den kühleren Nachtstunden wird die Körpertemperatur wieder deutlich gesenkt.

Elefanten sind aber nicht nur der Hitze ausgesetzt, sondern auch kalten Temperaturen, sowohl in freier Natur als auch in menschlicher Obhut. Gerade bei Zirkuselefanten sind Teilerfrierungen der empfindlichen Ohren keine Seltenheit.

Während es schon einige Studien speziell zur Thermoregulation in kalter Umgebung gibt, ist die Thermoneutralzone der Afrikanischen Elefanten noch relativ unerforscht. Hier unterscheidet man zwischen zwei Regulationen, die physikalische und chemische. Wenn es innerhalb der Thermoneutralzone zu einer Abkühlung der Körpertemperatur kommt, zeigen die Tiere zunehmend periphere Vasokonstriktion. Das heißt, dass die Hauttemperatur in der TNZ mit der Umgebungstemperatur sinken sollte. Irgendwann ist die Vasokonstriktion aber maximal, dann ist die untere kritische Temperatur der TNZ erreicht. Ab dann bleibt die Hauttemperatur nahezu konstant (oder sinkt nur noch geringfügig), da der Körperkern weiter Wärme produziert, die irgendwann auch die Haut erreicht.

Die Intention dieser Studie war es, mit Hilfe einer Infrarotkamera, zu erforschen, wo sich die untere kritische Temperatur der Thermoneutralzone vom Torso befindet und im Vergleich dazu wurde die Temperatur der Ohren gemessen.

Die thermografischen Untersuchungen wurden von Jänner 2011 bis März 2011 mit zwei Elefantengruppen durchgeführt. Die erste Elefantengruppe lebt im Tiergarten Schönbrunn (TGS) in Wien und die zweite Gruppe im Zoo Wuppertal, Deutschland. Im TGS wurden drei adulte und drei juvenile Afrikanische Elefanten (*Loxodonta africana*) untersucht. Weitere sieben Afrikanische Elefanten wurden im Zoo Wuppertal (ZW) thermografiert. Im ZW leben vier adulte Tiere, davon drei weibliche Elefanten und ein Elefantenbulle, und drei juvenile Tiere. Die Elefanten wurden sowohl im Innengehege als auch im Außengehege mit einer Infrarotkamera thermografische erfasst und anschließend wurden Thermoprofile der einzelnen Indi-

viduen erstellt. Zur Bestimmung der unteren kritischen Temperatur (T<sub>lc</sub>) der Thermoneutralzone bei der der „Knick“ stattfindet, wird der Davies Test verwendet. Der Davies Test gibt uns einen Schätzwert für die untere kritische Temperatur (T<sub>lc</sub>). Bei den Ohren besteht die Vermutung, dass der Steigungsparameter bei kühlerer Umgebungstemperatur flacher als bei höherer Umgebungstemperatur ausfällt. Als Schätzer für die kritische Umgebungstemperatur liefert der Davies-Test den Wert von 8,8°C. Bei Temperaturen zwischen 9,0°C bis 19,5°C sinkt die Torsotemperatur um durchschnittlich 0,6°C bei Abfall der Umgebungstemperatur um 1,0°C. Während bei einer Umgebungstemperatur von -3,0°C bis 8,5°C die Torsotemperatur lediglich um 0,1°C (bei Abfall der Umgebungstemperatur um 1,0°C) sinkt. Hier wird deutlich, dass der Torso einen wärmenden Kern besitzt und die Temperatur nur noch in geringem Maße fällt.

Bei den Ohren sollte es keine kritische untere Temperatur geben, da die Ohren Extremitäten sind und deshalb keinen wärmenden Kern besitzen. Der Davies-Test lieferte einen Schätzer für die untere kritische Temperatur, der bei 13,3°C liegt. Dies hängt damit zusammen, dass für die Auswertung sowohl die Daten im Außenbereich als auch im Innenbereich mit in die Statistik aufgenommen worden sind. Die Ohrentemperaturen im Innenbereich sind deutlich höher, als die im Außenbereich.

Bei einer Umgebungstemperatur von 13,5°C bis 19,5°C sinkt die Ohrentemperatur durchschnittlich um 1,4°C bei Abfall der Umgebungstemperatur um 1,0°C. Während es bei einer Umgebungstemperatur von -3,0°C bis 13,0°C zu einer durchschnittlichen Senkung der Ohrentemperatur von 0,3°C (bei Abfall der Umgebungstemperatur um 1,0°C) kommt.

Im Vergleich zum Torso zeigen die Ergebnisse der Ohren einen größeren Temperaturabfall. Hier wird deutlich, dass die Extremitäten weniger gut durchblutet werden, damit der Wärmeverlust verringert werden kann.

In der Studie konnte somit gezeigt werden, dass die untere kritische Temperatur der Elefanten bei durchschnittlich 9,0°C liegt und sich dann bei der Temperatur des Torsos nur noch wenig ändert.

Die Thermoneutralzone der Afrikanischen Elefanten ist ein weitgehend unerforschtes Gebiet. Das Wissen über die Grenzen der Thermoneutralzone kann somit ganz neue Aspekte für eine tiergerechte und artgerechte Haltung liefern.

## 6. LITERATUR

Allbrook, D., Harthoorn, A., Luck, C. und Wright, P., 1958. Temperature regulation in the white rhinoceros. *Journal of Physiology* **143**, 51-52.

Benedict, F.G., 1936. *Physiology of the Elephant*, 302. Carnegie Institution of Washington.

Benedict, F.G., Fox, E.L. und Baker, M.L., 1921. The surface temperature of the elephant, rhinoceros and hippopotamus. *American Journal of Physiology* **56**, 464-474.

Blanc, J.J., Barnes, R.F.W., Craig, G.C., Dublin, H.T., Thouless, C.R., Douglas Hamilton, I., 2007. African elephant status report 2007: an update from the African elephant database. IUCN, Gland, Switzerland.

Bligh, J. und Harthoorn, A., 1965. Continuous radiotelemetric records of the deep body temperature of some unrestrained African mammals under near natural conditions. *Journal of Physiology* **176**, 145-162.

Boulant, J., 1991. Thermoregulation. In: *Fever Basic Mechanismus and Management*, ed Mackowiak P, 1-22. Raven Press, New York.

Busch, B., Schlenker, G., 2010. Die Vermeidung von Hitzeschäden bei landwirtschaftlichen Nutztieren (Geflügel, Schweine, Rinder).

Cena, K. und Clark, J., 1973. Thermographic measurements of the surface temperatures of animals. *Journal of Mammology* **54**, 1003-1007.

Cilulko, J., Janiszewski, P., Bogdaszewski, M. und Szczygielska, E., 2013. Infrared thermal imaging in studies of wild animals. *European Journal of Wildlife Research* **59**, 17-23.

Eckert, R., Randall, D., Burggren, W. und Kathleen, F., 2002. *Tierphysiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Endo, H., Kobayashi, H., Koyabu, D., Hayashida, A. und Jogahara, T., 2009. The morphological basis of the armor-like folded skin of the greater Indian rhinoceros as a thermoregulator. *Mammal Study* **34**, 195-200.

Fuller, A., Moss, D., Skinner, J., Jessen, P., Mitchell, G. und Mitchell, D., 1999. *Brain*,

- abdominal and arterial blood temperatures of free-ranging eland in their natural habitat. *Pflügers Archives- European Journal of Applied Physiology* **438**, 671-680.
- Heldmaier, G., Neuweiler, G., 2004. *Vergleichende Tierphysiologie Band 2 Vegetative Physiologie*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Hiley, P., 1975. How the elephant keeps it cool. *Natural History* **84**, 34-40.
- Hörnigke, H., 1987. Thermophysiologie. In: A. Scheunert u. A. Trautmann (Hrsg.): *Lehrbuch der Veterinärphysiologie*. Parey Verlag, 7. Auflage: 142- 159.
- Huynh, T.T.T. et al. 2005. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *Journal of Animal Science* **83**, 1385-1396.
- Ingram, D.L., 1974. Heat loss and its control in pigs. In: Monro, J.L. und Mount, L.D.: *Heat loss from animals and man*. London: Butterworth.
- Ingram, D.L. und Mount, L.E., 1975. *Man and animals in hot environments*. Springer Verlag.
- Jessen, C., 2001. *Temperature regulation in humans and other Mammals*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Karstädt D, Möllmann K-P, Pinno F und Vollmer M., 1998. Sehen im Infrarot: Grundlagen und Anwendungen der Thermographie. *Physik in unserer Zeit* **29**, 6-15.
- Kastberger, G. und Stachl, R., 2003. Infrared imaging technology and biological applications. *Behaviour Research Methods, Instruments, & Computers*.
- Kinahan, A.A., Inge-moller, R., Bateman, P.W., Kotze, A. und Scantlebury, M., 2007. Body temperature daily rhythm adaptations in African savanna elephants (*Loxodonta africana*). *Physiology & Behavior* **92**, 560-565.
- Kingma, B., Frijns, A. und Van Marken Lichtenbelt, W., 2012. The thermoneutral zone: implications for metabolic studies. *Bioscience* **E4**, 1975-1985.
- Kolb, E., 1989. *Lehrbuch der Physiologie der Haustiere, Teil II*. Fischer Verlag, Stuttgart, 640- 654.

- Mauck, B., Bilgmann, K., Jones, D.D., Eysel, U. und Dehnhardt, G., 2003. Thermal windows on the trunk of hauled-out seals: hot spots for thermoregulatory evaporation? *The Journal of Experimental Biology* **206**, 1727-1738.
- McCafferty, D.J., Gilbert, C., Paterson, W., Pomeroy, P.P., Thompson, D., Currie, J.I. und Ancel, A., 2010. Estimating metabolic heat loss in birds and mammals by combining infrared thermography with biophysical modelling, *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* **158**, 337–345.
- Mitchell, G. und Skinner, J., 2004. Giraffe thermoregulation: a review. *Transactions of the Royal Society of South Africa* **59**, 109-118.
- Morgan, K. 1998. Thermoneutral zone and critical temperatures of horses. *Journal of Thermal Biology* **23**, 59–61.
- Mount, L.E., 1964. Radiant and convective heat loss from the new-born pig. *Journal of Physiology* **173**, 96-113.
- Pflumm, W., 1996. *Biologie der Säugetiere*. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin und Wien.
- Phillips, P.K. und Heath, J.E., 1992. Heat exchange by the pinna of the African elephant (*Loxodonta africana*). *Comparative Biochemistry and Physiology* **101**(4), 693-699.
- Piccione, G., Caola, G. und Mortola, J., 2005. Scaling the daily oscillation of breathing frequency and skin temperature in mammals. *Comparative Biochemistry and Physiology A* **140**, 477-486.
- Riek, A. und Geiser, F., 2013. Allometry of thermal variables in mammals: consequences of body size and phylogeny. *Biological Reviews of Cambridge Philosophical Society* **88**, 564-572.
- Schmidt-Burbach, J., 2009. Thermografische Ermittlung physiologischer Wärmeprofile und pedografische Untersuchungen an den Extremitäten sowie Haltungsanalysen beim Asiatischen Elefanten (*Elephas maximus*) in menschlicher Obhut. Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig.

Schmidt-Nielsen, K. 1997. Animal physiology: Adaptation and environment. Fifth edition. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town.

a: Scholander, P.F., Hock, R., Walters, V., Johnson, F. und Irving, L., 1950,. Heat regulation in some arctic and tropical mammals and birds. Biological Bulletin **99**(2), 237-258.

b: Scholander, P.F., Hock, R., Walters, V. und Irving, L., 1950. Adaptation to cold in arctic and tropical mammals and birds in relation to body temperature, insulation and basal metabolic rate. Biological Bulletin **99**(2), 259-271.

Schwammer, H. und Pechlaner, H., 1997. Der neue Elefantenpark in Wien: Ein Projekt für moderne Haltung und Zucht Afrikanischer Elefanten. Der Zoologische Garten. 375-385.

Sikes, S.K., 1971. The Natural History of the African Elephant. Elsevier, New York.

Smith, Y. und Kok, O.B., 2006. A suggested thermoneutral zone for African Lions (*Panthera leo* Linnaeus, 1758) in the southwestern Kalahari, Namibia. Pakistan Journal of Biological Sciences **9**(13), 2535-2537.

Spinage, C.A., 1994. Elephants. T & AD Poyser Ltd, London.

Tattersall, G.J. und Cadena, V., 2010. Insights into animal temperature adaptations revealed through thermal imaging. The Imaging Science Journal **58**, 261-268.

Weissenböck, N., 2006. Die Thermoregulation Afrikanischer Elefanten (*Loxodonta africana*) in Tiergartenhaltung. Diplomarbeit, Universität Wien.

Weissenböck, N., 2010. Thermoregulation of African (*Loxodonta africana*) and Asian (*Elphas maximus*) Elephants: Heterothermy as an Adaptation of Living in Hot Climates. Dissertation, Universität Wien.

Weissenböck, N., Weiss, C.M, Schwammer, H.M. und Kratochvil, H., 2010. Thermal windows on the body surface of African elephants. Journal of Thermal Biology **35**, 182-188.

Weissenböck, N., Arnold, W. und Ruf, T., 2012. Taking the heat: thermoregulation in Asian

elephants under different climatic conditions. *Journal of Comparative Physiology* **182**(2), 311-319.

Wright, P.G., 1984. Why do elephants flap their ears? *South African Journal of Zoology* **19**, 266–269.

Wright, P.G. und Luck, C.P., 1984. Do elephants need to sweat? *South African Journal of Zoology* **19**, 270-274.

**Internetseiten:**

- IUCN; <http://www.iucnredlist.org/details/12392/0>, letzter Zugriff: 24.07.2013
- Zoo Schönbrunn, Wien; <http://www.zoovienna.at/forschung-und-lehre/thermophysiologischeForschung/>, letzter Zugriff: 22.07.2013

# Lebenslauf



## ■ Persönliche Daten

---

Name: Christina Pöder  
Nationalität: Österreich

## ■ Schulbildung

---

1992 – 1996 Volksschule Sulz/Vorarlberg  
1996 – 2000 Hauptschule Sulz/Vorarlberg  
2000 - 2005 Höhere Bundeslehranstalt für wirtschaftliche Berufe Rankweil/Vorarlberg

## ■ Studium

---

Seit 2006 Biologiestudium mit dem Schwerpunkt Zoologie/Verhaltensbiologie an der Universität  
  
Seit Januar 2011 Diplomarbeit: „Die untere kritische Temperatur der Thermoneutralzone bei Afrikanischen Elefanten (*Loxodonta africana*) unter der Leitung von A.Univ.Prof. Dr.rer.nat. Thomas Ruf

## ■ Beruf

---

April 2008 – Dez. 2010 Geringfügige Beschäftigung im Tiergarten Schönbrunn bei den Kommentierten Fütterungen  
  
Jan. 2011 – Okt.r 2011 Teilzeitbeschäftigung im Tiergarten Schönbrunn in der Zooschule; Betreuung von Tierschutzkampagnen  
  
Mai 2011 – Okt. 2011 Geringfügige Beschäftigung als Tierpflegerin bei der Arbeitsgemeinschaft Papageienschutz.  
  
Nov. 2011 – Jan. 2012 Befristete Tierpflegerstelle im Großkatzenrevier  
Zu betreuende Tiere: Sibirischer Tiger, Löwe, Gepard, Jaguar, Europäischer Luchs, Arktischer Wolf, Flusspferde, Japanischer Serau, Mandchurenkraniche, Goldfrösche, Welterstauzucht bei den Winkerfröschen, Habichtskäuze, Bartgeier, Schlangennadler, Schmutzgeier

Feb.2012 - Juni 2012	Teilzeitanstellung als Tierpflegerin bei der ARGE Papageienschutz
Juli 2012 – Mai 2013	Übernahme der Heimleitung im Papageienheim der ARGE Papageienschutz. Vollzeitstellung. Tätigkeiten: Tierpflege und medizinische Betreuung von 160 Papageien, Telefonberatung, Vergabe der Vögel, Hausbesuche, Lagerverwaltung, Enrichment, Volierengestaltung, Einschulung und Betreuung von 6 Mitarbeitern, administrative Tätigkeiten usw.
Seit Mai 2013	Tierpflegerin beim Wiener Tierschutzverein

### ■ Praktika

---

Mai 2003	3-monatiges Praktikum im Gasthof Mohren in Rankweil im Service sowie in der Küche
2004/2005	Als Feriakraft im Restaurant Rauch in Feldkirch tätig
Juli 2006 und 2007	Praktikum im Landeskrankenhaus Rankweil
März/April 2011	Mitarbeit beim Waldrapp-Team

### ■ Weiterbildungen

---

“Practical Animal Training Workshop” mit Barbara Heidenreich, Sabrina Brando und Martina Schiestl, Vienna  
 Erste Hilfe Kurs bei Hund und Katze beim Wiener Tierschutzverein  
 Tiertrainingsworkshop „Umgang und Verhalten mit aggressiven Papageien“  
 Katzenseminar: Seelenfreunde und therapeutische Helfer – VetMed Wien

### ■ Sonstige Qualifikationen

---

Auslandsaufenthalt:	6-wöchige soziale Arbeit beim Projekt Leka Gape in Südafrika mit anschließendem 4-monatigem Reise- und Kulturaufenthalt im Südlichen Afrika
Sprachen:	Englisch (9 Jahre in der Schule) Französisch (5 Jahre in der Schule) Spanisch (3 Jahre in der Schule) 6 Monate Englisch im Ausland
Computer:	EDV-Kenntnisse (Windows, Microsoft Excel, Microsoft Word, Powerpoint) SPSS, R
Führerschein B seit 26.06.2004	

Wien, 2013