

Diplomarbeit

Chronoethologische Studie an den Koalas im Tiergarten Schönbrunn



zur Erlangung des akademischen Grades
Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Verfasserin: Elisabeth Maria Lernbaß

Studienrichtung: Biologie

Betreuer/in: Dr. Annette Krop-Benesch, Univ.-Prof. Dr. Karl Crailsheim

Für Mama

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

1.1 Der Koala.....	6
1.1.1 Systematik.....	6
1.1.2 Körperliche Merkmale.....	6
1.1.3 Verbreitung und Status.....	8
1.1.4 Bedrohungen.....	10
1.1.5 Ernährung und Verdauungssystem.....	11
1.1.6 ebenso und Kommunikation.....	13
1.1.7 Fortpflanzung.....	14
1.2 Die Chronobiologie.....	17
1.2.1 Was versteht man unter Chronobiologie.....	17
1.2.2 Anwendung der Chronobiologie in der Zootierforschung.....	19
1.2.3 Koalas in Zoohaltung.....	20
1.2.4 Chronobiologie der Koalas.....	20

2. Material und Methode

2.1 Tiere und Haltung.....	22
2.1.1 Tiere.....	22
2.1.2 Haltung.....	22
2.2 Pflegemaßnahmen.....	23
2.3 Datenaufnahme.....	24
2.4 Datenanalyse.....	26
2.4.1 Allgemein.....	26
2.4.2 Chronoethogramme.....	27
2.4.3 Aktivitätsprofile.....	27
2.4.4 Leistungskopplungsgrade und Cosinor.....	27
2.4.5 Zeitbudgets und Tag-Nacht-Verhältnis.....	29
2.4.6 PSTH-Kurven.....	29
2.4.7 Statistik.....	30

3. Ergebnisse

3.1 Chronoethogramme und Aktivitätsprofile.....	31
3.1.1 Gesamtaktivität.....	31
3.1.2 Ausgewählte Verhaltensweisen.....	33
3.2 Zeitbudgets und Tag-Nacht-Verhältnis.....	38
3.2.1 Zeitbudgets.....	38
3.2.2 Tag-Nacht-Verhältnis.....	40
3.3 Leistungskopplungsgrade und Cosinor.....	42
3.3.1 Leistungskopplungsgrade.....	42
3.3.2 Cosinor.....	46
3.4 Prä-/Post-Stimulus-Diagramme.....	50
3.5 Aufenthaltsorte.....	54
3.6 Gewichte im Jahresverlauf.....	55

4. Diskussion

4.1 Diskussion der Methode.....	56
4.2 Diskussion der Ergebnisse.....	57
4.2.1 Hat das Weibchen einen monatlichen Rhythmus bzw. monatliche Aktivitätssteigerungen, die auf einen Östrus schließen lassen?.....	57
4.2.2 Sind Veränderungen in der Aktivität der beiden Koalas synchronisiert?.....	57
4.2.3 Hat die Umstellung der Wiegezeit von 10:15 auf 16:00 einen Einfluss auf das Aktivitätsmuster der Tiere?.....	59
4.2.4 Verändert sich das Aktivitätsmuster der Koalas im Lauf der Jahre?	60
4.2.5 In welchem Ausmaß werden die in die Gehege neu eingebrachten lebenden Bäume genutzt?.....	62
4.2.6 Ändert sich das Gewicht der Tiere im Jahresverlauf?.....	63
4.2.7 Schlussfolgerung.....	63

5. Anhang.....	65
----------------	----

6. Liste der Abbildungen.....	68
-------------------------------	----

7. Liste der Tabellen.....	69
----------------------------	----

8. Literaturverzeichnis.....	70
------------------------------	----

9. Danksagung.....	74
--------------------	----

1. Einleitung

1.1 Der Koala

1.1.1 Systematik

Aufgrund ihres äußeren Erscheinungsbildes werden die Koalas oft auch „Koalabären“ genannt. Sie gehören jedoch wie die Kängurus zu den Beuteltieren (*Marsupialia*). Die Beuteltiere sind wie die Kloakentiere (*Monotremata*) und die Plazentatiere (*Placentalia*) eine Gruppe der Säugetiere. Sie unterscheiden sich von den beiden anderen Gruppen dadurch, dass ein unterentwickeltes Jungtier zur Welt gebracht wird, das dann eigenständig den Weg in den Beutel findet, wo die Entwicklung vollendet wird.

Die Beuteltiere werden in fleischfressende und pflanzenfressende Vertreter eingeteilt. Zu ersteren, auch *Polyprotodonta* genannt, gehört zum Beispiel die südamerikanische Beutelratte (Opossum). Letztere (auch *Diprotodonta*) umfassen die Kängurus, Wombats und Koalas. Die Wombats sind die nächsten lebenden Verwandten der Koalas und werden daher mit diesen zur Überfamilie der *Vombatoidea* zusammengefasst. Die Koalas gehören der Familie der *Phascolarctidae* an, deren einzige lebende Vertreter sie heute darstellen (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 2002). Der wissenschaftliche Name des Koalas ist *Phascolarctos cinereus*. Der Gattungsname *Phascolarctos* stammt aus dem Griechischen und bedeutet „Beutelbär“ (Henri de Blainville, 1816), der Artname *cinereus* „aschgrau“ (Goldfuss, 1817).

Da der Koala in verschiedenen geographischen Regionen des australischen Kontinents vorkommt, wurden drei Koala-Unterarten beschrieben, die sich in ihrer Körpergröße und in ihrer Fellfarbe, -länge und -dicke voneinander unterscheiden. *P. cinereus adjutus* (Oldfield, 1923) ist im Norden Australiens verbreitet. Er ist kleiner als die Tiere im Süden und verfügt aufgrund des dort herrschenden wärmeren Klimas über ein kurzes, silbergraues Fell. *P. cinereus victor* (Troughton, 1935) lebt im Süden Australiens, ist doppelt so groß als seine Artgenossen im Norden und besitzt ein langes, dichtes und eher zimtfarbenes Fell. Die dritte Unterart, *P. cinereus cinereus* (Goldfuss, 1817), wurde als erste entdeckt und ist in New South Wales beheimatet (Martin & Handasyde, 1999).

1.1.2 Körperliche Merkmale

Koalas sind mittelgroße Säugetiere und werden ca. 60 bis 80 cm groß. Das Gewicht variiert je nach Lebensraum. Männchen wiegen 4 bis 11, Weibchen 4 bis 15 Kilogramm – je nachdem, wo sie vorkommen (Martin & Handasyde, 1999). Aufgrund ihres stämmigen Körpers, ihrer runden Ohren, ihrer flachen Nase und des Fehlens eines Schwanzes erinnern sie an lebende Teddybären. Die Kopf-Körper-Proportion entspricht dem so genannten „Kindchenschema“, das an Kleinkinder im Alter von 12 bis 18 Monaten erinnert und beim Menschen einen Beschützerinstinkt hervorruft (Martin & Handasyde, 1999).

Die Tiere sind hervorragend an ein Leben in den Bäumen angepasst. Sie verfügen über einen äußerst ausgeprägten Gleichgewichtssinn und den muskulösen Körper, die langen scharfen Krallen und die rauen Polster an den Innenflächen der Hände und Füße gewährleisten einen sicheren Halt beim Klettern.

Außerdem besitzen Koalas zwei opponierbare Daumen an ihren Vorderextremitäten. Die zweite und dritte Extremität der Hinterbeine sind miteinander verwachsen und werden hauptsächlich als Putzkralle verwendet. Die Zehen sind kurz und verdickt und befinden sich im rechten Winkel zu den übrigen Extremitäten. Außerdem sind an ihnen keine Krallen ausgebildet (Abb. 1). Als Anpassung an ihre folivore Ernährungsweise besitzen Koalas zwei scharfe Schneidezähne im Ober- und Unterkiefer und ein Diastema, eine Zahnücke, zwischen diesen und den Backenzähnen zur Verschiebung des Nahrungsbreis (Abb. 2) (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 2002).

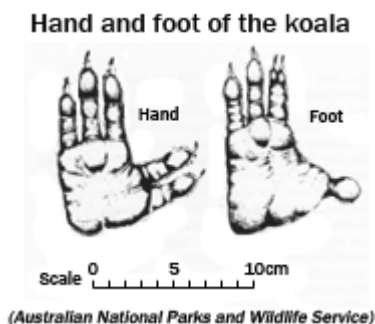


Abb. 1: Vorder- und Hinterextremität des Koalas



Abb. 2: Säugetierschädel mit Diastema (Pfeil)
(© Mammalogy BSCI 334/5)

Die nach vorne gerichteten Augen weisen ein so genanntes Tapetum lucidum auf, das groÙteils nachtaktiven Tieren dabei hilft, die geringen Lichtintensitäten maximal auszunutzen, indem es das Licht reflektiert, das dadurch wiederholt auf die Netzhaut (Retina) fällt.

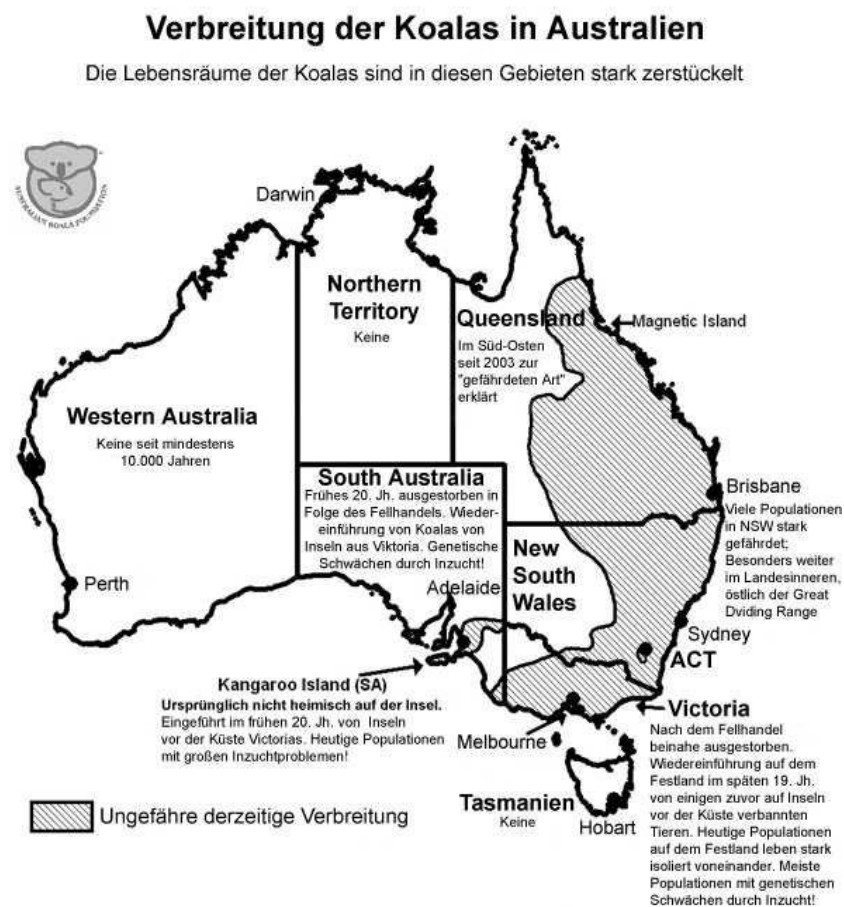
Das Fell der Tiere ist dick und stellt einen perfekten Wetterschutz dar. Es handelt sich dabei um eines der best isolierenden Säugetierfelle auÙerhalb der Polarregionen (Cronin, 1987). Bei Kälte bilden die Tiere zusätzlich einen Ball, um die Wärme zu konservieren, während sie an heißen Tagen alle Gliedmassen von sich strecken. Das Fell ist an ihrem Hinterteil besonders dicht ausgebildet und stellt eine Art Sitzpolster dar, der mit Hilfe seines gefleckten Musters den Tieren als Tarnung vor Bodenfeinden dient. Koalas verfügen über weiÙe Flecken an Brust, Hals, den Ohren sowie den Innenseiten ihrer Arme und Beine. Die Männchen sind gut an ihrem braunen Brustfleck zu erkennen, der durch das Sekret ihrer Brustdrüse zustande kommt (Abb. 3). Damit legen sie Duftspuren, um beispielsweise ihr Revier zu markieren (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 2002). Die Weibchen besitzen im Gegensatz dazu einen Beutel, der durch einen Schließmuskel nach hinten geöffnet werden kann, sodass das Junge nicht heraus fällt, während die Mutter klettert oder springt (Strahan, 1995).



Abb. 3: Koalamännchen mit braunem Brustfleck

1.1.3 Verbreitung und Status

Koalas waren einst in Australien weit verbreitet. Heute beschränkt sich ihr Verbreitungsgebiet auf kleine, voneinander isolierte Eukalyptusbestände an der Ostküste Australiens (Abb. 4).



Ungefähre Verbreitung der Koalas in Australien. Erstellt durch die AKF, basierend auf aktuellen Aufzeichnungen und historischen Daten im Jahre 2004. Map © 2004 The Australian Koala Foundation (AKF)

Abb. 4 (siehe vorherige Seite): Heutiges Verbreitungsgebiet der Koalas: Die Habitate beschränken sich auf die Küstengebiete der östlichen Bundesstaaten Queensland, New South Wales und Victoria sowie auf einige Gebiete in Südaustralien, wo die Tiere wieder eingebürgert wurden (© Australian Koala Foundation).

Diese stellen 20 Prozent des Bestandes an Eukalyptuswäldern dar, die ursprünglich auf dem australischen Kontinent zu finden waren. Die Ursachen für den starken Rückgang der Eukalyptuswälder sind Rodungen zum Bau von Siedlungen und Straßen, unkontrollierte Buschbrände und Waldsterben, verursacht durch Autoabgase und Umweltverschmutzung (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 2002). Insbesondere in Queensland werden jährlich mehr als 500.000 Hektar Wald für landwirtschaftliche Projekte gerodet (Martin & Handasyde, 1999).

Die Zerstückelung der einst geschlossenen Wälder führt zu dem Problem, dass die einzelnen Populationen nicht miteinander interagieren können. Das resultiert in der Verarmung ihres Genpools und außerdem sind dadurch die einzelnen Familienverbände um ein Vielfaches empfindlicher gegenüber äußeren Einflüssen. Zudem sind die Tiere gezwungen, längere Strecken am Boden zurückzulegen, um an neue Bäume oder Paarungspartner heranzukommen, wobei sie häufig Autos oder Hunden zum Opfer fallen.

Koalas bevorzugen offene Waldbestände in Wassernähe, aber sie meiden feuchte Wälder und Gebiete, die höher als 600 Meter liegen (Lee & Martin, 1988). Das gesamte Verbreitungsgebiet umfasst etwa 1 Million Quadratkilometer (Martin & Handasyde, 1999). Dabei ist zu beachten, dass die Populationsdichte sehr stark variiert. Während im Norden die Gebiete eher dünn besiedelt sind, herrscht im Süden in gewissen Habitaten sogar eine Überpopulation. Die Zahl der Tiere in einem bestimmten Gebiet wird vor allem von den dort vorkommenden Baumarten und deren Dichte bestimmt. Zusätzlich sind Faktoren wie Bodenbeschaffenheit, Klima etc. für die Populationsdichte ausschlaggebend (Sharp, 1995).

Diese Heterogenität der Populationsdichte stellt ein Problem bei der Festlegung einheitlicher Schutzmaßnahmen und bei der Einstufung des Gefährdungsgrades der Koalas dar. Derzeit hat jeder Bundesstaat noch eigene Gesetze (Tab. 1).

Staat	Status	Gesetz
Queensland	häufig	Nature Conservation Act (1992) N. C. Regulations (1994)
New South Wales	selten und gefährdet	Threatened Species Conservation Act (1995)
Victoria	keine offizielle Listung	Wildlife Act (1975)
South Australia	selten	National Parks and Wildlife Act (1972)

Tab. 1: Status des Koalas in den einzelnen australischen Bundesstaaten (Martin & Handasyde, 1999).

Dass die Koalas in Victoria nicht auf der Liste der bedrohten Tierarten geführt werden, hat vor allem mit den dort herrschenden „Überbevölkerungs-Problemen“ (z. B. auf Kangaroo Island) zu tun, die zu Waldsterben durch zu starkes Abfressen der Futterbäume führen. Aus diesem Grund wird der Koala auch international von der IUCN (International Union for Conservation of Nature) nur als „potentiell gefährdet“ eingestuft (Australian Koala Foundation (AKF), 2009). Bis heute wird über eine angemessene Handhabung und über die Einführung in ganz Australien geltender Schutzmaßnahmen diskutiert. Laut Schätzung der AKF leben heute noch weniger als 100.000 Tiere in freier Wildbahn. Dabei ist zu bedenken, dass Schätzungen aufgrund der unterschiedlichen Populationsdichten und der eher kryptischen Lebensweise der Koalas mit Vorsicht zu genießen sind. Alle wissenschaftlichen Schätzungen sprechen von deutlich höheren Zahlen. Die AKF arbeitet daran, wissenschaftliche Belege über die tatsächliche Zahl zu liefern und sie betrachtet die Haltung von Koalas in Tiergärten als eine Möglichkeit, den Menschen die Probleme frei lebender Koalas näher zu bringen (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 2002).

1.1.4 Bedrohungen

Der Koala hat – den Menschen ausgenommen – wenige natürliche Feinde. Eulen und möglicherweise Adler stellen hauptsächlich für junge Tiere eine Gefahr dar; Dingos und Hunde, wenn die Koalas zwischen ihren Futterbäumen wechseln (Martin & Handasyde, 1999). Ein Problem sind vielerorts Strassen, die durch Koalareviere führen oder Strommasten, die in diesen aufgestellt werden. Zusätzlich kommt es immer wieder zu Unfällen. Vor allem junge, unerfahrene Tiere stürzen häufig von Bäumen oder fallen während des Tobens eines Sturms und auch bei den Rankkämpfen der Männchen kann es dazu kommen, dass ein Tier den Halt verliert (Martin & Handasyde, 1999).

Koalas sind relativ frei von internen und externen Parasiten. Es wurden jedoch schon Fälle akuten Zeckenbefalls beobachtet, sodass die Tiere aufgrund des großen Blutverlustes zu Tode kamen. Die am weitaus signifikantesten Pathogene bei Koalas sind jedoch die so genannten *Chlamydien*. Dabei handelt es sich um Bakterien, die die energiereichen Substanzen ihres Wirtes anzapfen, da sie diese nicht selbst synthetisieren können. Sie verursachen Bindehautentzündungen (pink-eye), die im schlimmsten Fall zur Erblindung führen. Den ersten Beweis hierfür erbrachten zwei Tierärzte, Frank Cockram und Alan Jackson, im Jahr 1974, indem sie den Stamm als *C. psittaci* identifizierten. Zehn Jahre später wurden auch Erkrankungen des Reproduktionstrakts mit dem Befall durch *Chlamydien* in Verbindung gebracht, was vor allem bei den Weibchen zu Unfruchtbarkeit führen kann. Außerdem können das Atmungssystem (Lungenentzündung) und das Urogenitalsystem – auch hauptsächlich bei den Weibchen – durch diese Pathogene befallen werden. Letzteres führt zu Inkontinenz (wet-bottom, dirty-tail) und die Tiere werden dermaßen geschwächt, das im fortgeschrittenen Stadium kaum eine Rettung möglich ist (Martin & Handasyde, 1999).

1.1.5 Ernährung und Verdauungssystem

Koalas ernähren sich ausschließlich von Eukalyptus, davon gibt es etwa 600 verschiedene Arten in Australien (Martin & Handasyde, 1999). Die Tiere sind jedoch sehr wählerisch und konsumieren nur ca. 30 dieser Arten (Sharp, 1995). Die bevorzugten Eukalyptusarten können innerhalb des großen geographischen Verbreitungsgebiets je nach Angebot stark variieren und ändern sich beispielsweise auch mit der Jahreszeit. Die Koalas fressen nicht nur – wie lange angenommen wurde – die Blätter junger Triebe, sondern sie nehmen größtenteils reifes Material zu sich, da ihnen junge Triebe ausschließlich im Frühling und im Sommer zur Verfügung stehen und dann meist - vor allem für ausgewachsene Individuen - schwer zu erreichen sind (Martin & Handasyde, 1999).

Eukalyptus ist sehr arm an wichtigen Nährstoffen. Zudem enthält er zahlreiche Strukturelemente wie etwa Zellulose, die schwerverdaulich sind und für deren Umsetzung ein Teil der gewonnenen Energie bereits wieder verbraucht wird. Die Verdauung dieser Strukturelemente erfolgt mit Hilfe von Mikroorganismen. Alleine wären die Tiere dazu nicht in der Lage, da sie die dafür benötigten Enzyme nicht synthetisieren können. Die Mikroorganismen befinden sich im stark vergrößerten Caecum – laut Harrop & Degabriele (1976) das relativ zur Körpergröße längste unter den Säugetieren –, welches gemeinsam mit dem proximalen Colon eine Gärkammer bildet (*hindgut fermenters*), allerdings wird durch den Gärprozess nur ein geringer Prozentsatz der Gesamtenergie gewonnen. Aufgrund von Zellulose oder Ähnlichem verweilt die Nahrung sehr lange im Verdauungssystem der Koalas, da die Symbionten eine gewisse Zeit benötigen, um die pflanzlichen Zellwände aufzubrechen (Martin & Handasyde, 1999). Beobachtungen haben gezeigt, dass es bis zu 213 Stunden dauern kann, bis gewisse Nahrungspartikel den Verdauungstrakt des Koalas passiert haben (Cork & Warner, 1983). Die Tiere sind dabei in der Lage, bestimmte Nahrungspartikel selektiv im Verdauungstrakt zurückzuhalten, um eine bessere Aufschließung zu gewährleisten, während andere diesen schneller durchlaufen (Martin & Handasyde, 1999).

Eukalyptus enthält Komponenten, die für die meisten Tiere giftig sind, und zwar so genannte sekundäre Pflanzenmetabolite wie Phenole oder Terpene. Studien belegen, dass eine bestimmte Gruppe von Phenolen dafür verantwortlich ist, welche Futterbäume die Koalas auswählen. Da die Konzentration dieser Phenole auch zwischen einzelnen Individuen einer Eukalyptusart variieren kann, präferieren die Tiere bestimmte Exemplare gegenüber anderen innerhalb derselben Spezies. Sekundäre Pflanzenmetabolite werden produziert, um Fressfeinde abzuwehren. Koalas sind jedoch fähig, diese Gifte zu neutralisieren und auszuschcheiden. Dabei wird zusätzlich ein Teil der ohnehin schwer gewonnenen Energie verbraucht (Martin & Handasyde, 1999).

Aufgrund der Tatsache, dass die Koalas einerseits energiearme Nahrung zu sich nehmen, andererseits aber viel Energie benötigen, um das pflanzliche Material und die Gifte darin abzubauen, sind sie sehr darauf bedacht, aus dem vorhandenen Angebot Futter bester Qualität auszuwählen. Dabei hilft ihnen ihr gut ausgeprägter Geruchssinn, indem die Blätter sehr intensiv beschnuppert werden. Die zugeführte Energie soll dadurch maximiert und die Aufnahme toxischer Stoffe minimiert werden.

Da Koalas mit einem sehr niedrigen Energiebudget überleben müssen, gibt es gewisse Einschränkungen. Ein Beispiel hierfür wäre ihre geringe Körpergröße und für kleine Tiere ist es noch schwieriger mit einer

rein pflanzlichen Kost zu überleben, da sie aufgrund ihres Volumen-Oberflächen-Verhältnisses wiederum mehr Energie an ihre Umgebung verlieren als größere Tiere. Ihr kleines Gehirn – eines der relativ kleinsten unter den Säugetieren (Lee & Martin, 1988) – führt dazu, dass Koalas über ein beschränktes Verhaltensrepertoire verfügen und kaum in der Lage sind, ihre Verhaltensweisen zu ändern oder neue zu erlernen (Martin & Handasyde, 1999). Man nimmt an, dass sich die Tiere während der letzten 25 Millionen Jahre ihrer Evolution nicht wesentlich verändert haben (Archer et al., 1994).

Um Energie zu sparen, haben die Tiere zahlreiche Anpassungen entwickelt. Die bedeutendste davon ist jene, am Tag hauptsächlich zu ruhen und die kühlere Nacht für ihre Aktivitäten zu nutzen, da die Tiere in den kühleren Nachtstunden weniger an Feuchtigkeit und Energie verlieren als am Tag (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 2002). Die Koalas sind somit insgesamt nur wenige Stunden pro Tag aktiv (Abb. 5). Das Gerücht, dass Koalas durch die ätherischen Öle des Eukalyptus stets high seien und deshalb so viel schlafen würden, ist also nur eine Legende.



Abb. 5: Koalas ruhen den Großteil des Tages

Außerdem müssen sie sehr viel Nahrung zu sich nehmen, wobei die tägliche Menge vom Körpergewicht des jeweiligen Tieres abhängt (Martin & Handasyde, 1999). Sie beträgt aber in etwa zwischen 200 und 1250 Gramm an Blättern pro Tag (Moeller & Grzimek, 1988). Koalas trinken dagegen kaum, da sie ihren Wasserbedarf fast ausschließlich über die Nahrung decken, die einen Wassergehalt von 40 bis 60 Prozent aufweist. Zusätzlich wird Wasser im distalen Colon rückresorbiert, was dazu führt, dass ihr Kot aus äußerst trockenen fäkalen Pellets besteht (Martin & Handasyde, 1999).

1.1.6 Lebensweise und Kommunikation

Koalas sind Einzelgänger. Eine Ausnahme stellen dabei Weibchen und ihr Nachwuchs dar (Martin & Handasyde, 1999). Dennoch existiert ein komplexes soziales Gefüge in Form von Kolonien, in denen jedes Tier sein eigenes Territorium besitzt, das allerdings mit den Revieren der Nachbarn überlappen kann (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 2002). Ist das Habitat dicht besiedelt, herrscht unter den Männchen der Kolonie eine hierarchische Ordnung, wobei die dominanten Männchen ihre Position über mehrere Jahre halten können (Martin & Handasyde, 1999). Werden diese aus einer Population entfernt, verliert die soziale Organisation der übrigen Individuen an Stabilität (Sharp, 1995).

Es wurde beobachtet, dass männliche Koalas ihre Bäume öfter und für längere Zeit verlassen als Weibchen, wodurch es häufiger zu einem Zusammentreffen mit Artgenossen kommt (Mitchell, 1990). Vor allem die Grenzgebiete der einzelnen Territorien dienen zur Pflege sozialer Kontakte. Hier halten sich in der Regel die jungen Tiere auf, die darauf warten, in eine Gemeinschaft aufgenommen zu werden, oder sie wechseln zwischen mehreren Kolonien hin und her (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 2002). Die Bäume in diesen Randgebieten können demnach von mehreren Koalas benutzt werden. Beobachtungen haben allerdings ergeben, dass dies nur sehr selten zur selben Zeit geschieht (Cronin, 1987).

Die Reviergröße bei Säugetieren hängt oft von den Möglichkeiten sozialer Interaktion mit Artgenossen ab, bei Koalas ist dies jedoch nicht der Fall. Hier spielt vor allem die Verfügbarkeit an geeigneten Futterbäumen eine Rolle, aber auch die Körpergröße der Tiere ist ausschlaggebend. Das führt dazu, dass die in der Regel größeren Männchen dementsprechend größere Reviere bewohnen als weibliche Koalas (Martin & Handasyde, 1999).

Koalas kommunizieren miteinander über Gerüche und eine Reihe unterschiedlicher Laute. Die Männchen markieren ihre Territorien mit Hilfe des Sekrets aus ihrer Brustdrüse. Die Duftspuren werden oft an der Basis der Bäume angebracht und gelegentlich werden kleine Mengen Urin an den Ästen hinterlassen, die die Tiere besteigen (Martin & Handasyde, 1999). Der ausgezeichnete Geruchssinn der Koalas hilft ihnen nicht nur bei der Auswahl des Futters, sondern auch bei der Identifizierung territorialer Grenzen, die zusätzlich durch Kratzspuren gekennzeichnet werden können. Selbst wenn ein Tier gestorben ist, meiden die anderen Koloniebewohner das Gebiet, bis der Geruch und die Kratzspuren an den Bäumen vollends verschwunden sind (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 2002).

Im Fall der vokalen Kommunikation ist am häufigsten das so genannte „Bellen“ der Männchen zu hören. Dabei handelt es sich um einen sehr lauten, niederfrequenten Ruf (0,5 bis 5 Kilohertz), der über eine Distanz von bis zu einem Kilometer hörbar ist. Das Bellen dient dazu, den benachbarten Tieren die eigene Position mitzuteilen. Die Männchen bellen das ganze Jahr über, aber vermehrt in der Paarungszeit, um die Weibchen auf sich aufmerksam zu machen (Martin & Handasyde, 1999). Auch weibliche Koalas bellen, allerdings nicht so häufig und fast immer als Reaktion auf äußere Reize, während die Männchen auch spontan bellen (Smith, 1980a). Brülllaute sind auch ein wichtiger Teil des Paarungsrituals. Die Weibchen tauschen außerdem sanfte und leise Laute mit ihren Jungtieren aus. Zwei weitere Beispiele für Lautäußerungen bei Koalas sind ein leises Grunzen, mit dem sie Missmut und Ärger ausdrücken, sowie

ein Schrei, der dem eines Babys ähnelt und von einem Zittern des Körpers begleitet wird. Dieser Schrei ist in Angst- und Stresssituationen zu beobachten (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 2002).

1.1.7 Fortpflanzung

Koalas pflanzen sich saisonal von September bis März fort. Die Weibchen werden mit etwa zwei Jahren geschlechtsreif (Martin & Handasyde, 1999) und zeigen während ihres Östrus` eine erhöhte Aktivität. Auffällige Verhaltensweisen wie das so genannte „jerking“ können beobachtet werden. Dabei neigen die Weibchen den Kopf weit zurück, gleichzeitig zittert ihr gesamter Körper und die Ohren flattern (Smith, 1980c). Sie sind in freier Wildbahn in der Regel mehrere Tage im Östrus, trotzdem sind die Männchen anscheinend nicht fähig, diese Zeichen zu deuten, denn es kommt immer wieder vor, dass sie sich mit nicht-östrischen Weibchen zu paaren versuchen. Es wird angenommen, dass die Männchen dadurch möglicherweise auf sich aufmerksam machen wollen und dass auch die Weibchen einen Nutzen daraus ziehen, indem sie diese bei ihren Machtkämpfen begutachten und die dominanten Männchen unter ihnen ermitteln (Martin & Handasyde, 1999). Die Rolle der Weibchen bei der Paarung ist einzigartig unter den Säugetieren. Sie sind offensiv und umwerben die Männchen. Es konnte zudem beobachtet werden, dass sie die Männchen während des Vorspiels besteigen und Nackenbisse austeilen, wodurch Laien darin vielmehr einen ernsthaften Kampf vermuten. Das Vorspiel kann bis zu 15 Minuten dauern, die Kopulation nimmt nur wenige Minuten in Anspruch (Phillips, 1994).

Danach trennen sich die Wege der beiden Geschlechter wieder und das Weibchen hat eine Tragzeit von etwa 35 Tagen vor sich. Das Junge (auch „joey“ genannt) kommt sehr unterentwickelt zur Welt. Es wiegt weniger als 0,5 Gramm, ist nackt, blind und taub, dennoch sind Atmungssystem, Verdauungs- und Urogenitaltrakt sowie muskulöse Schultern und Vorderextremitäten mit winzigen Krallen bereits ausgebildet, die dazu benötigt werden, um in den Beutel zu kriechen (Abb. 6).



Abb. 6: Koala unmittelbar nach der Geburt mit bereits entwickelten Vorderextremitäten (Pfeil)

Im Beutel angekommen, sucht sich der Embryo eine Zitze und beginnt zu säugen. Die Mutter besitzt zwei Zitzen, das Junge benutzt aber die gesamte Zeit über dieselbe (Martin & Handasyde, 1999). Diese schwillt so an, dass sie den Mund des Embryos ausfüllt, der dadurch nicht von seiner Nahrungsquelle getrennt werden kann. In dieser Zeit ist keine Mutter-Kind-Interaktion zu beobachten (Lee & Martin, 1988). Ein Koalaweibchen kann jedes Jahr ein Jungtier zur Welt bringen, das sind ungefähr fünf bis sechs Junge während ihres Lebens (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 1999). Die Zitzen werden dabei immer abwechselnd verwendet, denn am Ende einer Periode ist die benutzte Zitze lang und schlaff und muss sich erst wieder zurückbilden. Die Milch der Beuteltiere unterscheidet sich stark von jener der Plazentatiere. Sie weist höhere Konzentrationen an Lipiden, Proteinen, Mineralien, Vitaminen und Oligosacchariden auf. Ihre Zusammensetzung ändert sich im Lauf der Zeit, was dazu dient, dem jeweiligen Entwicklungszustand des kleinen Koalas gerecht zu werden. Der tägliche Energietransfer vom Mutter- zum Jungtier ist aufgrund des nährstoffarmen Eukalyptus` sehr gering, was durch eine Säugezeit von ungefähr zwölf Monaten kompensiert wird (Martin & Handasyde, 1999). Beobachtungen zufolge akzeptieren junge Koalas die Milch jedes beliebigen Weibchens (Phillips, 1994).

Das anfängliche Wachstum im Beutel geht sehr rasch vor sich. Nach 50 Tagen werden Nase, Augenlider und Ohrenränder gefärbt und das Geschlecht ist erkennbar. Nach drei Monaten öffnen sich die Augen und ein sehr feines Fell bildet sich aus. Nach sechs Monaten beginnt der kleine Koala den Kopf aus dem Beutel zu strecken und Interesse an seiner Umgebung zu zeigen. Im Alter von sechs bis sieben Monaten verlässt er zum ersten Mal den Beutel für kurze und unsichere Ausflüge. Zu dieser Zeit beginnt das Weibchen langsam mit der Entwöhnung des Jungtieres (Martin & Handasyde, 1999). Die Entwöhnung startet damit, dass diesem die notwendigen Mikroorganismen zugeführt werden, indem es von der Mutter vorverdaute Blätter frisst. Dabei handelt es sich um eine kotähnliche Substanz von weicher Konsistenz, auch „pap“ genannt, die vom Jungtier etwa einen Monat lang aufgenommen wird. Ab dem 19. Tag ernährt sich der kleine Koala zusätzlich bereits von Eukalyptusblättern (Thompson, 1987), vor allem von den Sorten, die auch die Mutter frisst. Somit wird in dieser Zeit die Präferenz des Jungtieres für bestimmte Eukalyptusarten durch das Fressverhalten seiner Mutter beeinflusst. Mit neun Monaten tauscht das Junge den Beutel seiner Mutter gegen deren Rücken ein. Dort festgeklammert verbringt es viel Zeit, bis es allmählich immer selbständiger wird (Abb. 7) (Martin & Handasyde, 1999).



Abb. 7: Koalaweibchen mit Nachwuchs auf dem Rücken

Die Koalaweibchen sind hervorragende Mütter. Aufgrund der intensiven Fürsorge überleben sehr viele Jungtiere, verweilen aber noch weitere sechs bis zwölf Monate in unmittelbarer Nähe ihrer Mütter. Die enge Bindung ist zu Ende, wenn das Muttertier erneut trächtig wird. Das ist in der Regel der Fall, wenn das Junge ein Jahr alt ist. Erreicht es das Alter von zwei Jahren, gibt es zwei Möglichkeiten. Im Fall eines Weibchens wird es selbst trächtig, bleibt aber weiterhin in der Nachbarschaft seiner Mutter. Die jungen Männchen wandern hingegen ab, da sie sich gegen die älteren Männchen dieses Reviers nicht durchsetzen können. Sie streifen ein oder zwei Jahre umher, in dieser Zeit ist mit einer hohen Sterberate unter den Männchen zu rechnen. Die Geschlechtsreife erreichen sie bereits mit zwei Jahren, doch Chancen bei den Weibchen ergeben sich erst mit etwa vier bis fünf Jahren, wenn sie stark genug sind, um mit den aggressiven dominanten Männchen konkurrieren zu können. Die Kämpfe der Koalas in der Paarungszeit führen oft zu Verletzungen und tragen unter anderem zur kürzeren Lebenserwartung der Männchen bei. Koalaweibchen können zwischen 13 und 18 Jahren alt werden, die Männchen sterben wesentlich früher (Martin & Handasyde, 1999).

1.2 Die Chronobiologie

1.2.1 Was versteht man unter Chronobiologie?

Die Chronobiologie ist ein Wissenschaftszweig, der sich mit der zeitlichen Organisation von Organismen beschäftigt. Beispiele für biologische Rhythmen sind unter anderem der Wach-Schlafrhythmus, der weibliche Monatszyklus oder das periodische Öffnen und Schließen von Blüten. Sie sind in einem Zeitbereich von Millisekunden bis Jahren zu finden und auf allen organisatorischen Ebenen zu beobachten, von der zellulären Basis bis zu der ganzen Populationen. Ein Rhythmus ist gegeben durch die identische Wiederholung der zeitlichen Abfolge von Änderungen einer Variablen, wobei die Rhythmizität durch einen Oszillator erzeugt wird. Der Oszillator kann als Schrittmacher (*pacemaker*) fungieren und er bestimmt den Grundrhythmus von untergeordneten Oszillatoren (Fleissner, 2001).

Jeder Rhythmus läuft mit einer bestimmten Periodenlänge ab. Diese wird Freilaufperiodenlänge genannt (*freerun*; Aschoff, 1981a) und ist angeboren, kann aber durch äußere Einflüsse verändert werden. Für Rhythmen, die eine Periodenlänge über 24 Stunden aufweisen, verwendet man die Begriffe *circalunar* (Mondzyklus) und *circannual* (Jahreszyklus) oder allgemein *infradian*, für Rhythmen mit einer Periodenlänge, die unter 24 Stunden liegt, *ultradian* (Halberg, 1959). Die am besten untersuchten Rhythmen sind allerdings die *circadianen* Rhythmen. Unter einem circadianen Rhythmus versteht man eine biologische Schwingung, die auf endogener Oszillation mit einer Periodenlänge beruht, die angeborenermaßen ungefähr 24 Stunden beträgt (Halberg, 1959).

Biologische Rhythmen werden durch ein System aus inneren Uhren erzeugt. Dieses System arbeitet unter dem gemeinsamen Kommando des Schrittmachers und ist in einer hierarchischen Anordnung im Sinne von Haupt- und Nebenuhren organisiert (Fleissner, 2001). Bei Pflanzen scheint es mehrere innere Uhren oder Schrittmacher zu geben, die über die gesamte Pflanze verteilt sind. Ein übergeordnetes Zentrum ist nicht auszumachen. Bei Tieren konnten jedoch klare Schrittmacherzentren lokalisiert werden. Sie befinden sich im Zentralnervensystem und zwar im Bereich des visuellen Systems. Bei den Vertebraten handelt es sich dabei um das Pinealorgan (Fische bis Vögel) und den suprachiasmatischen Nukleus (Säugetiere) (Piechulla & Roenneberg, 1999) (Abb. 8).

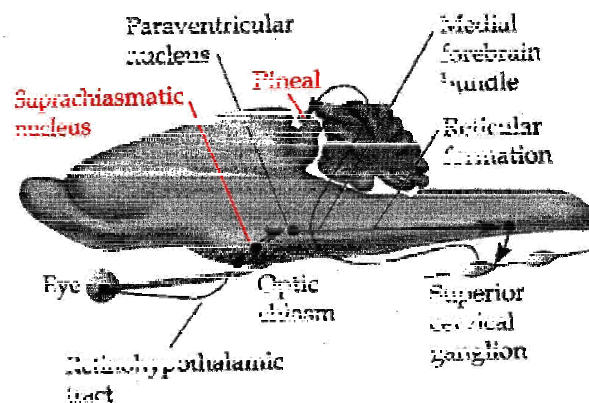


Abb. 8: Lage der Schrittmacherzentren (rot) bei Vertebraten

Das Pinealorgan (Zirbeldrüse) ist eine photorezeptive Ausstülpung des Zwischenhirndaches. Es stellt bei den Säugetieren eine von der Netzhaut der Augen gesteuerte Hormondrüse dar. Durch die Produktion des Hormons Melatonin erhält das interne Multiuhrensystem beispielsweise Informationen darüber, ob es Tag oder Nacht ist, denn Lichteinfall auf die Retina blockiert die Melatoninsynthese, während in der Nacht die Produktion des Hormons ansteigt (Zink, 2003). Der suprachiasmatische Nukleus ist ein Kerngebiet oberhalb der in das Zwischenhirn eintretenden und sich dabei überkreuzenden Sehnerven. Das Nervensystem steuert endogene Rhythmen, indem Rhythmusgeneratoren für die repetitive Erregung von Nervenzellen verantwortlich sind (Fleissner, 2001).

Circadiane Rhythmen können durch periodische Stimuli aus der Umwelt, die so genannten Zeitgeber, mit den äußeren Vorgängen synchronisiert werden (*entrainment*). Dabei nimmt die Rhythmusphase eine konstante Beziehung zu jener des Zeitgebers ein (Aschoff, 1981a). Die im Freilauf etwas anders gehende circadiane Uhr wird durch Phasen verschiebende Zeitgeber immer wieder korrigiert und dadurch mit dem 24-Stunden-Tag synchronisiert. Nur die Hauptuhr (der Schrittmacher) reagiert auf externe Reize und zwingt den Nebenuhren Periodenlänge und Phasenlage auf (Fleissner, 2001).

Zeitgeber können alle periodischen Signale sein, die für den betreffenden Organismus reizwirksam sind. Der wichtigste und zugleich am längsten bekannte Zeitgeber ist unter den meteorologischen Zeitgebern zu finden: der Licht-Dunkelwechsel. Dabei ist noch nicht vollständig geklärt, ob bestimmten Lichtintensitäten oder Intensitätswechseln die entscheidende Zeitgebereigenschaft zukommt. Neben meteorologischen Zeitgebern (z. B. auch Temperatur) können außerdem Zeitgeber aus dem ökologisch-soziologischen Bereich auf einen Organismus einwirken (Aschoff, 1954), zu denen auch künstliche Zeitgeber wie regelmäßige Fütterungen in Zoos (Sicks, 2005) oder ähnlichen Einrichtungen zählen, die bei den Tieren zu induzierter Aktivität führen.

Jedes Individuum steht unter natürlichen Bedingungen stets unter dem Einfluss mehrerer, gleichzeitig auftretender Zeitgeber. Davon steuert in der Regel einer maßgeblich die Periodik des Tieres, meistens das Licht (Aschoff, 1958). Beim Wettstreit mehrerer Zeitgeber ist die Entscheidung, welchem von ihnen der Organismus folgt, ebenso sehr von der Intensität des Zeitgebers wie von der Empfänglichkeit des Tieres für die verschiedenen Reizarten abhängig. Diese Reizempfindlichkeit gegenüber einem Zeitgeber unterliegt dabei gewissen Schwankungen (Aschoff, 1954), die durch die physische Verfassung eines Individuums, die Umweltgegebenheiten oder Ähnliches verursacht werden (Aschoff, 1981a). Die physiologischen Zustandsänderungen im Verlauf eines Tages führen beispielsweise zu einer Abnahme der Reizempfindlichkeit gegen Abend und mindern somit die synchronisierenden Eigenschaften des Zeitgebers (Aschoff, 1954).

Der Effekt eines Zeitgebers ist nicht sofort zu erkennen, sondern die endogene Rhythmik eines Organismus benötigt eine gewisse Zeitspanne, um sich mit jener des Zeitgebers zu synchronisieren. Dasselbe ist zu beobachten, wenn der Zeitgeber entfernt wird. Die Periodik des Organismus wird noch eine gewisse Zeit von der des Zeitgebers bestimmt, bis sie schließlich wieder mit der ihr eigenen Periodenlänge abläuft. Wird der Stimulus nicht entfernt, tritt er aber zu einem anderen Zeitpunkt als üblich auf, folgt der Rhythmus des Organismus diesem „time-shift“ ebenfalls nach einer gewissen Zeit

(Aschoff, 1981a). Ein sofort einsetzender Effekt wird dagegen durch so genannte Maskierungsfaktoren hervorgerufen. Darunter versteht man externe Stimuli, durch die die endogene Rhythmisierbarkeit eines Individuums überlagert wird (Rietveld et al, 1993), was bei langfristiger Einwirkung negative Auswirkungen für den Organismus haben kann. Beispiele für Maskierungsfaktoren sind unter anderem Fütterungs- und Pflegemaßnahmen in Zoos (Aschoff, 1958). Sie unterscheiden sich von den Zeitgebern dadurch, dass bei Abwesenheit oder Verschiebung der Maskierungsfaktoren auf einen anderen Zeitpunkt, kein freerun- bzw. time-shift-Effekt stattfindet (Aschoff et al, 1982).

Rhythmisierbarkeit spielt bei allen Lebensvorgängen eine wichtige Rolle. Die Synchronisation der einzelnen endogenen Komponenten untereinander und mit ihrer Umgebung führt zu einem entscheidenden Überlebensvorteil, da zum Beispiel auf regelmäßige Veränderungen in der Umwelt adäquat reagiert werden kann (Aschoff, 1958). Endogene Rhythmen machen den Organismus unabhängig von externen Reizen und dienen als Vorbereitung für vorhersehbare Ereignisse (Dunlap et al, 2003). Ist die Synchronisation nicht oder nur teilweise vorhanden (*partial entrainment*; Aschoff et al, 1982), etwa durch das Fehlen oder Vorhandensein zu schwacher Zeitgeber, wirkt sich das negativ auf den gesamten Organismus aus (interne Desynchronisation; Fleissner, 2001). Zwei bekannte Beispiele hierfür sind der Jetlag und die Schichtarbeit. In beiden Fällen laufen die einzelnen endogenen Rhythmen auseinander, da Licht und Dunkelheit zu ungewohnten Zeiten auftreten. Permanente Störungen der „Eigenzeit“ des Körpers führen langfristig in die Krankheit. Chronomedizinische Forschungen belegen, dass Jetlag, Nacht- und Schichtarbeit das Risiko für hormonabhängige Krebserkrankungen (z. B. Brustkrebs) erhöhen (Moser, 2008).

1.2.2 Anwendung der Chronobiologie in der Zootierforschung

Die Chronobiologie ist nicht nur in der Humanmedizin (siehe oben) wichtig, sondern findet auch in der Verhaltensforschung ihre Anwendung. Sie kann zur Bewertung des Wohlbefindens bei Tieren eingesetzt werden, indem sie die Rhythmen der Tiere und deren Synchronisation mit der Umwelt untersucht. Unwohlsein und Krankheit spiegeln sich in veränderten Rhythmen wider. Um Abweichungen vom normalen Verhaltensmuster einer Tierart feststellen zu können, muss von dieser jedoch ein so genanntes Normaktogramm für Vergleiche vorliegen (Schubert, 2006).

Der Aspekt des Wohlbefindens bei Tieren spielt in der artgerechten Tierhaltung eine bedeutende Rolle, weshalb chronobiologische Studien hauptsächlich in Zoos und ähnlichen Einrichtungen durchgeführt werden (z. B. Benesch 2007, Holland 2006, Schubert 2006). Im Freiland sind solche Studien schwierig durchzuführen, da nicht kontinuierlich 24 Stunden am Tag beobachtet werden kann. Somit erhöht sich der Zeitaufwand und der Beobachter ist im Gegensatz zu den kontrollierten Bedingungen in einem Zoo äußeren Einflüssen ausgeliefert. Eine chronobiologische Studie hat den Vorteil, dass mit rein nicht-invasiven Methoden jede Abweichung vom Grundmuster des Verhaltens als früher Indikator des Wohlbefindens bei Zootieren betrachtet werden kann (Benesch et al, 2005a). Dies geschieht durch kontinuierliche Beobachtung – meist über mehrere Monate –, sodass die Tiere keinem zusätzlichen Stress,

wie etwa bei einer Blutabnahme etc., ausgesetzt werden. Derartige Studien können dabei helfen, die Haltung von Tieren zu optimieren, denn wenn die Rhythmik einer Tierart gut erforscht ist, können die Pflegemaßnahmen vermehrt auf diese und nicht auf die Periodik der Pfleger ausgerichtet werden, da eine permanente Störung der Rhythmik eines Organismus langfristig zu Stress und in Folge zu Krankheit führen kann.

1.2.3 Koalas in Zoohaltung

Koalas sind in europäischen Zoos selten. Im Jahr 2006 waren es 24 Tiere in acht verschiedenen Zoos (ISIS, 2006). Alle diese Tiere sind Leihgaben des Zoos San Diego, der strenge Haltungsrichtlinien vorgibt, da Koalas als problematische Art gelten. Neben ihrer Spezialisierung auf Eukalyptus sind sie sehr stressempfindlich. Es wird angenommen, dass Stress die häufigste Todesursache von in Gefangenschaft lebenden Koalas darstellt (Wood, 1978). Stress kann durch falsche Haltungsbedingungen und falsches „handling“ durch die Pfleger hervorgerufen werden, ist allerdings aufgrund der geringen Aktivität der Tiere nur sehr schwer feststellbar. Langfristige Symptome sind beispielsweise Gewichtsverlust und Haarausfall (Carrick et al., 1990). Aus diesem Grund schreibt der Zoo San Diego tägliches Wiegen der Tiere vor, um deren Gesundheitszustand zu überprüfen (Zoological Society of San Diego, 2001). Das Wiegen selbst könnte jedoch Stress in den Koalas hervorrufen (Wood, 1978).

Demnach wird nach einfachen, aber effektiven Methoden gesucht, um das Wohlbefinden von Zootieren zu messen. Dabei werden Methoden bevorzugt, die einen direkten Kontakt zu den Tieren ausschließen, und die Chronobiologie stellt eine dieser Möglichkeiten dar. Sie bestimmt die externen Einflüsse, die auf ein Zootier einwirken, und identifiziert sie als Zeitgeber oder Maskierungsfaktoren. Beeinflussen diese das Tier in einer Art und Weise, dass deren Synchronisation mit seiner Umwelt nicht oder nur mehr bedingt möglich ist, müssen die Haltungsbedingungen dahingehend geändert werden, dass die äußeren Einflüsse auf ein Minimum reduziert werden.

1.2.4 Chronobiologie der Koalas

Die Grundlage für meine Arbeit stellt die Studie „Chronoethological assessment of well-being and husbandry in captive koalas“ (Benesch, 2007) dar. Dabei handelt es sich um die erste systematisch durchgeführte chronobiologische Studie an Koalas in Gefangenschaft. Es wurden 17 Tiere in drei Zoos – unter anderem im Tiergarten Schönbrunn – und unter vier verschiedenen Haltungsbedingungen beobachtet. Die Ergebnisse dieser Arbeit führten dazu, dass sich weitere interessante Fragestellungen für die beiden Koalas in Wien ergaben.

- Hat das Weibchen einen monatlichen Rhythmus bzw. monatliche Aktivitätssteigerungen, die auf einen Östrus schließen lassen?
- Sind Veränderungen in der Aktivität der beiden Koalas synchronisiert?

- Hat die Umstellung der Wiegezeit von 10:15 auf 16:00 einen Einfluss auf das Aktivitätsmuster der Tiere?
- Verändert sich das Aktivitätsmuster der Koalas im Lauf der Jahre?
- In welchem Ausmaß werden die in die Gehege neu eingebrachten lebenden Bäume genutzt?
- Ändert sich das Gewicht der Tiere im Jahresverlauf?

2. Material und Methode

2.1 Tiere und Haltung

2.1.1 Tiere

Die Koalas im Tiergarten Schönbrunn sind Zoogeburten. Das Männchen *Bilyarra* wurde am 27. Mai 1998 im Zoo Duisburg, das Weibchen *Mirra Li* am 24. Februar 2002 in Houston geboren. Sie sind eine Dauerleihgabe des Zoos San Diego, der regelmäßig über den Gesundheitszustand der Tiere informiert wird (siehe Einleitung). Das Koalahaushaus wurde im März 2002 eröffnet – zunächst nur mit *Bilyarra*, das Weibchen folgte im Juni 2002. Bisher gab es im Wiener Tiergarten keinen Nachwuchs. Bei den beiden Koalas handelt es sich um die Unterart des Queensland-Koalas (Abb. 9).



Abb. 9: *Mirra Li* (links) und *Bilyarra* (rechts)

2.1.2 Haltung

Das Koalahaushaus ist Teil der Australienanlage des Tiergartens Schönbrunn (Abb. 10).

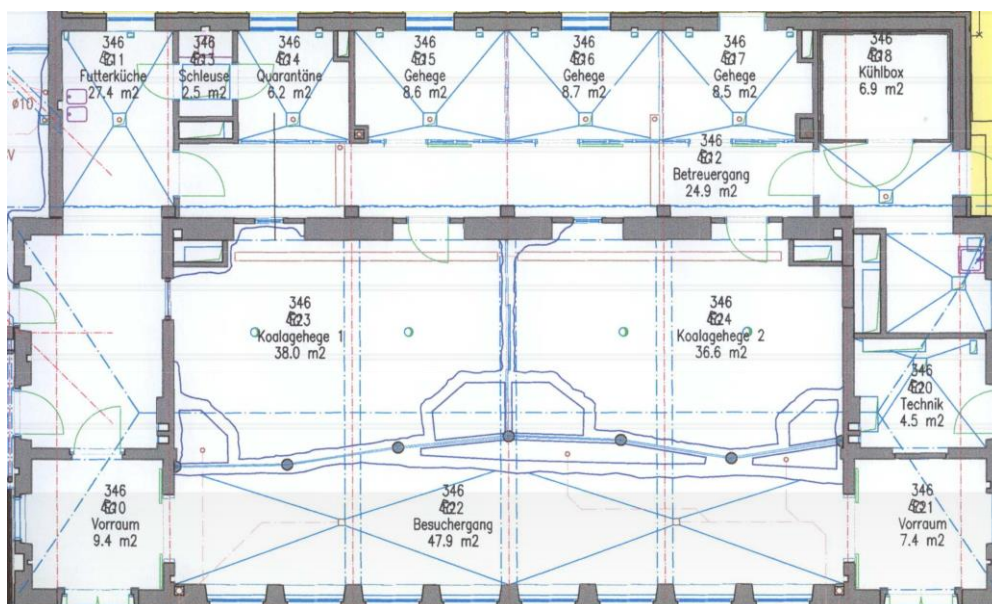


Abb. 10: Plan des Koalahauses mit Gehegen, Pflegerbereich und Besucherraum

Die Tiere werden nach Geschlechtern getrennt in klimatisierten Innengehegen gehalten. Es existiert auch ein Außengehege, in das die Koalas jedoch eher selten gebracht werden. Als Trennwand zwischen den Innengehegen dient eine nach oben hin offene Glaswand, sodass die Tiere einander sehen, hören und riechen können. Die Fläche des Steinbodens beträgt jeweils 5,5 x 4 Meter. Den Koalas werden je drei vertikale Baumstämme angeboten, die horizontal in zwei Ebenen durch weitere Baumstämme in der Form von Dreiecken miteinander verbunden sind. Zusätzlich befinden sich lebende Bäume und Bereiche mit erdigem Boden in den Gehegen. Das Futter wird den Tieren in Futtervasen präsentiert – bei *Mirra Li* sind vier, bei *Bihyarra* fünf Vasen an den vertikalen Baumstämmen befestigt. Durch das Dach fällt natürliches Licht in die Gehege, zusätzlich werden diese künstlich beleuchtet. Die Besucher befinden sich hinter einer Lärm dämpfenden Glasfront (Abb. 11). Das Klopfen an die Scheiben und das Fotografieren mit Blitzlicht ist verboten.



Abb. 11: Besucherraum mit Glasfront; wird videoüberwacht

2.2 Pflegemaßnahmen

Am Vormittag – der Zeitpunkt variiert, da er sich nach den Bedürfnissen der Koalas richtet – betreten die Pfleger die Gehege und beurteilen die Tiere zunächst visuell. Dann werden Krallen und Ohren kontrolliert. Die Gehege werden gekehrt und aufgrund des hartnäckigen Urins nass gereinigt. Zusätzlich werden diese 1x wöchentlich desinfiziert. Am Vormittag findet zudem die erste Teilfütterung statt, indem 2 (*Mirra Li*) bzw. 3 (*Bihyarra*) Futtervasen aufgefüllt werden. Das Fressverhalten der letzten Nacht wird zuvor bewertet, einer von fünf möglichen Kategorien zugeordnet und protokolliert (Tab. 2).

excellent	alle jungen Triebe abgefressen
good	$\frac{3}{4}$ der Triebe
fair	$\frac{1}{2}$ der Triebe
poor	ein bisschen
non	unberührt

Tab. 2: Kategorien des Fressverhaltens

Außerdem wird der Kot der Tiere eingesammelt sowie auf seine Konsistenz überprüft, gezählt und gewogen. In regelmäßigen Abständen wird er an der Universität Wien auf Parasiten oder Ähnliches analysiert. Um 16:00 werden die Tiere gewogen, indem sie auf einen auf der Waage angebrachten Baumstamm gesetzt werden (Abb. 12). Danach werden die restlichen Futtervasen gefüllt. Die Tiere sind sehr auf die Pfleger geprägt - vor allem *Mirra Li* sucht von sich aus die Nähe der Pfleger. Letztere kontrollieren zudem täglich die Videoaufnahmen der letzten Nacht auf besondere Vorkommnisse und verfassen am Ende eines jeden Arbeitstages einen Bericht. Frischer Eukalyptus wird 2x wöchentlich aus Südengland eingeflogen - zusätzlich gibt es eine Plantage in Wien (Abb. 12). Etwa 14 bis 15 verschiedene Sorten werden an den Tiergarten Schönbrunn geliefert und, um den Tieren die nötige Abwechslung zu bieten, werden ihnen ca. 4 bis 5 Eukalyptusarten gleichzeitig verabreicht.



Abb. 12: *Mirra Li* beim Wiegen (links); Eukalyptuslieferung (rechts)

2.3 Datenaufnahme

Beide Tiere werden rund um die Uhr videoüberwacht (Abb. 13). Das Überwachungssystem stammt von Bosch und umfasst jeweils eine digitale Videokamera pro Gehege (3 Meter über dem Boden angebracht)

inklusive Infrarotlampen für die Nachtaufnahmen. Das verwendete Infrarotlicht weist in der Regel eine Wellenlänge von 880 nm auf, die von Säugetieren nicht gesehen werden kann und somit deren Verhalten nicht beeinflusst (Eckert et al. 1993). Die beiden Kameras sind zudem mit einem Bewegungsmelder verbunden, sodass nur gefilmt wird, wenn die Tiere aktiv sind. Die schwarz-weißen Zeitraffer-Aufnahmen können mit Hilfe des Bildarchivprogramms BoVis 6.0 (Bosch 2002) auf dem PC wiedergegeben werden. Da ohne Ton gefilmt wird, war es wichtig, sich zunächst mit den Geräuschen im Koalahaar vertraut zu machen, um später das Verhalten der Tiere besser einschätzen zu können. Dazu hatte ich während eines vierwöchigen Praktikums die Möglichkeit, in dessen Rahmen ich auch Direktbeobachtungen durchführen konnte und viel über die tägliche Pflegeroutine erfuhr.



Abb. 13: *Mirra Li* mit Videokamera im Hintergrund

Dann erfolgte die Analyse der Videoaufnahmen. Im Fall des Weibchens beobachtete ich vier Monate (01.07. bis 28.09.2007 sowie 05.06. bis 07.07.2008), in dem des Männchens sechs Wochen (05.06. bis 16.07.2008). Bei der Beobachtungsmethode handelte es sich um die Focal-Animal-Sampling-Methode, das bedeutet, ein bestimmtes Fokustier wird für eine bestimmte Zeit beobachtet. Die Methode der Datenaufnahme entsprach der so genannten Point-Recording-Methode. Dabei wird in Zeitintervallen aufgenommen, welche Verhaltensweise gerade auftritt (Schradin, 2005). Das gewählte Zeitintervall betrug in diesem Fall eine Minute, das heißt, jede Minute wurde das Verhalten der Koalas in einem Datenaufnahmeblatt protokolliert. Da das Verhaltensrepertoire bei Koalas nicht sehr groß ist, wurden folgende Verhaltensweisen gewählt und wie folgt definiert:

- Ruhen: Das Tier schläft, döst oder zeigt geringe Aktivität (z. B. *grooming*) ohne dabei den Platz zu wechseln.

- Futteraufnahme: Diese Verhaltenskategorie beinhaltet sowohl das Beschnuppen und Betasten der Eukalyptusblätter als auch die eigentliche Futteraufnahme.
- Lokomotion: Der Koala läuft, klettert oder springt.

Zusätzlich zum Verhalten wurde außerdem der Aufenthaltsort der Tiere erfasst. Aufgrund der Gegebenheiten in den Gehegen unterschied ich vier Orte:

- Baum tot: Dazu zählen die in Form von Dreiecken angeordneten vertikalen und horizontalen Baumstämme.
- Boden
- Baum lebend
- Beet

Zudem wurden besondere Vorkommnisse vermerkt und ob der Pfleger anwesend war oder nicht. Auch Datenlücken – aufgrund eines Kameraausfalls oder Ähnlichem – und Zeiträume, in denen die Tiere nicht sichtbar waren – vor allem aufgrund der nicht vollständigen Ausleuchtung der Gehege durch die Kameras – wurden protokolliert.

2.4 Datenanalyse

2.4.1 Allgemein

Zur weiteren Verarbeitung der Daten diente – wenn nicht gesondert erwähnt – das Programm Microsoft Excel 2003. Folgendes musste für die Auswertung beachtet werden:

1. Die Zeitzone: Bei uns herrscht die mitteleuropäische Zeit (MEZ) mit einer Stunde Unterschied zur überall auf der Erde geltenden Weltzeit (UTC; $MEZ = UTC + 1$). Im Fall der mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ) beträgt die Differenz zur Weltzeit zwei Stunden ($MESZ = UTC + 2$).
2. Sonnenaufgang und -untergang sowie die nautische Dämmerung: Die relevanten Daten hierfür lieferte das Department des U.S Naval Observatory in Washington DC. Es gibt drei Definitionen von Dämmerung und dazu zählt auch die nautische oder mittlere Dämmerung neben der bürgerlichen und der astronomischen Dämmerung.

2.4.2 Chronoethogramme

Mit Hilfe eines selbst entwickelten Computerprogramms (© Tronje Krop, Technische Universität Darmstadt) wurden die Daten zunächst in Form von Doppelplots dargestellt. Diese Doppelplots liefern Informationen über circadiane oder andere Rhythmen, indem die Gesamtaktivität der Tiere dargestellt wird. Unterschiedliche Farben signalisieren die einzelnen Verhaltensweisen und durch die Unterlegung des Hintergrunds werden die verschiedenen Tageszeiten besser hervorgehoben. Bei der Darstellung werden jeweils zwei Tage nebeneinander abgebildet, also 48 Stunden, von denen die letzten 24 Stunden eine Zeile darunter nochmals wiederholt werden, bevor der nächste Tag folgt (Abb. 14). Neben Chronoethogrammen der Gesamtaktivität wurden zusätzlich die einzelnen Verhaltensweisen gefiltert und geplottet, um eine genauere Analyse zu ermöglichen. Je nach Bedarf wurden die Doppelplots mit Hilfe des Programms Adobe Illustrator 8.0 überarbeitet.

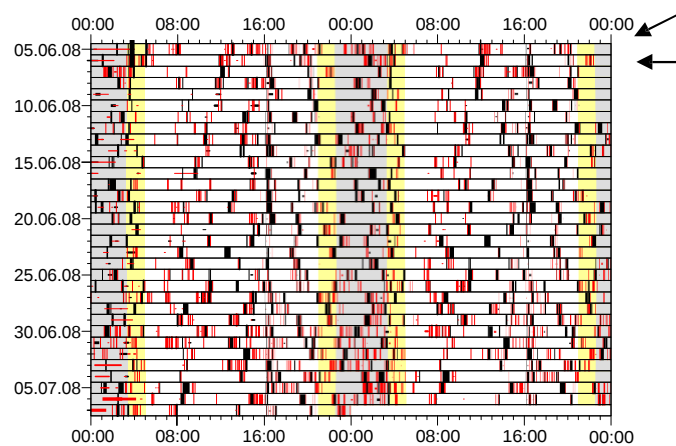


Abb. 14: Doppelplot-Aktogramm der Gesamtaktivität des Weibchens *Mirra Li* vom 05.06. bis 07.07.2008: Pfeil oben: Tag 1 und 2; Pfeil unten: Tag 2 und 3 usw. (siehe Ergebnisse)

2.4.3 Aktivitätsprofile

Für die Verhaltensweisen Futteraufnahme und Lokomotion wurden Aktivitätsprofile erstellt. Dazu war es notwendig, die Mittelwerte zu den jeweiligen Uhrzeiten eines 24-Stunden-Tages über den gesamten Beobachtungszeitraum zu bilden und gegen die Zeiten aufzutragen.

2.4.4 Leistungskopplungsgrade und Cosinor

Der Leistungskopplungsgrad (LKG) gibt an, inwieweit die interne Periodik eines Organismus mit der 24-Stunden-Periodik seiner Umwelt synchronisiert ist. Er wurde für die Verhaltensweisen Futteraufnahme und Lokomotion erstellt. Dazu wird zunächst die Autokorrelation berechnet, um das Hintergrundrauschen zu entfernen. Die Autokorrelationskurve wird dann einer Frequenzanalyse mittels

Fouriertransformation unterzogen, die feststellt, wie gut die aufgenommenen Daten mit der externen 24-Stunden-Periodik korrelieren und ob in ihnen Sinuskurven vorhanden sind. Dabei kann die Periodenlänge beliebig variiert werden. Der Fischer-Signifikanztest überprüft schließlich, ob die Leistung (Amplitude²) einer Periodenlänge signifikant ist. Die Analysen und Berechnungen wurden mit Hilfe des Programms ZEIT.EXE (© Leibniz Institut für Zoo- und Wildtierforschung Berlin) nach Berger et al. 2003 durchgeführt und die dem Leistungskopplungsgrad zugrunde liegende Formel lautet:

$$LKG = \text{Summe aller signifikanten harmonischen}^1 \text{ Perioden} * 100 / \text{Summe aller signifikanten Perioden}$$

¹ Harmonische Perioden sind Perioden, die ganzzahlig in 24 passen.

Die Cosinoranalyse erfolgte mit dem Programm TIME SERIES SINGLE COSINOR 6.3 (© Expert Soft Technologie) nach Nelson et al. (1979) und Bingham et al. (1982). Sie bestimmt die Phasenlage der 24-Stunden-Periodik und testet diese auf Signifikanz. Das bedeutet, mit Hilfe der Cosinoranalyse wird jener Zeitpunkt eines Tages berechnet, an dem ein bestimmtes Verhalten gehäuft beobachtet wurde (Abb. 15).

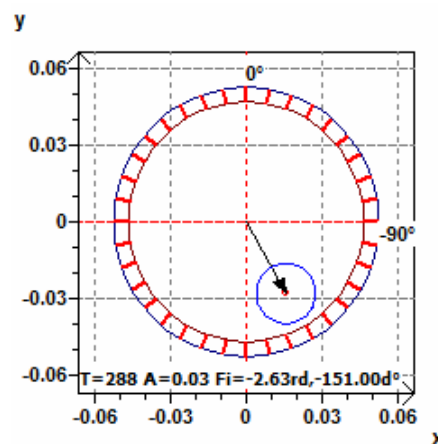


Abb. 15: Akrophase für das Ruheverhalten des Weibchens *Mirra Li* im Jahr 2004 (siehe Ergebnisse)

Abbildung 15 zeigt das Ergebnis einer Cosinoranalyse. Der große Kreis repräsentiert die 24 Stunden eines Tages in Form einer Uhr (0° = 00:00, -90° = 06:00 usw.). Die so genannte Akrophase (Fi) ist jener Winkel, den der Pfeil - ausgehend von 0° - beschreibt. Sie gibt den höchsten Punkt der Schwingung an, also denjenigen Zeitpunkt, um den sich rechnerisch die höchsten Aktivitätswerte gruppieren. Der kleine blaue Kreis gibt das Konfidenzintervall an. Er gibt Auskunft darüber, ob das Tier eine 24-Stunden-Periodik besitzt. Dies ist der Fall, wenn er kleiner als der Pfeil ist – wie oben dargestellt. Dabei gilt, je kleiner der Kreis, desto signifikanter das Ergebnis. Außerdem erhält man die Amplitude (A) der Schwingung. Je länger die Linie des Pfeils ist, desto größer ist die Amplitude, das heißt, umso stärker ist die Schwingung ausgeprägt. Der Buchstabe T gibt die Anzahl der Messwerte an.

Die Akrophase wurde für alle drei Verhaltensweisen berechnet und wie bei den LKG's wurden zusätzlich Daten aus dem Jahr 2004 herangezogen (© Benesch, 2007).

2.4.5 Zeitbudgets und Tag-Nacht-Verhältnis

Für die Zeitbudgets wurde der Mittelwert eines Verhaltens pro 24 Stunden über den gesamten Beobachtungszeitraum gemittelt und die dazugehörigen Standardabweichungen berechnet. Die Zeitbudgets zeigen die prozentuelle Verteilung der einzelnen Verhaltensweisen.

Die Verteilung der Aktivität zwischen Tag und Nacht gibt das Tag-Nacht-Verhältnis an. Daran kann man erkennen, ob es sich um ein tag- oder nachtaktives Tier handelt und wie ausgeprägt diese Eigenschaft ist. Mittelwerte und Standardabweichungen wurden in Microsoft Excel 2003 ermittelt, die Berechnungen davor mittels ACTIONCOUNT (© Tronje Krop, Technische Universität Darmstadt). Die ursprüngliche Formel für das Tag-Nacht-Verhältnis stammt von Risenhoover (1986) und wurde von Krop und Benesch (2007) aufgrund aufgetretener Probleme verbessert:

$$\begin{aligned}
 c_d &= \text{aktive Intervalle pro Tag} & c_n &= \text{aktive Intervalle pro Nacht} \\
 t_d &= \text{gemessene Intervalle pro Tag} & t_n &= \text{gemessene Intervalle pro Nacht} \\
 \bar{c}_d &= \frac{c_d}{t_d} & \bar{c}_n &= \frac{c_n}{t_n} \\
 \text{Ratio } \bar{c}_d, \bar{c}_n &= \begin{cases} \text{undefined} & \text{for } \bar{c}_d = 0, \bar{c}_n = 0 \\ -1 & \text{for } \bar{c}_d = 0, \bar{c}_n \neq 0 \\ 1 & \text{for } \bar{c}_d \neq 0, \bar{c}_n = 0 \\ \frac{\bar{c}_d / \bar{c}_n - 1}{\bar{c}_d / \bar{c}_n + 1} & \text{for } \bar{c}_d \neq 0, \bar{c}_n \neq 0 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Liegt r bei + 1, findet die Aktivität vor allem am Tag statt. Liegt der Wert bei – 1 herrscht mehr Aktivität in der Nacht. Durch diese Formel liegen alle Werte zwischen – 1 und + 1. Zeitbudgets und Tag-Nacht-Verhältnis wurden für alle Verhaltensweisen berechnet und ebenfalls mit Daten aus dem Jahr 2004 verglichen (© Benesch, 2007).

2.4.6 Prä-/Post-Stimulus-Zeit-Histogramme

Die PSTH-Kurven dienen dazu, das Verhalten eines Tieres vor und nach einem externen Reiz darzustellen und zu untersuchen, ob ein Verhalten direkt durch den Reiz ausgelöst wird oder ob bereits

eine Antizipation beim Tier besteht. Die untersuchte Zeitspanne vor und nach dem Reiz kann dabei frei gewählt werden. Die Diagramme wurden für Futteraufnahme und Lokomotion erstellt, dazu wurden die Mittelwerte über einen bestimmten Zeitraum, nämlich 60 Minuten vor und nach dem Stimulus, aufgetragen. Als Stimulus wurde das tägliche Erscheinen des Pflegers um 16:00 zum Wiegen analysiert.

2.4.7 Statistik

Die gesamte Statistik wurde mit SPSS 11.0 für Windows durchgeführt. Zuvor wurden die Daten mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung überprüft. Die Tests zwischen den beiden Tieren (unabhängige Stichproben oder unrelated samples) wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Z-Test durchgeführt, während die Analysen zwischen den einzelnen Verhaltensweisen eines Tieres (abhängige Stichproben oder related samples) auf dem Wilcoxon-Test beruhen. Das Signifikanzniveau p gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der sich zwei Datenmengen voneinander unterscheiden. Beträgt p einen Wert von weniger als 0,05, so sind die Datenmengen signifikant unterschiedlich, das heißt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 %.

3. Ergebnisse

3.1 Chronoethogramme und Aktivitätsprofile

3.1.1 Gesamtaktivität

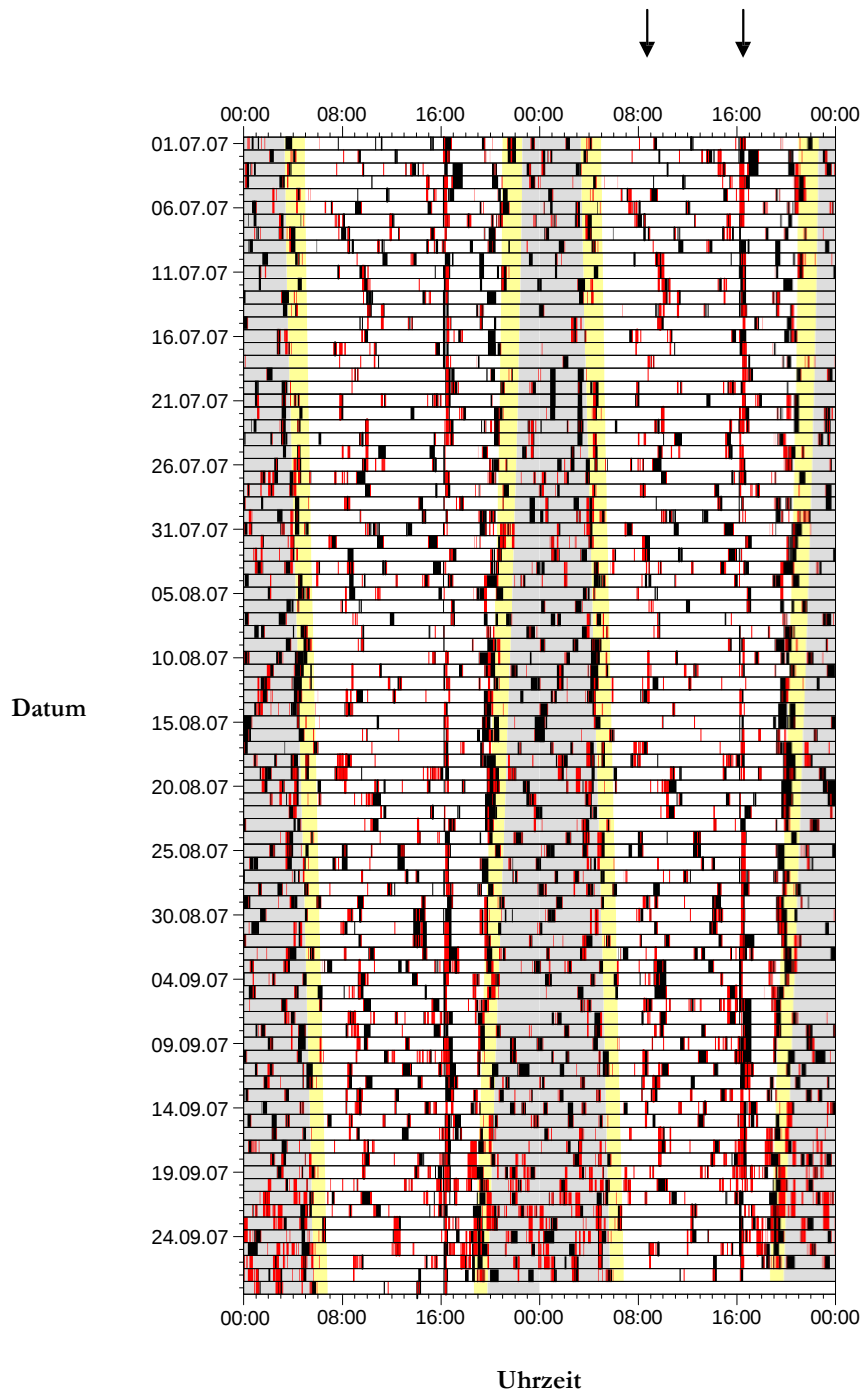


Abb. 16: Doppelplot-Aktogramm der Gesamtaktivität des Weibchens *Mirra Li* vom 01.07. bis 28.09.2007: Hintergrundfarben: grau=Nacht, gelb=Dämmerung, weiß=Tag; Balken: farblos=Ruhen, schwarz=Futteraufnahme, rot=Lokomotion; Pfeile signalisieren Fütterungen

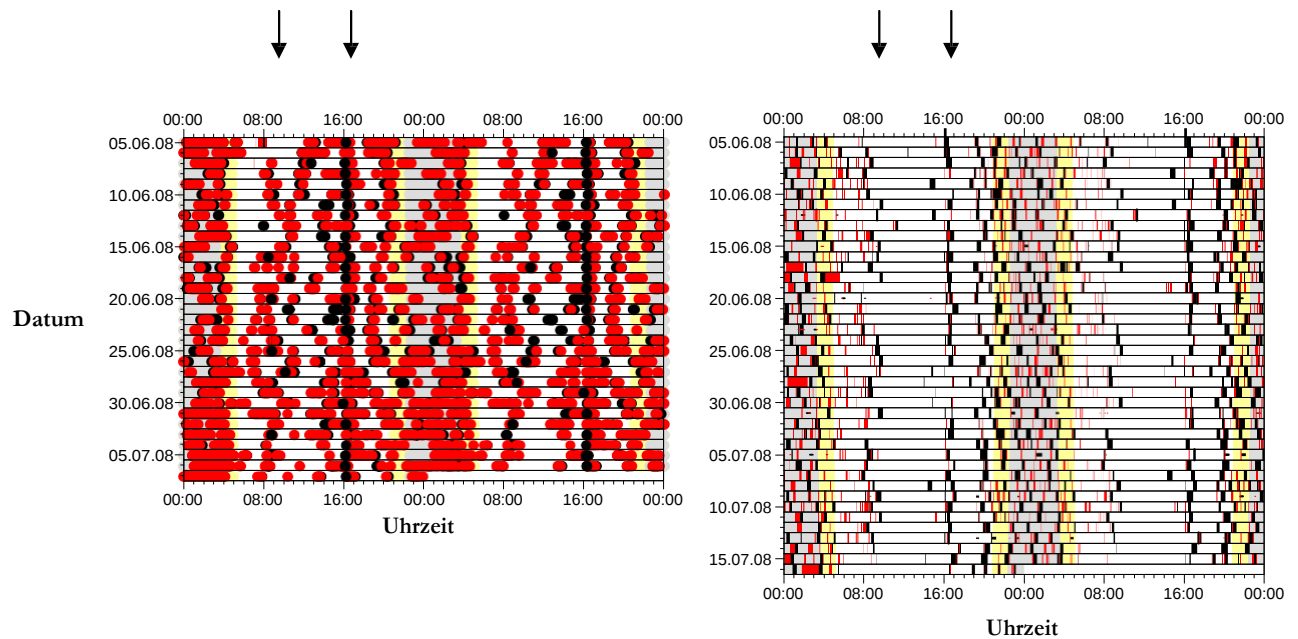


Abb. 17: Doppelplot-Aktogramm der Gesamtaktivität des Weibchens *Mirra Li* (links) vom 05.06. bis 07.07.2008 und des Männchens *Bihyarra* (rechts) vom 05.06. bis 16.07.2008: Hintergrundfarben: grau=Nacht, gelb=Dämmerung, weiß=Tag; Balken: farblos=Ruhen, schwarz=Futteraufnahme, rot=Lokomotion; Pfeile signalisieren Fütterungen

Die Abbildungen 16 und 17 (links) stellen die Gesamtaktivität des Weibchens *Mirra Li* vom 01.07. bis 28.09.2007 und vom 05.06. bis 07.07.2008 dar. Es gibt keine deutliche Unterscheidung zwischen Tag und Nacht im Verhalten des Tieres, *Mirra Li* ist während der gesamten 24 Stunden eines Tages aktiv. Im Jahr 2007 sind Ruheperioden am frühen Morgen, um die Mittagszeit und am späten Nachmittag vorhanden. Nach den Fütterungen am Vormittag (Uhrzeit unterschiedlich) und am Nachmittag (kurz nach 16:00), aber vor allem in der Dämmerung, lässt sich eine erhöhte Futteraufnahme beobachten. Lokomotion findet vermehrt während der Anwesenheit der Pfleger am Vormittag (Reinigung, Fütterung) und am Nachmittag (Wiegen, Fütterung) statt. In der zweiten Septemberhälfte ist zudem eine deutliche Steigerung der Fortbewegung in der Nacht sichtbar. In den Monaten Juli und August zeigt das Weibchen in der Monatsmitte eine geringere Gesamtaktivität als am Monatsanfang und -ende. Im September ist diese Tendenz nicht erkennbar. Im Jahr 2008 findet man regelmäßige Ruhephasen am frühen Morgen, insbesondere am Beginn der Beobachtungsperiode. Futteraufnahme und Lokomotion folgen dem nachmittäglichen Wiegen um 16:00 und sind auch vermehrt um Mitternacht zu finden.

Das Ethogramm des Männchens *Bihyarra* deckt einen Beobachtungszeitraum von sechs Wochen ab (05.06. bis 16.07.2008). Im Gegensatz zum Weibchen zeigt das Männchen einen deutlichen Tag-Nacht-Rhythmus, das heißt, der Großteil der Gesamtaktivität findet in der Nacht statt. Ab dem späten Vormittag bis zum Wiegen um 16:00 sind ausgedehnte Ruhephasen zu erkennen. Daraufhin folgen eine kurze Aktivitätsphase und eine weitere Ruheperiode des Tieres bis etwa 19:00. Futteraufnahme findet vor allem

am frühen Vormittag (circa 08:00), nach der Fütterung am Nachmittag sowie während der Dämmerung statt. Steigerungen in der Lokomotion sind insbesondere am frühen Morgen und um Mitternacht sichtbar. Die Gesamtaktivität *Bihyarras* ist während des ganzen Beobachtungszeitraums gleich bleibend, das bedeutet, es sind keine Phasen im Verlauf dieser sechs Wochen erkennbar, in denen das Tier mehr oder weniger aktiv ist.

3.1.2 Ausgewählte Verhaltensweisen

Zusätzlich zu den Doppelplots des Gesamtverhaltens wurden Doppelplots und Aktivitätsprofile einzelner Verhaltensweisen erstellt.

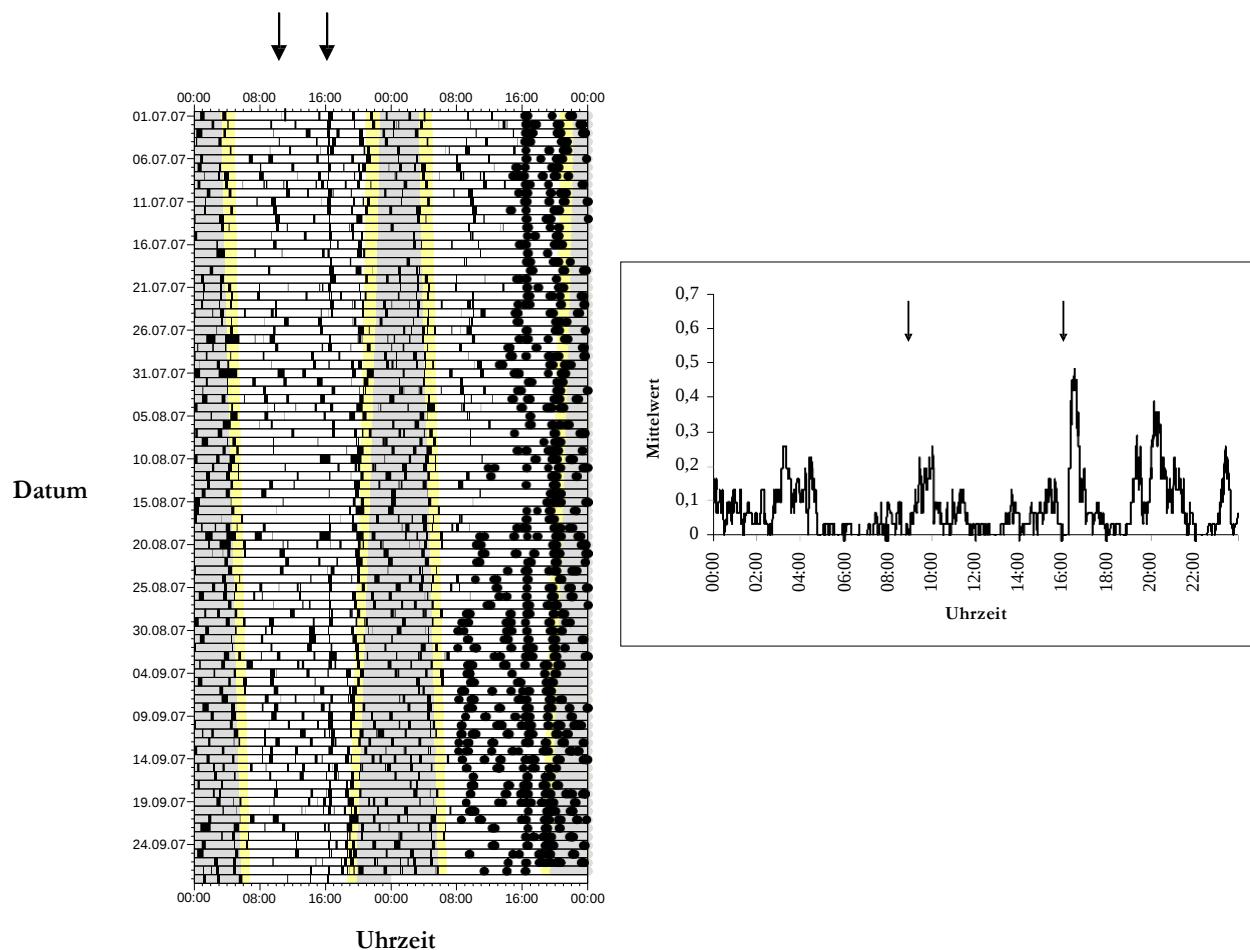


Abb. 18: Futteraufnahme des Weibchens *Mirra Li* vom 01.07. bis 28.09.2007: links: Doppelplot-Aktogramm, rechts: Aktivitätsprofil; Pfeile: Fütterungen

Das oben abgebildete Aktivitätsprofil zeigt die mittlere Futteraufnahme des Weibchens zu den entsprechenden Uhrzeiten vom 01.07. bis 28.09.2007. Man kann eine Abnahme im Fressverhalten von Mitternacht bis circa 03:00 beobachten. Dann folgt ein Peak bis etwa 05:00. In den frühen Morgenstunden

findet fast keine Futteraufnahme statt, während sie ab 08:00 erneut ansteigt. Um 10:00, nach dem Einbringen des frischen Futters, erreicht die Aktivitätskurve den zweiten Peak, daraufhin folgen drei kurze Fressperioden in regelmäßigem Abstand, bis am späten Nachmittag ein deutliches Aktivitätsmaximum erkennbar ist. Danach fällt die mittlere Futteraufnahme stark ab. Um 21:00 und kurz vor Mitternacht frisst das Weibchen jedoch wieder häufiger.

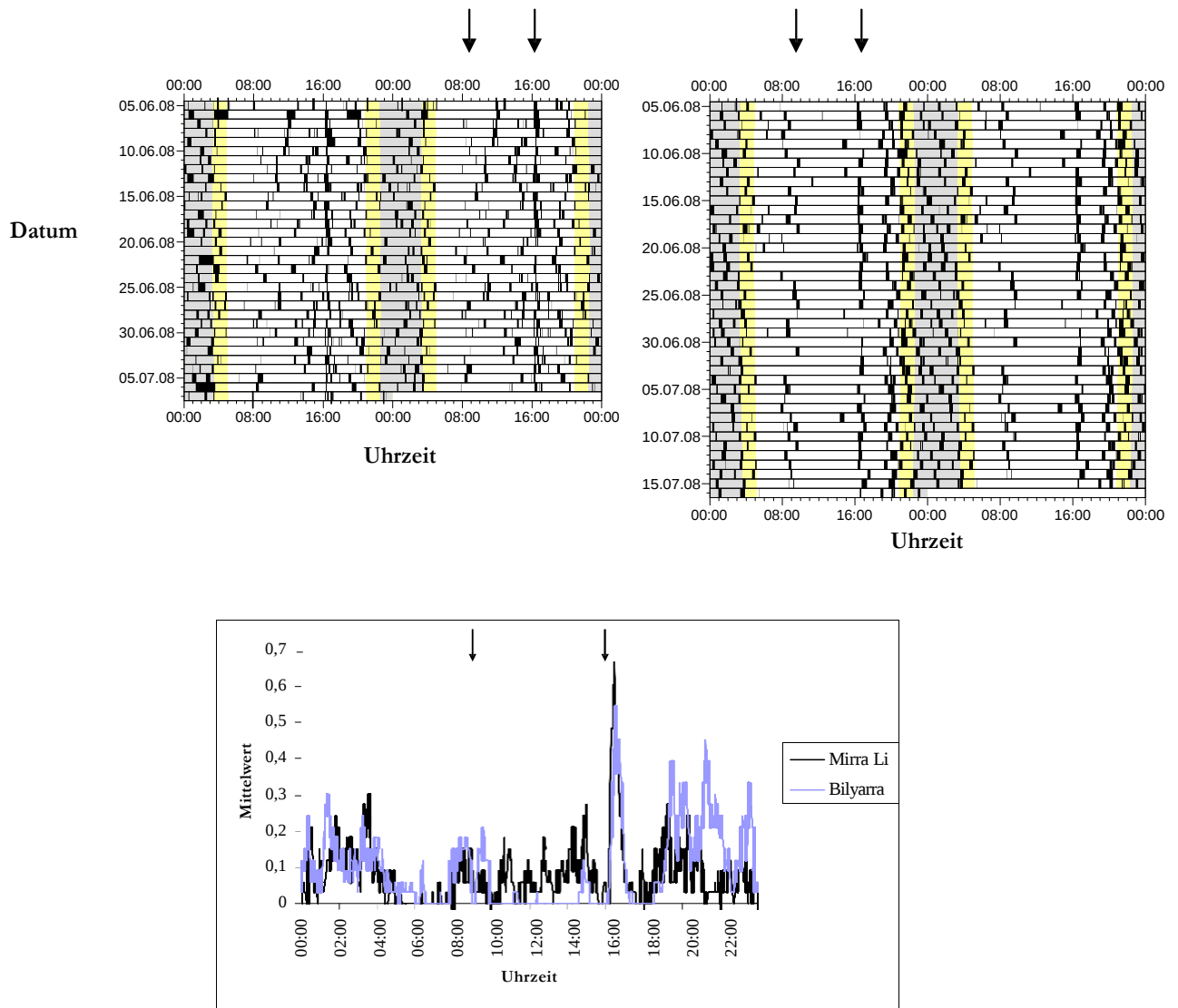


Abb. 19: Futteraufnahme des Weibchens *Mirra Li* und des Männchens *Bilyarra* vom 05.06. bis 07.07.2008: oben links: Doppelplot-Aktogramm *Mirra Li*, oben rechts: Doppelplot-Aktogramm *Bilyarra*, unten: Aktivitätsprofil; Pfeile: Fütterungen

Abbildung 19 (unten) stellt die mittlere Futteraufnahme *Mirra Lis* und *Bilyarras* zu den einzelnen Uhrzeiten vom 05.06. bis 07.07.2008 dar. Der Vergleich zeigt, dass beide Tiere ein Aktivitätsmaximum am späten

Nachmittag nach der zweiten Fütterung aufweisen. Während das Weibchen auch vom späten Vormittag bis zum frühen Nachmittag frisst, findet beim Männchen hier kaum Futteraufnahme statt. Letzteres ist allerdings von 20:00 bis Mitternacht aktiver als das Weibchen und zeigt in dieser Zeit drei größere Peaks. Von Mitternacht bis zum späten Vormittag gleicht sich die Aktivitätskurve der beiden Koalas mit zwei Anstiegen in den frühen Morgenstunden und um etwa 10:00, dazwischen sinkt die Futteraufnahme.

Vergleicht man das Fressverhalten des Weibchens in den Jahren 2007 und 2008, so lässt sich ein sehr ähnliches Muster erkennen. Das Aktivitätsmaximum ist in beiden Jahren nach der zweiten Fütterung zu finden. Auch die schwächeren Peaks stimmen mit einer Ausnahme überein. Während 2007 ein deutlicher Anstieg in der Futteraufnahme um 10:00 zu beobachten ist, findet man diesen im Jahr 2008 erst um 15:00.

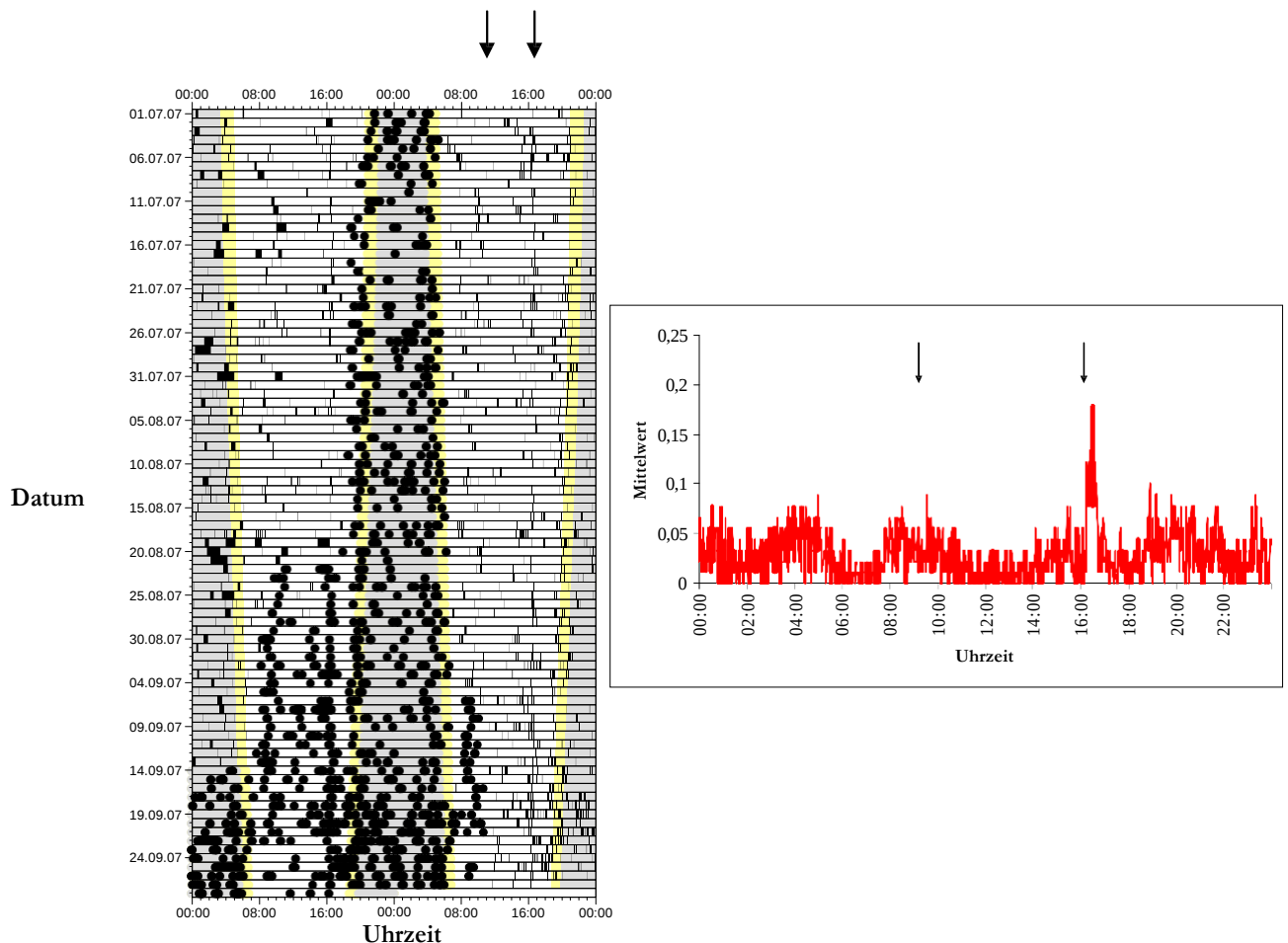


Abb. 20: Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* vom 01.07. bis 28.09.2007: links: Doppelplot-Aktogramm, rechts: Aktivitätsprofil; Pfeile: Fütterungen

Im vorhergehenden Aktivitätsprofil sieht man die mittlere Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* vom 01.07. bis 28.09.2007. Die Aktivitätskurve unterliegt regelmäßigen Schwankungen mit einer deutlichen

Abnahme der Fortbewegung am frühen Morgen und um die Mittagszeit. Weitere Abfälle findet man um 02:00, am frühen Abend und kurz vor Mitternacht. Im Gegensatz dazu steigt die Aktivität des Tieres um 05:00, 10:00 und 21:00. Das absolute Maximum wird wie im Fall der Futteraufnahme um 17:00 erreicht.

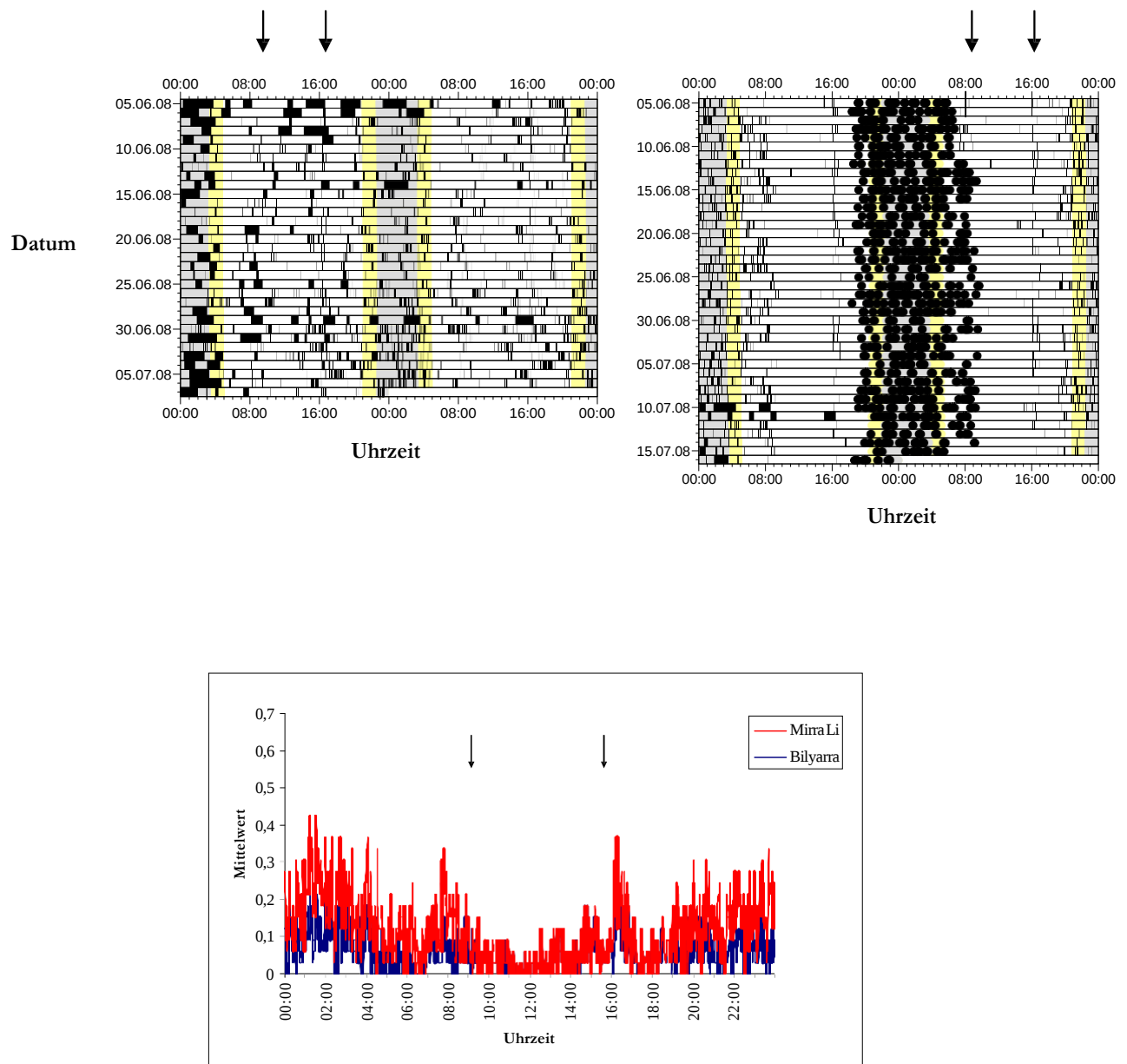


Abb. 21: Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* und des Männchens *Bilyarra* vom 05.06. bis 07.07.2008: oben links: Doppelplot-Aktogramm *Mirra Li*, oben rechts: Doppelplot-Aktogramm *Bilyarra*, unten: Aktivitätsprofil; Pfeile: Fütterungen

Dieses Aktivitätsprofil bildet die mittlere Lokomotion *Mirra Lis* und *Bilyarras* vom 05.06. bis 07.07.2008 ab. Von Mitternacht bis ungefähr 09:00 verläuft die Aktivitätskurve beider Tiere sehr ähnlich. Zunächst

kann man einen Anstieg bis etwa 03:00 erkennen, dann folgt ein Abfall. Die geringsten Werte werden in den frühen Morgenstunden erreicht, ab diesem Zeitpunkt nimmt die Fortbewegung erneut zu. *Mirra Li* weist stets höhere Werte auf als *Bilyarra*. Sie ist zudem während der Mittagszeit lokomotorisch aktiv, während das Männchen bis 16:00 ruht. Den höchsten Wert zeigen beide Tiere am späten Nachmittag, daraufhin beobachtet man eine starke Abnahme der Fortbewegung, bis ab 20:00 die Aktivität beider Koalas wiederum kontinuierlich ansteigt.

Vergleicht man die Lokomotion des Weibchens in den Jahren 2007 und 2008, so sind zwei Unterschiede erkennbar. Während im Jahr 2007 die Fortbewegung des Tieres um 02:00 abnimmt, erreicht sie ein Jahr später um dieselbe Uhrzeit den ersten Peak. Um 05:00 sieht man eine weitere Gegenläufigkeit der Aktivitätskurven; 2007 steigt die Lokomotion zu diesem Zeitpunkt, 2008 fällt sie. Der restliche Verlauf der beiden Kurven ist sehr ähnlich mit einem Aktivitätsmaximum um circa 17:00.

3.2 Zeitbudgets und Tag-Nacht-Verhältnis

3.2.1 Zeitbudgets

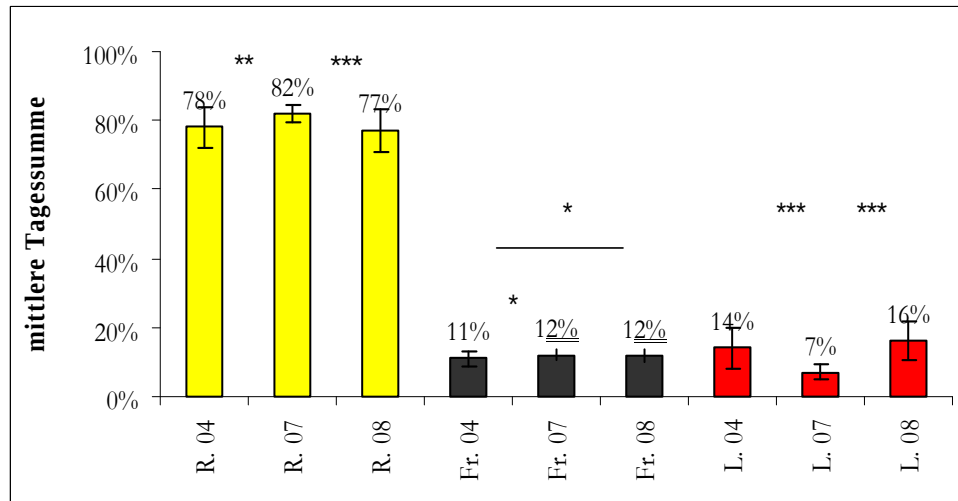


Abb. 22: Zeitbudget des Weibchens *Mirra Li* in den Jahren 2004 (10.06. bis 10.07.), 2007 (01.07. bis 31.07.) und 2008 (05.06. bis 05.07.) mit Standardabweichung: x-Achse=Verhaltensweise, y-Achse: mittlere Tagessumme des Verhaltens; Abkürzungen: R=Ruhen, Fr=Fressen, L=Lokomotion; Signifikanzniveaus: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, Werte beziehen sich auf benachbarte bzw. durch Linie verbundene Stichproben

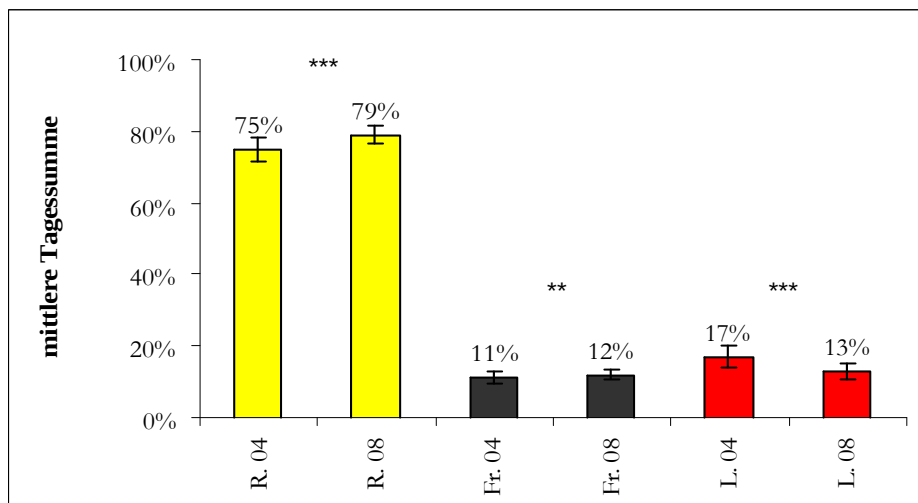


Abb. 23: Zeitbudget des Männchens *Bilyarra* in den Jahren 2004 (10.06. bis 10.07.) und 2008 (05.06. bis 05.07.) mit Standardabweichung: x-Achse=Verhaltensweise, y-Achse: mittlere Tagessumme des Verhaltens; Abkürzungen: R=Ruhen, Fr=Fressen, L=Lokomotion; Signifikanzniveaus: ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, Werte beziehen sich auf benachbarte Stichproben

Die Abbildungen 22 und 23 stellen die Zeitbudgets der Koalas in den Jahren 2004 (10.06. bis 10.07.), 2007 (nur *Mirra Li*, 01.07. bis 31.07.) und 2008 (05.06. bis 05.07.) dar.

Ruhen

Beide Tiere ruhen etwa 70 bis 80 % der Zeit eines Tages. *Mirra Li* zeigt 2007 mit 82 % eine größere mittlere Tagessumme als in den beiden anderen Jahren mit 78 und 77 % (Wilcoxon-Test, [R. 04 und R. 07 $\hat{p}=0,002$; R. 07 und R. 08 $\hat{p}=0,000$; R. 04 und R. 08 $\hat{p}=0,399$]). *Bihyarra* ruht im Jahr 2008 mit 79 % im Mittel häufiger als im Jahr 2004 mit 75 % (Wilcoxon-Test, $p=0,000$). Vergleicht man die beiden Tiere miteinander, so ist der Wert des Weibchens im Jahr 2004 höher, während das Männchen häufiger im Jahr 2008 ruht (Kolmogorov-Smirnov-Z-Test, [R. 04 $p=0,014$; R. 08 $p=0,41$]).

Futteraufnahme

10 bis 15 % ihrer Zeit verbringen die beiden Koalas pro Tag mit der Futteraufnahme. Bei *Mirra Li* sind im Fressverhalten kaum Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren erkennbar (Wilcoxon-Test, [Fr. 04 und Fr. 07 $\hat{p}=0,013$; Fr. 04 und Fr. 08 $\hat{p}=0,011$; Fr. 07 und Fr. 08 $\hat{p}=0,909$]). *Bihyarra*s mittlere Tagessumme steigt 2008 mit 12 % gegenüber jener im Jahr 2004 mit 11 % etwas an (Wilcoxon-Test, $p=0,019$). Die Werte der beiden Koalas sind in den Jahren 2004 und 2008 identisch (Kolmogorov-Smirnov-Z-Test, [Fr. 04 $p=0,250$; Fr. 08 $p=0,921$]).

Lokomotion

Etwa 10 bis 15 % eines Tages sind die Tiere lokomotorisch aktiv. Eine Ausnahme stellt dabei *Mirra Li* im Jahr 2007 mit einem Mittelwert von nur 7 % dar. In den zwei anderen Jahren ist das Weibchen deutlich aktiver mit 14 und 16 % (Wilcoxon-Test, [L. 04 und L. 07 $\hat{p}=0,000$; L. 04 und L. 08 $\hat{p}=0,176$; L. 07 und L. 08 $\hat{p}=0,000$]). Bei *Bihyarra* sinkt der Mittelwert 2008 gegenüber jenem im Jahr 2004 von 17 auf 13 % (Wilcoxon-Test, $p=0,000$). Bei einem Vergleich der Tiere ist das Weibchen 2008 und das Männchen 2004 lokomotorisch aktiver (Kolmogorov-Smirnov-Z-Test, [L. 04 $p=0,011$; L. 08 $p=0,064$]).

3.2.2 Tag-Nacht-Verhältnis

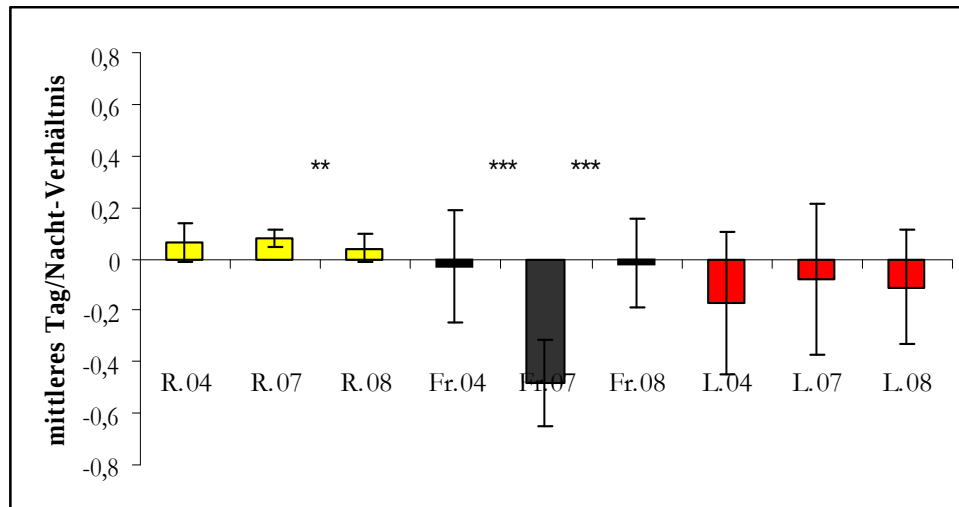


Abb. 24: Tag/Nacht-Verhältnis des Weibchens *Mirra Li* in den Jahren 2004 (10.06. bis 10.07.), 2007 (01.07. bis 31.07.) und 2008 (05.06. bis 05. 07.) mit Standardabweichung: Abkürzungen: R=Ruhen, Fr=Fressen, L=Lokomotion; Signifikanzniveaus: ** p<0,01, *** p<0,001, Werte beziehen sich auf benachbarte Stichproben

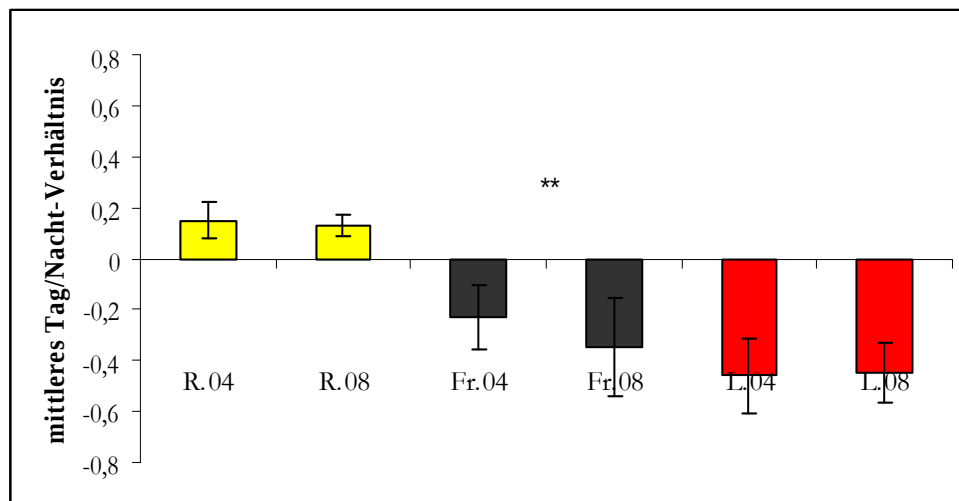


Abb. 25: Tag/Nacht-Verhältnis des Männchens *Biharra* in den Jahren 2004 (10.06. bis 10.07.) und 2008 (05.06. bis 05.07.) mit Standardabweichung: Abkürzungen: R=Ruhen, Fr=Fressen, L=Lokomotion; Signifikanzniveaus: ** p<0,01, Wert bezieht sich auf benachbarte Stichproben

Die beiden Graphiken zeigen das Tag/Nacht-Verhältnis der einzelnen Verhaltensweisen der Koalas in den Jahren 2004 (10.06. bis 10.07.), 2007 (nur *Mirra Li*, 01.07. bis 31.07.) und 2008 (05.06. bis 05.07.).

Ruhen

Man kann hier von einer ausgeglichenen Verteilung des Ruheverhaltens zwischen Tag und Nacht sprechen, wobei *Bihyarra* höhere Werte als *Mirra Li* erreicht. Bei letzterer ergibt sich ein signifikanter Unterschied im Ruheverhalten zwischen den Jahren 2007 und 2008 (Wilcoxon-Test, [R. 04 und R. 07 $\hat{p}=0,153$; R. 04 und R. 08 $\hat{p}=0,638$; R. 07 und R. 08 $\hat{p}=0,003$]) und auch der Vergleich der Koalas führt 2004 und 2008 zu hochsignifikanten Ergebnissen (Kolmogorov-Smirnov-Z-Test, $p=0,000$).

Futteraufnahme

Die Futteraufnahme findet bei *Bihyarra* vor allem in der Nacht statt. *Mirra Li* zeigt einen großen Unterschied zwischen 2007 und den anderen Jahren, in denen die Werte sehr nahe an Null liegen. Testet man ihre Tag/Nacht-Verhältnisse der einzelnen Jahre statistisch, so erhält man für die Vergleiche 2004 und 2007 sowie 2007 und 2008 einen signifikanten Wert (Wilcoxon-Test, [Fr. 04 und Fr. 07 $\hat{p}=0,000$; Fr. 04 und Fr. 08 $\hat{p}=0,891$; Fr. 07 und Fr. 08 $\hat{p}=0,000$]). *Bihyarra*s Daten ergeben ebenso eine signifikante Wahrscheinlichkeit (Wilcoxon-Test, $p=0,007$) wie auch der Vergleich der Tiere in den Jahren 2004 und 2008 (Kolmogorov-Smirnov-Z-Test, $p=0,000$).

Lokomotion

Lokomotorische Aktivität zeigt sich im Fall des Männchens hauptsächlich in der Nacht, somit ist es stärker nachtaktive als das Weibchen. Signifikante Ergebnisse gibt es hier nur zwischen den Tieren (Kolmogorov-Smirnov-Z-Test, $p=0,000$), nicht aber, wenn man die Fortbewegung der einzelnen Tiere in den verschiedenen Jahren vergleicht.

3.3 Leistungskopplungsgrade und Cosinor

3.3.1 Leistungskopplungsgrade

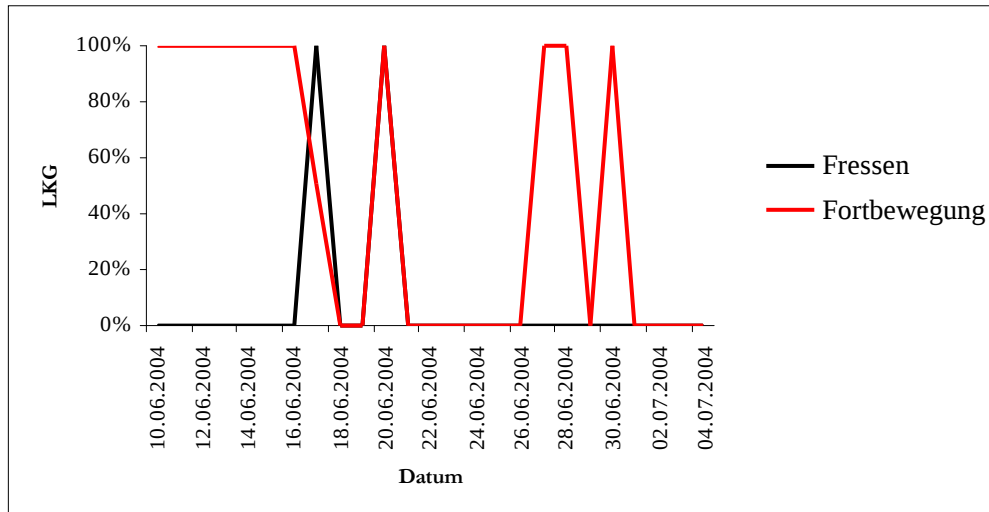


Abb. 26: Leistungskopplungsgrad für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* vom 10.06. bis 10.07.2004

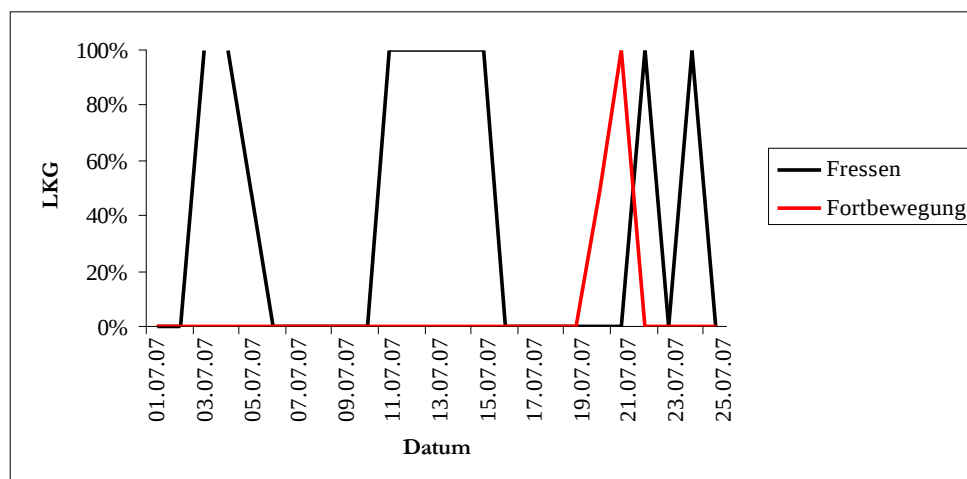


Abb. 27: Leistungskopplungsgrad für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* vom 01.07. bis 31.07.2007

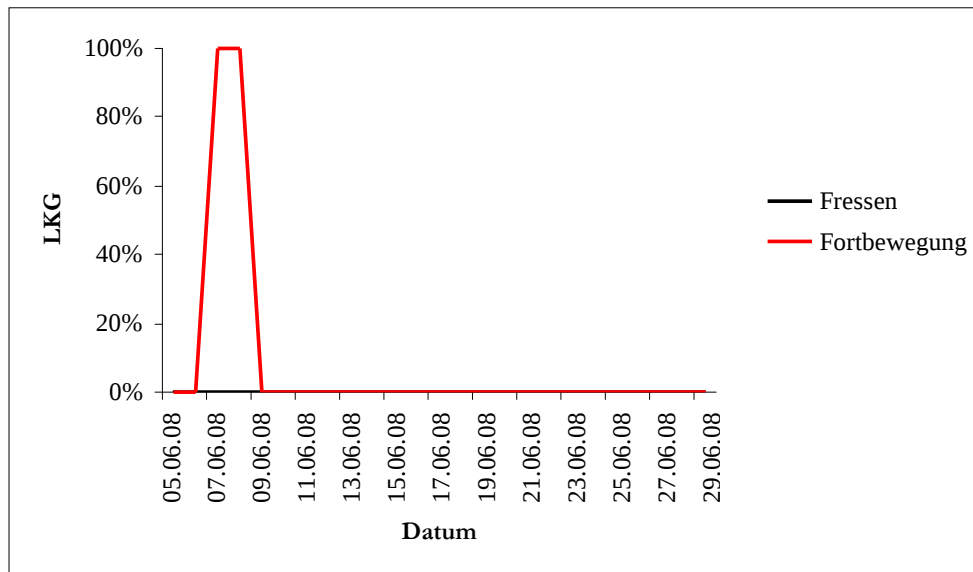


Abb. 28: Leistungskopplungsgrad für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* vom 05.06. bis 05.07.2008

Die drei vorhergehenden Abbildungen zeigen die Leistungskopplungsgrade des Weibchens *Mirra Li* für Futteraufnahme und Lokomotion in den Jahren 2004 (10.06. bis 10.07.), 2007 (01.07. bis 31.07.) und 2008 (05.06. bis 05.07.).

Futteraufnahme

Wie man in den vorhergehenden Abbildungen sehen kann, gibt es große Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren. 2004 beträgt der Leistungskopplungsgrad während der ersten Beobachtungswoche 0 %. Am 17. Juni erfolgt ein Anstieg des LKGs auf 100 %, der kurz darauf allerdings wiederum auf 0 % abfällt. Ein neuerlicher Anstieg auf 100 % findet am 21. Juni statt, am 22. Juni sinkt der Leistungskopplungsgrad des Weibchens erneut auf 0 %. Dieser Wert bleibt bis zum Ende der Beobachtungsperiode erhalten. Im Jahr 2007 steigt der Leistungskopplungsgrad insgesamt vier Mal auf 100 %, am Anfang, in der Mitte und am Ende des Monats. Die beiden Anstiege Ende Juli halten sich jeweils nur einen Tag. In der Monatsmitte besitzt das Tier eine Woche lang einen LKG von 100 %, am Monatsanfang nur ein paar Tage. Anfang Juli fällt auf, dass die Erhöhung des LKGs rascher erfolgt als dessen Abnahme. An den übrigen Tagen zeigt *Mirra Li* einen Leistungskopplungsgrad von 0 %. 2008 gibt es keinerlei Schwankungen, sondern der LKG des Tieres beträgt während der gesamten Beobachtungszeit von 31 Tagen 0 %.

Lokomotion

Auch der Leistungskopplungsgrad für die Fortbewegung ist in den Jahren 2004, 2007 und 2008 sehr unterschiedlich. 2004 beträgt er bis Mitte Juni 100 %. Vom 16. bis 19. Juni sinkt er auf 0 %. Einen Tag später steigt der LKG erneut und fällt kurz darauf wieder - wie der LKG für die Futteraufnahme (dieser

Teil der Kurve ist in Abb. 26 aufgrund der Überlappung nicht sichtbar). Ende Juni/Anfang Juli treten zwei weitere Phasen von einem und zwei Tagen auf, in denen der Leistungskopplungsgrad des Weibchens 100 % erreicht; an den restlichen Tagen beträgt er 0 %. Im Jahr 2007 kommt nur ein einziger Tag in der letzten Juliwoche vor, an dem der LKG seinen Maximalwert von 100 % annimmt. An allen anderen Tagen liegt er bei 0 %. 2008 sieht es ähnlich aus wie 2007. Allerdings hat das Tier hier nicht am Monatsende, sondern am Anfang einen LKG von 100 %, der zwei Tage lang diesen Wert beibehält.

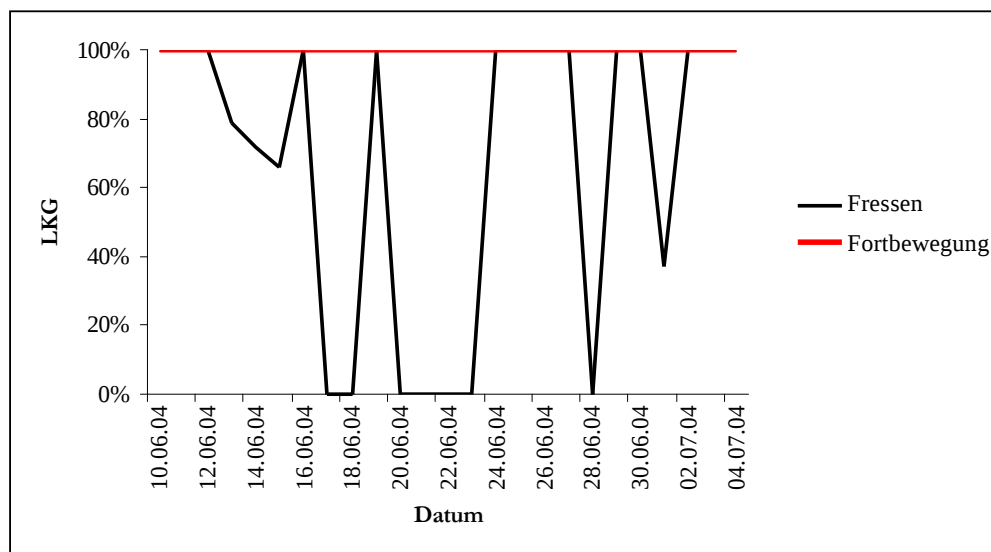


Abb. 29: Leistungskopplungsgrad für Futteraufnahme und Lokomotion des Männchens *Bihyarra* vom 10.06. bis 10.07.2004

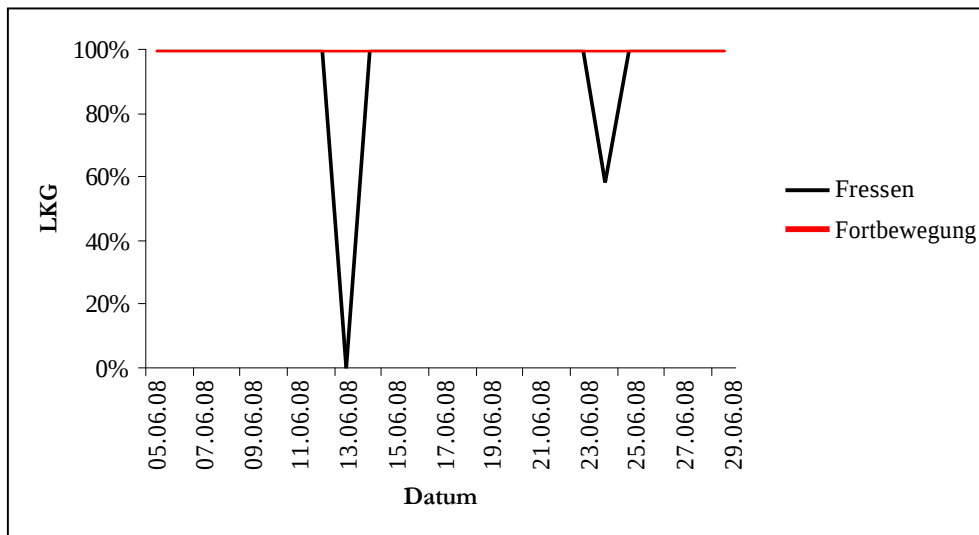


Abb. 30: Leistungskopplungsgrad für Futteraufnahme und Lokomotion des Männchens *Bihyarra* vom 05.06. bis 05.07.2008

In den Abbildungen 29 und 30 sind die Leistungskopplungsgrade des Männchens *Bihyarra* für Futteraufnahme und Lokomotion in den Jahren 2004 (10.06. bis 10.07.) und 2008 (05.06. bis 05.07.) dargestellt.

Futteraufnahme

Die Kurven der einzelnen Jahre unterscheiden sich sehr deutlich voneinander. Im Jahr 2004 unterliegt der Leistungskopplungsgrad des Männchens zum Teil starken und häufig auftretenden Schwankungen. Drei Mal fällt sein Wert von 100 auf 0 %, ein Mal von 100 auf 40 und ein fünftes Mal von 100 auf 60 %. Der dritte Einbruch ist der größte und zeigt, dass *Bihyarra* hier über mehrere Tage einen LKG von 0 % besitzt. Interessant ist außerdem der Verlauf des ersten Abfalls. Dieser erfolgt relativ langsam im Laufe einiger Tage, während der Anstieg am 15. Juni sehr rasch abläuft. 2008 beträgt der LKG von *Bihyarra* größtenteils 100 %. Zwei kurze Einbrüche am 14. sowie am 25. Juni sind zu sehen. Bei ersterem findet eine Reduktion von 100 auf 0, bei letzterem von 100 auf 60 % statt.

Lokomotion

Die Leistungskopplungsgrade für die Fortbewegung des Männchens sind in den Jahren 2004 und 2008 völlig identisch. Sie besitzen jeweils über die gesamte Beobachtungsperiode ihren Maximalwert von 100 %.

Vergleicht man die beiden Koalas miteinander, so sieht man, dass die Tiere extrem unterschiedlich sind. Das Weibchen besitzt zum Großteil einen Leistungskopplungsgrad von 0 %. Steigerungen kommen recht selten und in unregelmäßigen Abständen vor. Im Gegensatz dazu überwiegt beim Männchen ein LKG von 100 %, insbesondere bei der Fortbewegung.

3.3.2 Cosinor

Der Cosinor wurde nicht nur für die Futteraufnahme und die Lokomotion der Tiere berechnet, sondern auch für deren Ruheverhalten.

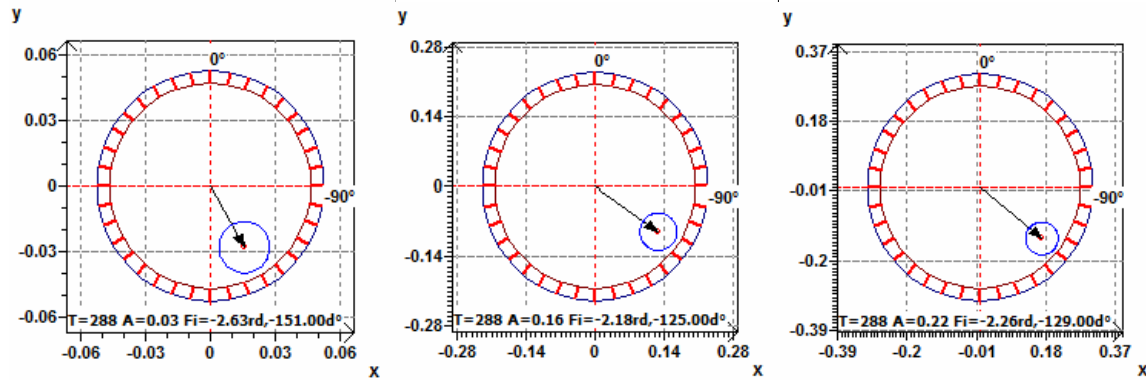


Abb. 31: Akrophase für das Ruheverhalten des Weibchens *Mirra Li* in den Jahren 2004 (links), 2007 (Mitte) und 2008 (rechts): Abkürzungen: T=Anzahl der Messpunkte pro Periode, A=Amplitude der Schwingung, Fi=Akrophase

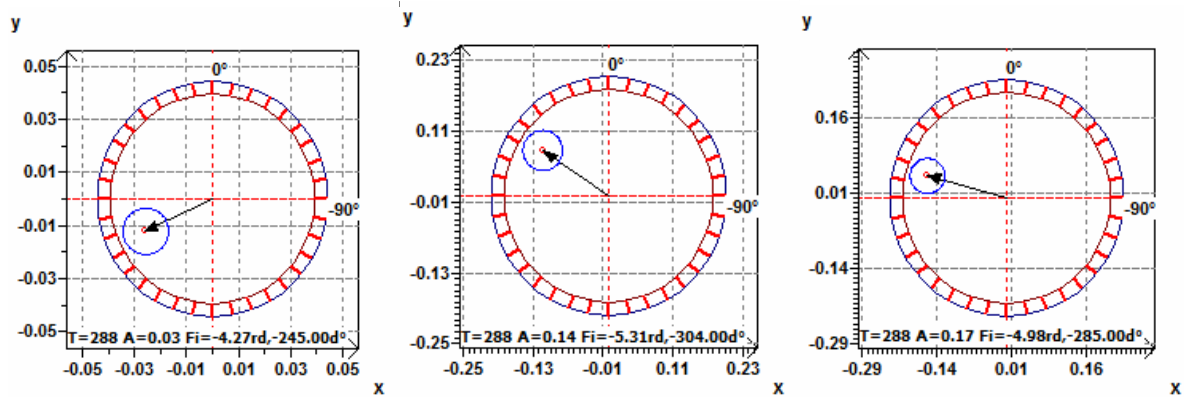


Abb. 32: Akrophase für das Fressverhalten des Weibchens *Mirra Li* in den Jahren 2004 (links), 2007 (Mitte) und 2008 (rechts): Abkürzungen: T=Anzahl der Messpunkte pro Periode, A=Amplitude der Schwingung, Fi=Akrophase

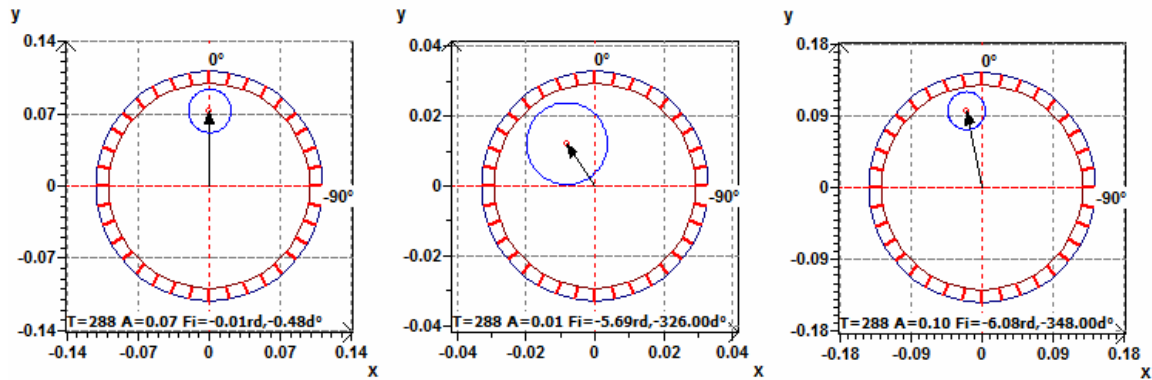


Abb. 33: Akrophase für die Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* in den Jahren 2004 (links), 2007 (Mitte) und 2008 (rechts): Abkürzungen: T=Anzahl der Messpunkte pro Periode, A=Amplitude der Schwingung, Fi=Akrophase

Die vorhergehenden Abbildungen stellen die Akrophasen der einzelnen Verhaltensweisen für das Weibchen *Mirra Li* in den Jahren 2004 (10.06. bis 12.07.), 2007 (01.07. bis 02.08.) und 2008 (05.06. bis 07.07.) dar.

Ruhen

Man kann sehen, dass *Mirra Li* in ihrem Ruheverhalten eine signifikante 24-Stunden-Rhythmik besitzt. Wenn man die einzelnen Jahre vergleicht, ist zu erkennen, dass die Amplitude (Ausprägung) und die Signifikanz im Lauf der Jahre zunehmen. 2004 liegt die Akrophase für *Mirra Li*s Ruheverhalten bei 10:00. Im Jahr 2007 kommt es zu einer Vorverlagerung der Akrophase auf 08:00. 2008 befindet sich diese bei etwa 09:00, im Vergleich zum Vorjahr findet also eine Rückverlagerung um eine Stunde statt.

Futteraufnahme

Mirra Li zeigt auch in ihrem Fressverhalten einen 24-Stunden-Rhythmus und die Amplitude steigt hier ebenfalls mit den Jahren an. Im Jahr 2004 befindet sich die Akrophase der Futteraufnahme bei 16:00. 2007 liegt diese vier Stunden später, also bei 20:00. 2008 kommt es zu einer Rückverlagerung der Akrophase auf 19:00.

Lokomotion

2004 weist das Weibchen ihre Akrophase für lokomotorische Aktivität um Mitternacht auf. Im Jahr 2007 verlagert sich diese um zwei Stunden nach vorne, während sie 2008 wieder bei 23:00 liegt, also eine Stunde später im Vergleich zum Vorjahr. Alle Ergebnisse sind signifikant und das Tier zeigt eine 24-Stunden-Periodik in seinem Verhaltensmuster.

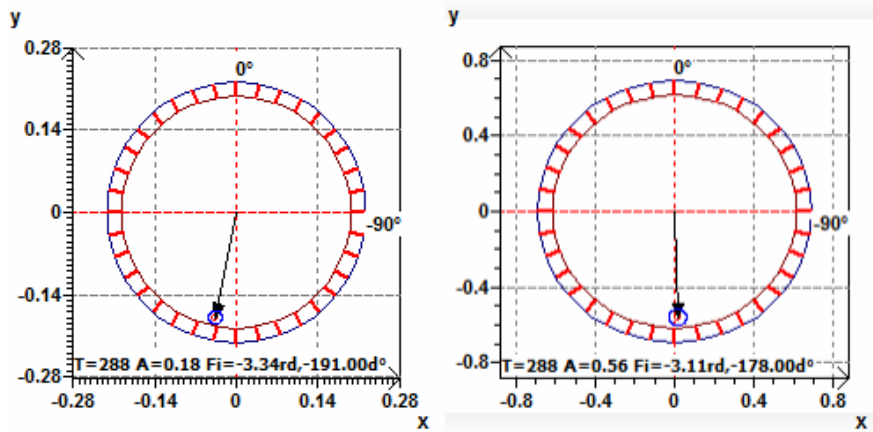


Abb. 34: Akrophase für das Ruheverhalten des Männchens *Bihyarra* in den Jahren 2004 (links) und 2008 (rechts):
Abkürzungen: T=Anzahl der Messpunkte pro Periode, A=Amplitude der Schwingung, Fi=Akrophase

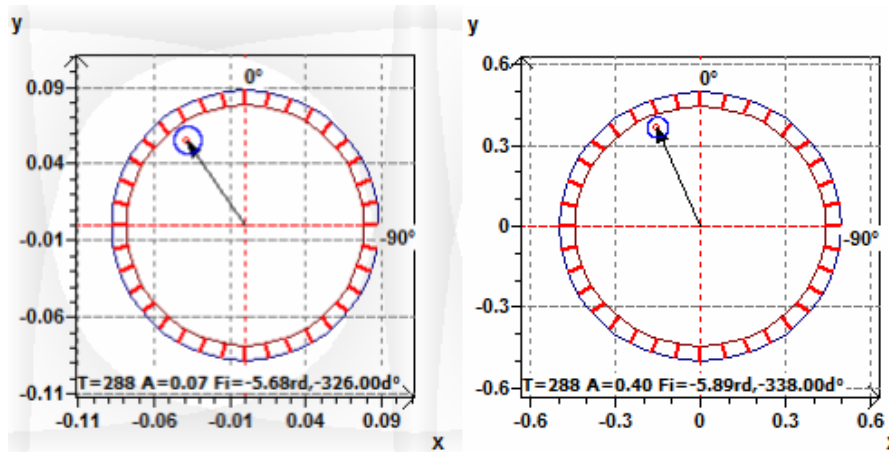


Abb. 35: Akrophase für das Fressverhalten des Männchens *Bihyarra* in den Jahren 2004 (links) und 2008 (rechts):
Abkürzungen: T=Anzahl der Messpunkte pro Periode, A=Amplitude der Schwingung, Fi=Akrophase

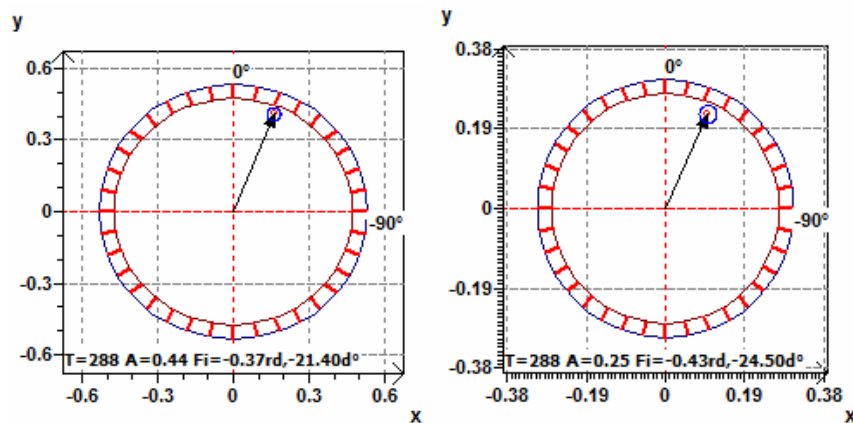


Abb. 36: Akrophase für die Lokomotion des Männchens *Bihyarra* in den Jahren 2004 (links) und 2008 (rechts):
Abkürzungen: T=Anzahl der Messpunkte pro Periode, A=Amplitude der Schwingung, Fi=Akrophase

Die Abbildungen auf der vorhergehenden Seite zeigen die Cosinorberechnungen der unterschiedlichen Verhaltensweisen für das Männchen *Bilyarra* in den Jahren 2004 (10.06. bis 12.07.) und 2008 (05.06. bis 07.07.).

Ruhen

2004 liegt die Akrophase des Ruheverhaltens des Tieres bei 13:00. 2008 hat eine Vorverlagerung der Akrophase auf 12:00 stattgefunden. Beide Ergebnisse sind höchst signifikant, d. h. *Bilyarra* zeigt eine ausgeprägte 24-Stunden-Rhythmik in seinem Ruheverhalten. Die Amplitude ist im Jahr 2004 kleiner als im Jahr 2008.

Futteraufnahme

Sowohl 2004 als auch 2008 befindet sich die Akrophase für die Futteraufnahme bei etwa 22:00. Die Ergebnisse weisen eine hohe Signifikanz auf, also läuft auch das Fressverhalten *Bilyarras* in einem 24-Stunden-Rhythmus ab. Die Amplitude erreicht 2008 einen größeren Wert als 2004.

Lokomotion

2004 zeigt *Bilyarra* seine Akrophase für lokomotorische Aktivität um 01:00, 2008 eine Stunde später um 02:00. Die Signifikanz der Ergebnisse ist sehr hoch, also ist eine 24-Stunden-Rhythmik im Verhaltensmuster des Koalas gegeben. Die Amplitude ist im Jahr 2008 kleiner als im Jahr 2004.

Gegenüberstellung der Tiere

Bei einem Vergleich der beiden Koalas sieht man, dass *Mirra Li* vor allem am Vormittag und *Bilyarra* vermehrt um die Mittagszeit ruht. Im Fall der Futteraufnahme erreicht das Weibchen seine Akrophase am frühen Abend, das Männchen am späten Abend. Ein geringerer Unterschied findet sich bei der Fortbewegung. *Mirra Li* ist insbesondere kurz vor Mitternacht, *Bilyarra* kurz nach Mitternacht lokomotorisch aktiv.

3.4Prä-/Post-Stimulus-Diagramme

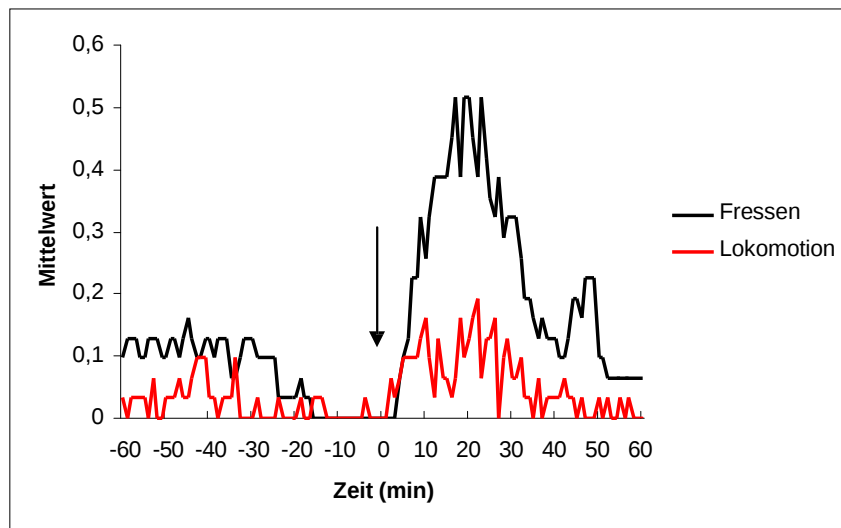


Abb. 37: PSTH-Diagramm für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* im Juli 2007: Achsen: x-Achse = Zeit in Minuten vor und nach dem Stimulus, y-Achse: Mittelwert der jeweiligen Verhaltensweise; Pfeil: Auftreten des Stimulus

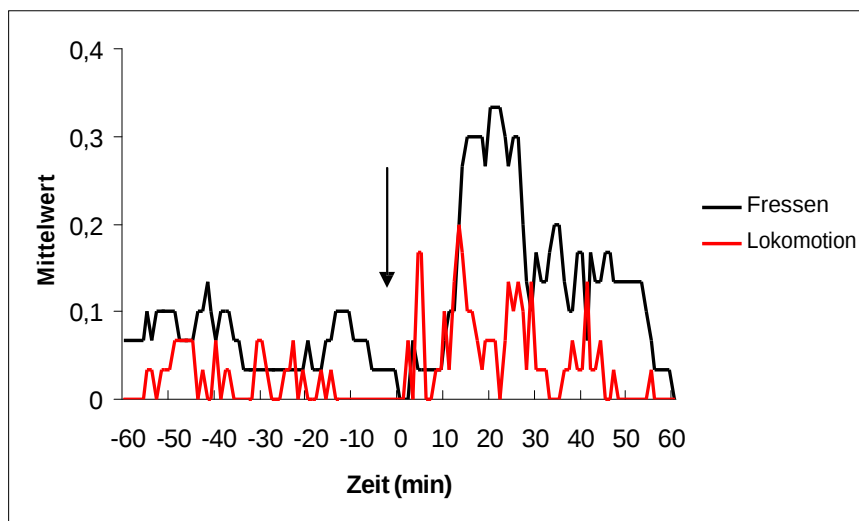


Abb. 38: PSTH-Diagramm für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* im August 2007: Achsen: x-Achse = Zeit in Minuten vor und nach dem Stimulus, y-Achse: Mittelwert der jeweiligen Verhaltensweise; Pfeil: Auftreten des Stimulus

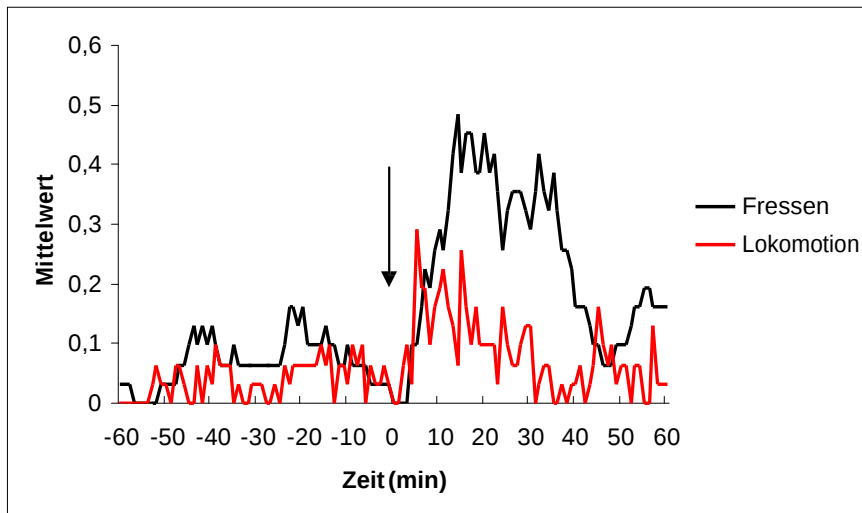


Abb. 39: PSTH-Diagramm für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* im September 2007: Achsen: x-Achse = Zeit in Minuten vor und nach dem Stimulus, y-Achse: Mittelwert der jeweiligen Verhaltensweise; Pfeil: Auftreten des Stimulus

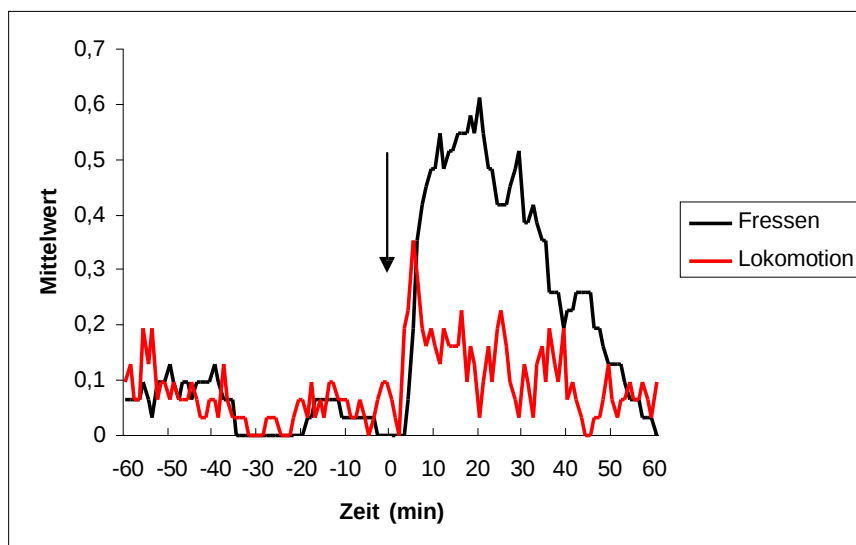


Abb. 40: PSTH-Diagramm für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* vom 05.06. bis 05.07.2008: Achsen: x-Achse=Zeit in Minuten vor und nach dem Stimulus, y-Achse: Mittelwert der jeweiligen Verhaltensweise; Pfeil: Auftreten des Stimulus

Die vier vorangegangenen PSTH-Diagramme zeigen Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* in den Jahren 2007 (01.07. bis 28.09.) und 2008 (05.06. bis 05.07.) nach dem Auftreten eines externen Stimulus. Das tägliche Erscheinen des Pflegers um etwa 16:00 (Wiegen, Fütterung) entspricht dabei dem Stimulus.

Beim Auftauchen des Pflegers erreichen Futteraufnahme und Lokomotion ihre niedrigsten Werte. Unmittelbar danach erreicht die Fortbewegung des Tieres ihren Maximalwert, das Aktivitätsmaximum des Fressverhaltens zeigt sich etwas später, circa 20 Minuten nach dem Betreten des Koalageheges durch den Pfleger, nachdem die zweite Teilfütterung stattgefunden hat. Die Werte für das Fressverhalten liegen stets über denen der Fortbewegung. Die Graphiken vom Sommer 2007 ähneln einander stark, indem die Aktivitätskurven einen sehr ähnlichen Verlauf aufweisen. Das Diagramm vom Sommer 2008 unterscheidet sich dadurch von den restlichen, dass *Mirra Li* in der Zeit vor dem Stimulus weniger aktiv ist.

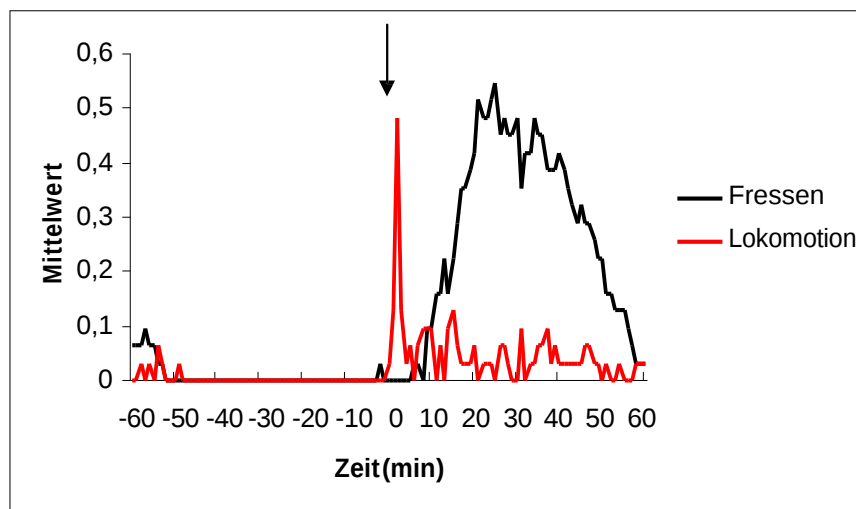


Abb. 41: PSTH-Diagramm für Futteraufnahme und Lokomotion des Männchens *Bilyarra* vom 05.06. bis 05.07.2008: Achsen: x-Achse = Zeit in Minuten vor und nach dem Stimulus, y-Achse: Mittelwert der jeweiligen Verhaltensweise; Pfeil: Auftreten des Stimulus

Abbildung 41 stellt Futteraufnahme und Lokomotion des Männchens *Bilyarra* im Sommer 2008 (05.06. bis 05.07.) nach dem Auftreten eines externen Stimulus dar.

Anhand der Graphik sieht man, dass vor dem Stimulus kaum Aktivität stattfindet, das ist ein deutlicher Unterschied zum Verhalten des Weibchens. Beim Erscheinen des Pflegers ist *Bilyarra* sofort sehr aktiv, sodass hier die mittlere Lokomotion ihren Maximalwert erreicht und somit über den Werten der Futteraufnahme liegt. Danach nimmt die Fortbewegung wieder stark ab und bleibt auf diesem niedrigen Niveau. Die Futteraufnahme steigt im Gegensatz dazu kontinuierlich an und ist etwa 25 Minuten nach Einsetzen des Reizes am größten, nach der nachmittäglichen Fütterung.

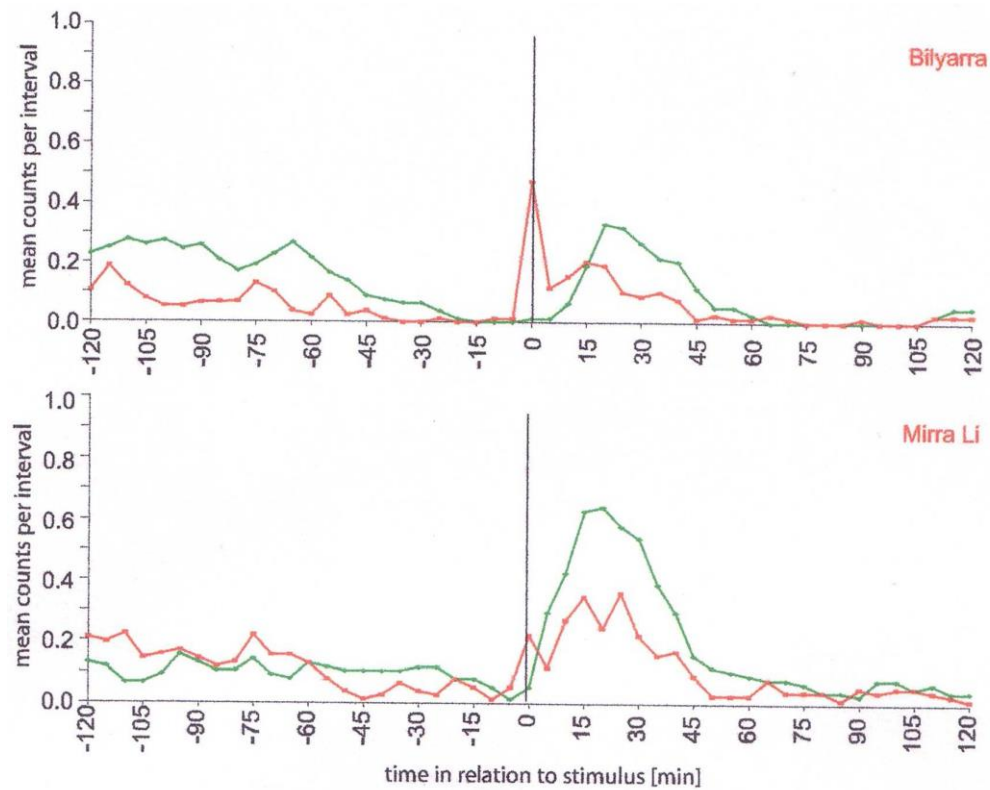


Abb. 42: PSTH-Diagramme für Futteraufnahme und Lokomotion des Männchens *Bilyarra* und des Weibchens *Mirra Li* (© Benesch, 2007): Achsen: x-Achse = Zeit in Minuten vor und nach dem Stimulus, y-Achse: Mittelwert der jeweiligen Verhaltensweise; Linie: Auftreten des Stimulus; grüne Kurve = Futteraufnahme, rote Kurve = Lokomotion

3.5 Aufenthaltsorte

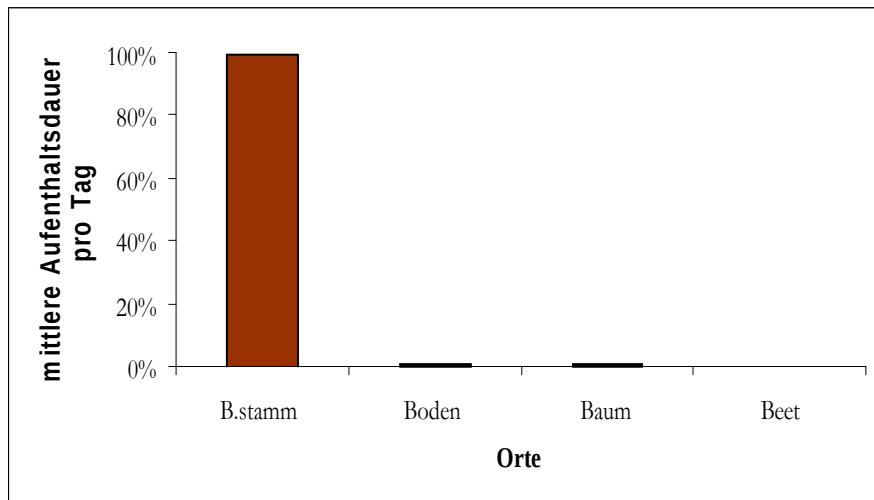


Abb. 43: Mittlere tägliche Aufenthaltsdauer des Weibchens *Mirra Li* vom 01.07. bis 28.09.2007: Achsen: x-Achse = Ort, y-Achse = Dauer in Prozent

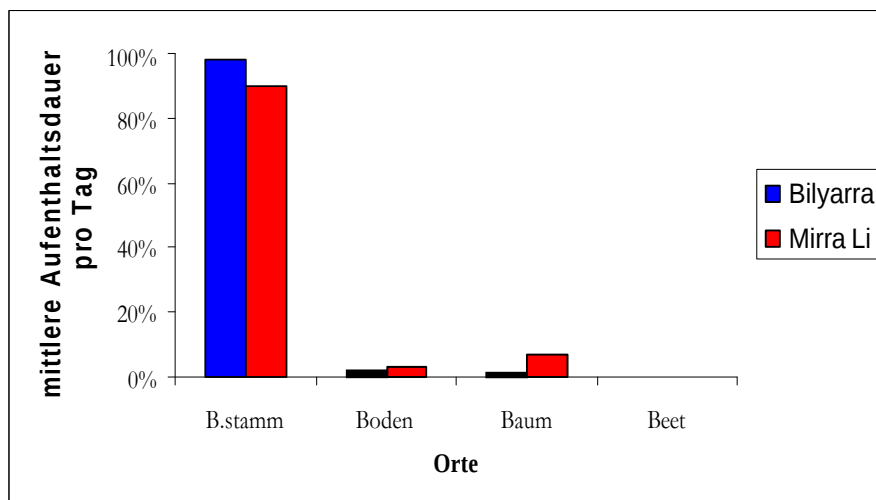


Abb. 44: Mittlere tägliche Aufenthaltsdauer des Weibchens *Mirra Li* und des Männchens *Bilyarra* vom 05.06. bis 07.07.2008: Achsen: x-Achse = Ort, y-Achse = Dauer in Prozent

Im ersten Balkendiagramm sieht man die Häufigkeit in Prozent, mit der sich *Mirra Li* täglich vom 01.07. bis 28.09.2007 an einem der vier möglichen Orte aufhält. In 99 % der Fälle ist das Weibchen auf den Querbalken aus totem Baummaterial zu finden. Der Unterschied zu den Orten „Boden“ und „Baum“ ist enorm. Die Pflanzenbeete werden vom Koala kaum genutzt. Im Jahr 2008 ist *Mirra Li* häufiger auf den lebenden Bäumen und am Boden unterwegs als im Jahr 2007. *Bilyarra* begibt sich im Gegensatz dazu

seltener auf den Boden und die Bäume und bevorzugt meistens die Baumstämme. Auch für ihn sind die Beete als Aufenthaltsort uninteressant.

Die Ergebnisse zu den Aufenthaltsorten wurden auch in Form von Doppelplots dargestellt. Diese befinden sich im Anhang.

3.6 Gewichte im Jahresverlauf

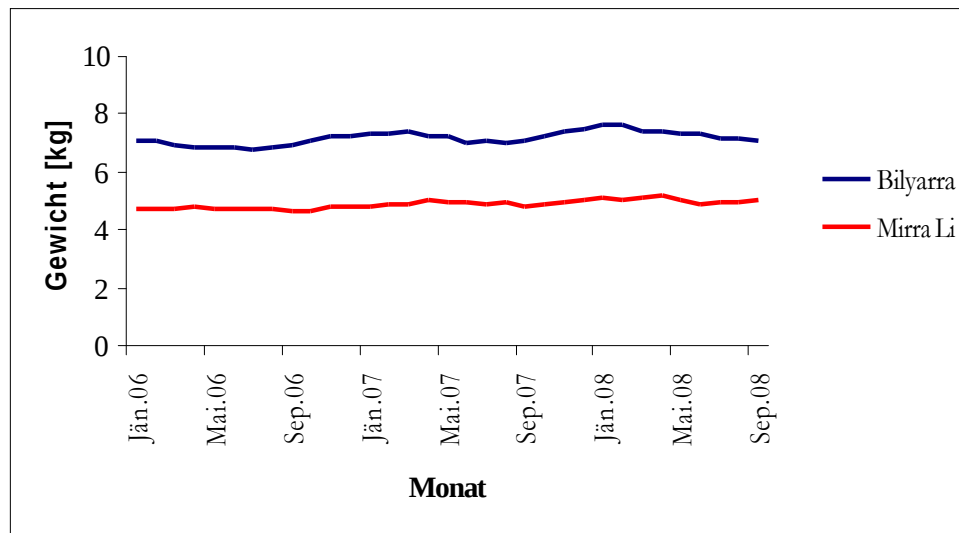


Abb. 45: Jahresverlauf des Gewichts der Koalas *Mirra Li* und *Bilyarra* von Jänner 2006 bis September 2008: x-Achse = Monat, y-Achse = Gewicht in Kilogramm

Die oben sichtbare Abbildung veranschaulicht den Jahresverlauf des Gewichts des Weibchens *Mirra Li* und des Männchens *Bilyarra* in den Jahren 2006 bis 2008. *Bilyarra* ist etwa zwei Kilo schwerer als *Mirra Li* und weist im Gegensatz zu ihr kleine Veränderungen im Verlauf eines Jahres auf, die sich durch eine Zunahme des Körpergewichts im Winter und eine Abnahme desselben im Sommer bemerkbar machen. Diese wurden jedoch nicht auf ihre Signifikanz hin überprüft.

4. Diskussion

4.1 Diskussion der Methode

Eine Verhaltensstudie auf der Basis von Videoaufzeichnungen hat den großen Vorteil, dass lückenlos über einen langen Zeitraum beobachtet werden kann. Direktbeobachtungen beschränken sich oft auf ein paar Stunden am Tag, da sich der Beobachter an den Öffnungszeiten des Zoos orientieren muss. Somit gehen große Datenmengen, insbesondere nachts, verloren. Außerdem reagieren viele Tierarten irritiert auf den Beobachter, wodurch ihre Aktivität beeinflusst und in weiterer Folge die Ergebnisse verfälscht werden. Geräusche, Gerüche und Ähnliches können jedoch nur wahrgenommen werden, wenn direkt beobachtet wird, und stellen wichtige Informationen bei der Einschätzung des Verhaltens der Tiere dar. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, eine chronobiologische Studie mit Direktbeobachtungen zu beginnen, bevor man die Videoaufnahmen analysiert. Dadurch, dass 24 Stunden eines Tages beobachtet werden kann, erhält man in kürzerer Zeit größere Mengen an Daten. Zudem laufen die Videos nicht in Echtzeit, sondern in Zeitraffer ab, wobei die Geschwindigkeit beliebig variiert werden kann. Außerdem können Szenen durch die Rückspulfunktion wiederholt angesehen werden. Das von mir verwendete System (Bosch 2002) hat außerdem den Vorteil, dass nur gefilmt wird, wenn die Tiere aktiv sind. Allerdings war der Bewegungsmelder im Fall des Weibchens zu empfindlich eingestellt, sodass die Kamera auch filmte, wenn sich beispielsweise Blätter im Luftzug bewegten. Andererseits löste die Kamera bei beiden Tieren häufig um einige Sekunden verzögert aus, was aufgrund der schnellen Bewegungen der Koalas am Anfang ein Problem darstellte. Im Lauf der Zeit bekommt man jedoch ein geschultes Auge und kann die Tiere besser einschätzen, sodass ich später mit den auf den Videos vorhandenen Zeitsprüngen gut zu Recht kam.

Die schwarz-weißen Aufnahmen waren größtenteils von guter Qualität, dennoch kann nicht erkannt werden, ob das Tier beispielsweise schläft oder nur döst oder ob es die Eukalyptusblätter nur betastet und beschnuppert oder sie frisst. Die Koalas wurden teilweise auch von der Vegetation in den Gehegen verdeckt, aber es war nur sehr selten in einem Ausmaß, dass nicht erkannt werden konnte, was das Tier gerade tat. Die Qualität der Aufnahmen war ansonsten gut und Datenlücken aufgrund eines Kameraausfalls waren sehr selten. Das Zeitintervall der Datenaufnahme von einer Minute war gut gewählt. Trotzdem bedarf es der Überlegung in einem Intervall von einer halben Minute aufzuzeichnen, damit aufgrund der schnellen Bewegungen der Tiere eine noch genauere Erfassung des Verhaltens gewährleistet ist.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Hat das Weibchen einen monatlichen Rhythmus bzw. monatliche Aktivitätssteigerungen, die auf einen Östrus schließen lassen?

Weibliche Koalas zeigen während ihres Östrus` eine erhöhte Lokomotion (Smith, 1980c), da sie oft weite Strecken zurücklegen, um Zugang zu geeigneten Paarungspartnern zu bekommen (Morris, 1964). Im Zoo ist es nicht möglich derartige Distanzen zurückzulegen. Da der Östrus eine Periodenlänge von etwa 30 Tagen hat (Sharp, 1995), können somit regelmäßig auftretende monatliche Aktivitätssteigerungen bei Zookoalas dahingehend interpretiert werden, dass sich die Weibchen zu diesem Zeitpunkt im Östrus befinden. Um zu klären, ob *Mirra Li* einen regelmäßigen Östrus durchläuft, wurde sie im Jahr 2007 drei Monate lang kontinuierlich beobachtet. Ihr Aktogramm (Abb. 16) zeigt jedoch kein monatlich wiederkehrendes Muster. Regelmäßige Steigerungen ihrer lokomotorischen Aktivität müssten als deutliche Banden in der Abbildung sichtbar werden. Da dies aber nicht der Fall ist, wurden diesbezüglich auch keine weiteren Analysen durchgeführt.

4.2.2 Sind Veränderungen in der Aktivität der beiden Koalas synchronisiert?

Um diese Fragestellung zu untersuchen, wurde das Verhalten der beiden Tiere im Jahr 2008 über einen Zeitraum von einem Monat analysiert. Anhand der Aktogramme (Abb. 17) kann man erkennen, dass *Mirra Li* und *Biharra* in ihren Aktivitätsmustern keine Korrespondenz zeigen. Koalas schlafen am Tag und sind vor allem in der Dämmerung und im Morgengrauen wach (Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H., 2002).

Im Chronoethogramm des Männchens spiegeln sich diese Beobachtungen wider. Eine eindeutige Diskrimination zwischen Tag und Nacht ist gegeben mit Ruheperioden am Tag und erhöhter Aktivität während der Nachtstunden. Der Bezug der circadianen Rhythmik des Männchens zum Zeitgeber Licht ist deutlich sichtbar. *Biharra* wird in der Dämmerung aktiv und ruht vermehrt nach Sonnenaufgang. Eine erhöhte Futteraufnahme während der Dämmerung wurde auch bei frei lebenden Koalas festgestellt (Cronin, 1987). Auch der Peak um etwa 08:00 entspricht dem Rhythmus frei lebender Tiere, die häufig zwischen 08:00 und 10:00 ein vermehrtes Fressverhalten zeigen (Nagy & Martin, 1985). Auf die erste Fütterung am späten Vormittag reagiert *Biharra* kaum, indem er seine Ruhephase fortsetzt. Der zweite Fresspeak des Männchens wird durch die nachmittägliche Fütterung ausgelöst (Abb. 19 unten). Diese Reaktion auf das Einbringen von frischem Futter wird bei vielen Zootierarten beobachtet (Benesch, 2007). Die Hauptaktivität von Koalas in Zoos ist die Futteraufnahme, da es nicht notwendig ist, nach Nahrung oder möglichen Paarungspartnern zu suchen (Benesch, 2007). Die lokomotorische Aktivität von Tieren im Zoo ist somit nicht mit der in freier Wildbahn vergleichbar. Sie besteht beim Männchen aus der Zurücklegung kurzer Distanzen zwischen den einzelnen Futtervasen und der Exploration des Geheges insbesondere in der Nacht (Abb. 21 unten).

Das Weibchen weist im Gegensatz zu *Bilyarra* ein sehr unstrukturiertes Aktivitätsmuster auf (Abb. 16 & 17). Ein Unterschied zwischen Tag und Nacht ist nicht zu erkennen, was vermuten lässt, dass der Zeitgeber Licht im Fall von *Mirra Li* zu schwach ist, um das Tier ausreichend mit seiner Umwelt zu synchronisieren. Der Einfluss eines Zeitgebers kann zwischen einzelnen Individuen variieren (Aschoff, 1954). Während *Bilyarra* durch das Licht sehr gut entrained wird, richtet sich das Weibchen vor allem nach der täglichen Pflegeroutine. *Mirra Lis* Orientierung nach den Pflegemaßnahmen führt trotz ihres unstrukturierten Verhaltensmusters dazu, dass sie in allen untersuchten Verhaltensweisen eine 24-Stunden-Periodik aufweist. Das besagen die Ergebnisse der Cosinorberechnung (Abb. 31, 32 & 33), die unter anderem untersucht, ob im Rhythmus des Tieres eine solche Periodik vorhanden ist. Neben einer erhöhten Futteraufnahme in der Dämmerung zeigt das Weibchen zwei Fresspeaks nach den beiden Fütterungen, wobei jener am Nachmittag deutlich stärker ausgeprägt ist (Abb. 18 rechts). In den frühen Morgenstunden frisst es kaum, was auch bei frei lebenden Tieren festgestellt wurde (Nagy & Martin, 1985). Da *Mirra Li* – wie oben erwähnt – sehr auf die Pfleger fixiert ist und häufig aktiv deren Nähe sucht, resultiert dies in einer gesteigerten Lokomotion während der Anwesenheit der Pfleger im Gehege, was im Rahmen von Direktbeobachtungen festgestellt werden konnte, denn die Länge der Anwesenheit des Pflegers ist aus der Abbildung (Abb. 20 rechts) nicht ersichtlich.

Unstrukturierte Aktivitätsmuster – wie das von *Mirra Li* – werden als problematisch angesehen, da sie Hinweise für ein reduziertes Wohlbefinden der Tiere sein können. Um letzteres quantitativ zu erfassen dienen die Leistungskopplungsgrade. Diese geben an, in welchem Ausmaß die innere Rhythmik eines Tieres mit der seiner Umwelt übereinstimmt. Ein Leistungskopplungsgrad von 0 % bedeutet somit, dass keine Synchronisation zwischen dem Rhythmus des Tieres und dem der Umgebung gegeben ist.

Die LKG's des Weibchens erreichen häufig einen Wert von 0 % und untermauern damit die obige Aussage. In den Jahren 2004 und 2007 (Abb. 26 & 27) schwankt der LKG für Futteraufnahme und Lokomotion häufig zwischen den Werten 0 und 100 %, wohingegen er im Jahr 2008 (Abb. 28) beinahe während des gesamten Beobachtungszeitraums für beide Verhaltensweisen 0 % beträgt. *Bilyarra* weist zwar auch Schwankungen bei seinen LKG-Werten auf, allerdings nicht in dem Ausmaß, wie es bei *Mirra Li* der Fall ist. Die Schwankungen beim Männchen beschränken sich zudem auf die Futteraufnahme. Die Werte für dessen Lokomotion betragen in beiden Beobachtungsjahren durchwegs 100 % (Abb. 29 & 30). Weiters fallen *Bilyarras* Leistungskopplungsgrade nicht immer von 100 auf 0 %, sondern zwei Mal von 100 auf 60 und ein Mal von 100 auf 40 %. Solche Schwankungen in den oberen Bereichen können beispielsweise durch Abweichungen vom üblichen Ablauf der täglichen Pflegeroutine verursacht werden. Ein Abfall auf 0 % kann damit jedoch nicht erklärt werden.

Gründe für ein reduziertes Wohlbefinden können Stress, Krankheit oder Ähnliches sein. Die gesundheitlichen Befunde der Tiere waren jedoch stets in Ordnung und es wurden auch keine besonderen Vorkommnisse beobachtet, die die Tiere in Stress versetzt haben könnten. Geräusche konnten aber auf den Videoaufnahmen nicht wahrgenommen werden, sodass in diesem Zusammenhang keine klare Aussage gemacht werden kann. Weist ein Zootier andererseits stets hohe LKG-Werte auf, muss das nicht

zwangsläufig nur Positives bedeuten. Die Pflegeroutine könnte in diesem Fall zu starr und die Tiere zu stark darauf fixiert sein (Benesch, *pers. comm.*).

Mirra Li zeichnet sich durch eine hohe Frequenz an Aktivitätswechseln aus. Diese wurden selten durch externe Stimuli ausgelöst und da die Koalas in Wien getrennt voneinander gehalten werden, kommt es auch zu keiner Störung durch andere Tiere (Benesch, 2007). Dennoch fehlt beim Weibchen eine ausgedehnte Ruhephase am Vormittag wie sie bei freilebenden Koalas sowie bei mehreren Zookoalas beobachtet wurde (Zitate Freiland; Benesch, 2007; Benesch et al., 2009). Diese Ruhephase spiegelt sich auch in deren Körpertemperatur wider. Nagy & Martin (1985) stellten eine erniedrigte Temperatur um etwa 10:00 bei im Freiland lebenden Tieren fest.

Koalas zeigen unter Stress keine stereotypen Verhaltensweisen wie viele andere Zootiere (Wood, 1978). Dennoch sind auch bei ihnen gelegentlich Anzeichen für ein reduziertes Wohlbefinden zu erkennen wie Flattern mit den Ohren, vermehrtes Koten, Vokalisation und Aggression (Benesch, 2007). Keines dieser Symptome wurde bei *Mirra Li* beobachtet. Das Tier macht in der Regel einen entspannten Eindruck und das tägliche Handling durch die Pfleger (hands-on-management), kann als unproblematisch angesehen werden (Benesch, 2007), da die Koalas von klein auf daran gewöhnt wurden und sich den Handlungen der Pfleger nicht widersetzen. Vielmehr suchen sie häufig von sich aus den Kontakt zu den Pflegern. Diese Interaktionen dienen den Tieren möglicherweise als Enrichment (Benesch, 2007). Shepherson (1998) definiert Enrichment als ein Tierhaltungsprinzip, das sich bemüht, die Qualität der Pflege in menschlicher Obhut zu verbessern, indem jene Umweltreize identifiziert und angeboten werden, die für ein optimales psychologisches und physiologisches Wohlbefinden der Tiere notwendig sind. Mit einfacheren Worten, bietet der Kontakt zu den Pflegern den Koalas eine gewisse Abwechslung.

4.2.3 Hat die Umstellung der Wiegezeit von 10:15 auf 16:00 einen Einfluss auf das Aktivitätsmuster der Tiere?

Das Abwiegen von Koalas in Zoos ist eine gängige Methode zur Beurteilung ihres Gesundheitszustandes. Der Zoo San Diego sieht tägliches Wiegen vor. Wood (1978) warnt aber davor, wenn dadurch Ruhe- oder Fressphasen der Tiere unterbrochen werden. Beobachtungen in den Jahren 2004 und 2005 haben ergeben, dass dies in Wien der Fall war, sodass 2005 die Wiegezeit vom Vor- auf den Nachmittag verlegt und somit den physiologischen Bedürfnissen der Tiere besser angepasst wurde (Benesch, 2007). Die Tiere zeigten vor dem Wiegen um 10:15 meistens kaum Aktivität und wurden so in ihrem Ruheverhalten gestört. Auch danach setzte insbesondere das Männchen seine Ruheperiode fort, ohne auf das frisch eingebrachte Futter zu reagieren (Abb. 42). Um zu verhindern, dass keine Ruhephase durch das Wiegen unterbrochen wird, wurde jenes auf 16:00 verlegt, da die Koalas zu dieser Uhrzeit häufig aktiv waren. Die Prä-/Post-Stimulus-Diagramme 37 bis 41 stellen die Aktivität von *Mirra Li* und *Bilyarra* vor und nach dem geänderten Wiegezeitpunkt in den Jahren 2007 und 2008 dar. Der Vergleich zeigt, dass das Weibchen nun bereits aktiv ist, wenn der Pfleger das Gehege betritt. Im Jahr 2007 ist diese Aktivität stärker ausgeprägt als im Jahr 2008. Kurz nach dem Erscheinen des Pflegers steigt die Lokomotion des Koalas an, da die Tiere

zunächst gewogen werden. Die Futteraufnahme erreicht etwas später – nach der Fütterung – ihr Maximum. *Bihyarra* ist im Gegensatz dazu vor dem Auftauchen des Pflegers inaktiv. Der Anstieg der lokomotorischen Aktivität ist aber beim Männchen viel ausgeprägter als beim Weibchen, sodass diese kurzzeitig über den Werten der Futteraufnahme liegt. Letztere erreicht auch bei *Bihyarra* nach dem Einbringen des frischen Futters ihren Maximalwert. Prä-/Post-Stimulus-Diagramme dienen dazu, den Einfluss eines äußeren Reizes – in diesem Fall das nachmittägliche Erscheinen des Pflegers – auf das Verhalten der Tiere zu untersuchen. Es kann dadurch festgestellt werden, ob der Reiz als Zeitgeber oder Maskierungsfaktor wirkt. Charakteristisch für einen Zeitgeber ist ein so genanntes antizipatorisches Verhalten, das bedeutet, das Tier ist schon vor dem Auftreten des Stimulus aktiv. Im Fall eines Maskierungsfaktors ist hingegen keine Antizipation zu beobachten. Benesch (2007) stellte im Rahmen ihrer Beobachtungen fest, dass das tägliche Wiegen bei den Wiener Tieren einen Maskierungsfaktor darstellte. Ob das Wiegen um 16:00 ebenfalls als Maskierungsfaktor wirkt, kann nicht mit Gewissheit gesagt werden. *Mirra Li* zeigt zwar ein antizipatorisches Verhalten, das kann jedoch auch durch Geräusche aus dem Pflegerbereich kurz vor dem Wiegen induziert werden. Direktbeobachtungen haben ergeben, dass sie häufig auf derartige Geräusche reagiert. Das Einbringen von Futter hat in der Regel einen großen Einfluss auf das Verhalten von Zootieren, sodass es sogar das Licht als stärksten Zeitgeber verdrängen kann (Benesch, 2007). Fütterungen können allerdings nur dann als Zeitgeber wirken, wenn Futter ausschließlich zu bestimmten Zeiten verfügbar ist (Aschoff, 1958), was in Wien aber nicht der Fall ist. Ob Maskierungsfaktor oder Zeitgeber, zumindest liegt der Wiegezeitpunkt nun innerhalb der Aktivitätsphase der Tiere. Der Nachmittag gilt außerdem als Fresszeit der Koalas (Benesch, 2007; Benesch et al., 2009), weshalb die auf das Wiegen folgende Fütterung jetzt sehr gut von *Mirra Li* und *Bihyarra* angenommen wird, indem eine längere Fressphase zu beobachten ist. Auf die vormittägliche Fütterung reagiert das Männchen beispielsweise kaum, da die Tiere stärker auf Reize reagieren, die zu ihren physiologischen Wachzeiten auftreten (Benesch, 2007). Das heißt auch, dass die Stressantwort in dieser Zeit schwächer ausfällt als zu ihren Schlafzeiten (Gattermann & Weinandy, 1997).

4.2.4 Verändert sich das Aktivitätsmuster der Koalas im Lauf der Jahre?

Vergleicht man die Aktogramme der Koalas aus dem Jahr 2004 (Benesch, 2007) mit jenen aus den Jahren 2007 und 2008 (Abb. 16 & 17), sind deutliche Veränderungen in den Aktivitätsmustern zu erkennen. *Bihyarra* weist 2004 zwei Aktivitätsphasen am Vormittag auf. Die erste findet am frühen Morgen statt, dient hauptsächlich der Futteraufnahme und ist auch 2008 sichtbar. Die zweite zeigt sich im Jahr 2004 nach dem vormittäglichen Wiegen und fehlt im Jahr 2008 völlig, indem das Männchen seine Ruheperiode fortsetzt. Diese Veränderung ist auch beim Vergleich der Akrophasen der beiden Jahre bemerkbar (Abb. 34, 35 & 36). Diese geben den Zeitpunkt an, um den sich statistisch die höchsten Aktivitätswerte einer untersuchten Verhaltensweise gruppieren. Die Akrophase von *Bihyarra*s Ruheverhalten verlagert sich von 13:00 auf 12:00, diejenige seiner lokomotorischen Aktivität von 01:00 auf 02:00. Die höchsten Aktivitätswerte für das Fressverhalten des Männchens wurden in beiden Jahren um 22:00 beobachtet.

Sowohl 2004 als auch 2008 ist eine Fressphase am früheren Nachmittag deutlich erkennbar – 2004 ohne externe Stimuli, weshalb der Wiegezeitpunkt auch auf 16:00 verlegt wurde. *Bihyarra* besitzt in allen untersuchten Verhaltensweisen eine deutlich ausgeprägte 24-Stunden-Periodik, deren Signifikanz in beiden Jahren sehr hoch ist.

Mirra Li weist in keinem der untersuchten Jahre ein klares Muster in ihrem Verhalten auf. Dennoch kristallisieren sich gegenüber 2004 leichte Tendenzen einer Musterbildung heraus. Auf die erste Teilfütterung am späteren Vormittag reagiert das Weibchen weniger stark als im Jahr 2004, wo eine deutliche Fressphase zu erkennen ist. Diese verlagert sich nun auf den Zeitpunkt der zweiten Teilfütterung, die dem Wiegen um 16:00 folgt. Außerdem zeigt der Koala 2004 während der Mittagszeit eine Abnahme in seiner Gesamtaktivität. 2008 ist solch eine Phase teilweise auch am frühen Morgen zu sehen. Die Auswirkung dieser Veränderungen auf die Akrophasen der einzelnen Verhaltensweisen des Tieres sieht folgendermaßen aus: Diejenige des Ruheverhaltens verlagert sich im Lauf der Jahre um eine Stunde nach vorne, von 10:00 auf 09:00. Eine Vorverlagerung findet auch im Fall der Lokomotion statt, von 00:00 auf 23:00, während die Akrophase des Fressverhaltens von 16:00 auf 19:00 zurückverlagert wird. Die Signifikanz der 24-Stunden-Periodik im Verhalten des Weibchens nimmt über die Jahre zu, was bedeutet, dass diese heute ausgeprägter ist als noch vor ein paar Jahren, was als positiv zu bewerten ist und wozu unter anderem die geänderte Wiegezeit beigetragen haben könnte.

Betrachtet man die Zeitbudgets der beiden Koalas, so gibt es zwischen den einzelnen Jahren nur geringfügige Schwankungen. *Mirra Li* ruht 77 bis 82 %, *Bihyarra* 75 bis 79 % der Zeit eines Tages (Abb. 22 & 23). Diese Werte entsprechen denen anderer Zookoalas, die während des gesamten Beobachtungszeitraums im Mittel zwischen 18 und 19,5 Stunden am Tag inaktiv waren sowie denen frei lebender Tiere, die täglich im Durchschnitt 18 bis 22 Stunden ruhen (Benesch, 2007). Das Weibchen ruht in Summe länger als das Männchen, obwohl man während der Beobachtungen den Eindruck gewinnt, dass es umgekehrt sein müsste. Man wird durch *Mirra Li*'s hohe Frequenz an Aktivitätswechseln getäuscht. Sie zeigt zwar eine größere Gesamtzeit an Ruhephasen, doch diese werden ständig durch kurze Aktivitätsphasen unterbrochen, während *Bihyarra* meistens vom späten Vormittag bis zum frühen Nachmittag ohne Unterbrechungen ruht. Es wird angenommen, dass die Schlafqualität des Weibchens dadurch in Mitleidenschaft gezogen wird (Benesch, 2007). Das Fressverhalten nimmt bei beiden Koalas 11 bis 12 % der Zeit eines Tages ein, was im mittleren Bereich der Zeit liegt, die in freier Wildbahn beobachtet wurde, nämlich zwischen einer und fünf Stunden pro Tag. Bei frei lebenden Koalas kann die Länge einer Fresseinheit zwischen 5 und 125 Minuten variieren. Meistens fressen die Tiere jedoch 30 Minuten oder weniger, wobei kurze Unterbrechungen während der Futteraufnahme beobachtet wurden (Robbins & Russell, 1978). Sowohl *Mirra Li* als auch *Bihyarra* weisen ein derartiges Fressverhalten auf, indem beide Koalas während einer Fresseinheit häufig zwischen den Futtervasen hin und her wechseln, was dazu dienen könnte, die besten Triebe aus dem Futterangebot auszuwählen. Außerdem hat man den Eindruck, dass kürzere Fressperioden häufiger vorkommen als lange – weitere Analysen wurden dahingehend jedoch nicht durchgeführt. Benesch (2007) hat im Rahmen einer Vergleichsstudie zwischen drei verschiedenen Zoos in den Jahren 2004 und 2005 beobachtet, dass die Wiener Tiere kürzere

Fressperioden aufweisen als die Koalas in den Zoos von Duisburg und Sydney. Sie kompensieren das aber dadurch, dass sie öfter am Tag fressen. *Mirra Li* ist 7 bis 16 %, *Bilyarra* 13 bis 17 % der Zeit eines Tages lokomotorisch aktiv. Vor allem die Lokomotion des Weibchens wird durch die Anwesenheit der Pfleger getriggert. Oft haben schon Geräusche, die aus dem Pflegerbereich in das Gehege drangen, *Mirra Li* dazu veranlasst, ihren Ruheplatz zu verlassen und vor der Tür hin und her zu laufen – wie Direktbeobachtungen gezeigt haben. Im Gegensatz zu *Bilyarra* ist sie deshalb auch häufig am Tag auf dem Boden anzutreffen. Während der Nacht betreten die beiden Koalas den Boden, um ihre Gehege zu erkunden. Das Weibchen sucht in dieser Zeit auch manchmal die Wasserschüssel auf, um zu trinken, was für Koalas eigentlich sehr untypisch ist, da sie ihren Flüssigkeitsbedarf normalerweise gänzlich über die Nahrung decken können. Das Männchen wurde auch öfter beim Springen beobachtet und es reagiert häufig auf *Mirra Li*, indem es sich in Richtung Trennwand bewegt, dort niederlässt und sie beobachtet. Das Weibchen zeigt weniger Interesse am Männchen.

Die Tag-Nacht-Verhältnisse (Abb. 24 & 25) zeigen, dass beide Tiere vermehrt am Tag ruhen und nachts aktiv sind. Auch sie verändern sich im Lauf der Jahre in keinem besonders großen Ausmaß. Eine Ausnahme stellt allerdings die Futteraufnahme des Weibchens dar. Im Jahr 2007 unterscheidet sie sich sehr stark von den Werten der beiden anderen Jahre. Dies führt zu signifikanten Ergebnissen zwischen den einzelnen Jahren. Mögliche Gründe dafür könnten endogener (physiologisch, hormonell) Natur sein, denn im Rahmen der Verhaltensbeobachtung konnten keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Die übrigen signifikanten Ergebnisse sind aus den Abbildungen nicht ersichtlich und waren aufgrund der relativ ähnlichen Werte nicht zu erwarten. Trotz der mehrmaligen Durchführung der statistischen Tests, blieben die Signifikanzniveaus dieselben, Fehler bei der Durchführung der Tests können somit ausgeschlossen werden.

4.2.5 In welchem Ausmaß werden die in die Gehege neu eingebrachten lebenden Bäume genutzt?

Aufgrund der räumlichen Gegebenheiten wurden vier Aufenthaltsorte unterschieden. Wie die Abbildungen 43 und 44 zeigen, werden von beiden Koalas hauptsächlich die toten Baumstämme genutzt. Im Jahr 2007 ist der Unterschied zu den anderen Aufenthaltsorten enorm. 2008 sind die Koalas auch häufiger am Boden und in den lebenden Nicht-Futterbäumen anzutreffen, wobei *Mirra Li* höhere Werte aufweist als *Bilyarra*. Dennoch werden die Bäume nicht in dem Ausmaß genutzt, wie man annehmen möchte. In freier Wildbahn ruhen Koalas oft in Nicht-Futterbäumen (Lee & Martin, 1988). Auch die Koalas in den Zoos von Duisburg und Sydney werden häufig in den lebenden Bäumen beobachtet, wobei es allerdings saisonale und individuelle Unterschiede gibt (Benesch, 2007). Deshalb sind diese in australischen Zoos und Wildparks üblich, weshalb auch der Tiergarten Schönbrunn seit ein paar Jahren seinen Tieren lebende Bäume anbietet. *Mirra Li* wurde manchmal beim Klettern und Ruhen darauf beobachtet, *Bilyarra* dagegen fast gar nicht. Die Präferenz der toten Baumstämme könnte dadurch zustande kommen, dass an ihnen die Futtervasen befestigt sind und die Tiere ruhen gerne neben oder in ihrem Futter. Außerdem könnte sie ein Hinweis darauf sein, dass die Koalas keinen Schutz (vor den

Blicken der Besucher etc.) benötigen, was als positiv zu bewerten ist. Andererseits könnte die Vorliebe der Tiere einfach dadurch erklärt werden, dass sie daran gewöhnt sind, denn sie hatten jahrelang keine lebenden Bäume. Zur Exploration ihres Geheges begeben sich die Tiere auf den Boden, *Mirra Li* auch häufig tagsüber als Reaktion auf Geräusche oder die Anwesenheit der Pfleger. Zudem sucht sie ab und zu die Wasserschüssel auf. Eine ständige Präsenz auf dem Boden wird bei Koalas als ein Zeichen für Unwohlsein angesehen, da diese in freier Wildbahn sehr selten auf dem Boden anzutreffen sind (Ellis et al., 1995). Bei *Mirra Li* und *Bihyarra* hält sich ihre Präsenz auf dem Boden allerdings in Grenzen. Die Beete werden am wenigsten benützt und wenn, dann nie für längere Aufenthalte. Das Männchen begibt sich manchmal dorthin, um das Weibchen durch die Glasfront zu beobachten. Die Tiere suchen sie also auf, wenn sie miteinander in Kontakt treten wollen, was aufgrund der Glasfront nur visuell oder durch Rufe möglich ist. Das war in den Jahren 2004 und 2005 anders. Beobachtungen zufolge betraten die Tiere damals regelmäßig die Beete und als Grund wurde eine Kompensation aufgrund fehlender lebender Bäume diskutiert (Benesch, 2007).

4.2.6 Ändert sich das Gewicht der Tiere im Jahresverlauf?

Wegen ihrer unterschiedlichen Größe unterscheiden sich die beiden Koalas auch in ihrem Gewicht. *Mirra Li* wiegt etwa 5, *Bihyarra* 7 Kilogramm. Die Gewichtskurven (Abb. 45) zeigen, dass sich die Gewichte der Tiere im Lauf der Jahre nicht wesentlich verändern. Insbesondere *Mirra Li* weist kaum Schwankungen auf. Bei *Bihyarra* ist im Gegensatz dazu eine leichte Zunahme in den Wintermonaten zu erkennen. Variationen im Körpergewicht sind eine Anpassung an saisonale Veränderungen (Scheibe & Streich, 2003). In freier Wildbahn ist beispielsweise im Winter weniger Futter bzw. Futter geringerer Qualität vorhanden, was sich auf das Gewicht der Tiere auswirkt. Da die Koalas im Zoo jedoch das ganze Jahr über Futter guter Qualität bekommen, könnte das veränderte Fressverhalten des Männchens im Winter durch einen endogenen Rhythmus zustande kommen. Auch in anderen Zoos wurde beobachtet, dass die Koalas im Winter signifikant länger fressen (Benesch, 2007).

4.2.7 Schlussfolgerung

In den Rhythmen der beiden untersuchten Tiere gibt es große individuelle Unterschiede. *Bihyarra*s Rhythmus entspricht dem frei lebender Koalas und wird vor allem durch das Licht gesteuert. *Mirra Li* besitzt ein unstrukturiertes Aktivitätsmuster, dennoch ist eine gewisse Rhythmik durch die tägliche Pflegeroutine gegeben. Außerdem hat die Umstellung der Wiegezeit dazu beigetragen, dass bei ihr nun Tendenzen eines Musters zu erkennen sind. Das natürliche Licht und die Fütterungen fungieren wahrscheinlich als Zeitgeber, während das Wiegen einen Maskierungsfaktor darstellt – mit Sicherheit kann dies jedoch nicht gesagt werden. Da das Wiegen nun aber zur physiologischen Wachzeit der Tiere stattfindet, ist das von Vorteil für die Koalas.

Das Weibchen zeigt keine Anzeichen eines östrischen Verhaltens, das sich in regelmäßigen Aktivitätssteigerungen widerspiegelt. Die Ursache seines für Koalas atypischen Aktivitätsmusters konnte nicht identifiziert werden. Es liegt die Vermutung nahe, dass der Zeitgeber Licht für das Weibchen zu schwach ist, um es vollständig mit der Umwelt zu synchronisieren. Auch die Tatsache, dass sich *Mirra Li* primär an einem anderen Zeitgeber als *Bilyarra* orientiert, könnte eine Erklärung dafür sein. Dennoch machte sie zu keinem Zeitpunkt einen gestressten Eindruck und die Gesundheitskontrollen waren stets in Ordnung. Um dem unruhigen Rhythmus des Weibchens entgegenzuwirken und dadurch eventuell seine Haltung weiter zu optimieren, könnten folgende Verbesserungsvorschläge umgesetzt werden:

- Im Lauf der Beobachtungen fiel auf, dass während der morgendlichen Reinigung die Pfleger häufig Zeit zwischen den einzelnen Aufgaben (z. B. Kot einsammeln, kehren...) verstreichen lassen und somit wiederholt die Gehege betreten. Wenn die Koalas ruhen, sollte darauf geachtet werden, dass die Aufgaben in einem Durchgang erledigt werden, um die Tiere so wenig wie möglich zu stören. Wood (1978) sieht in häufigen Unterbrechungen der Ruhezeit der Koalas nämlich einen möglichen Stressor.
- Außerdem wird die Reinigung zu unterschiedlichen Zeiten durchgeführt. Das kann dazu führen, dass die morgendlichen Pflegemaßnahmen nicht als Zeitgeber, sondern als Maskierungsfaktor auf die Tiere wirken, denn ein Zeitgeber zeichnet sich durch antizipatorisches Verhalten aus, das nur stattfinden kann, wenn der Reiz zu festgelegten Zeiten auftritt und somit vorhersehbar ist.
- Weiters wurde den Tieren während des gesamten Beobachtungszeitraums keine Möglichkeit geboten, miteinander zu interagieren. Koalas werden zwar meist allein angetroffen, dennoch sind sie Mitglieder eines komplexen sozialen Gefüges, und haben auch außerhalb der Paarungszeit gelegentlichen Kontakt zu anderen Tieren.

Die Chronobiologie erwies sich als gut gewählte Methode, um die Fragestellungen dieser Studie zu bearbeiten. Dennoch bleiben – wie bei jeder wissenschaftlichen Untersuchung – auch einige Aspekte unklar, weshalb weitere Analysen sinnvoll wären. Beispielsweise könnten Hormonanalysen Aufschluss darüber geben, ob das Weibchen vielleicht doch einen regelmäßigen Östrus durchläuft. Eine weitere Möglichkeit wäre das Verhalten *Bilyarras* diesbezüglich genauer zu beobachten. Wie bereits erwähnt, zeigt er häufig Interesse an *Mirra Li*, indem er sich in Richtung Trennwand bewegt, sie beobachtet und bellt. Interessant dabei wäre, ob es Phasen gibt, in denen dieses Verhalten öfter auftritt als in anderen. Und wenn ja, warum in dieser Zeit das Weibchen attraktiver für das Männchen ist. Das sind allerdings nur einige von vielen möglichen Überlegungen, die in einer weiteren Studie untersucht werden könnten.

5. Anhang

5.1 Chronoethogramme

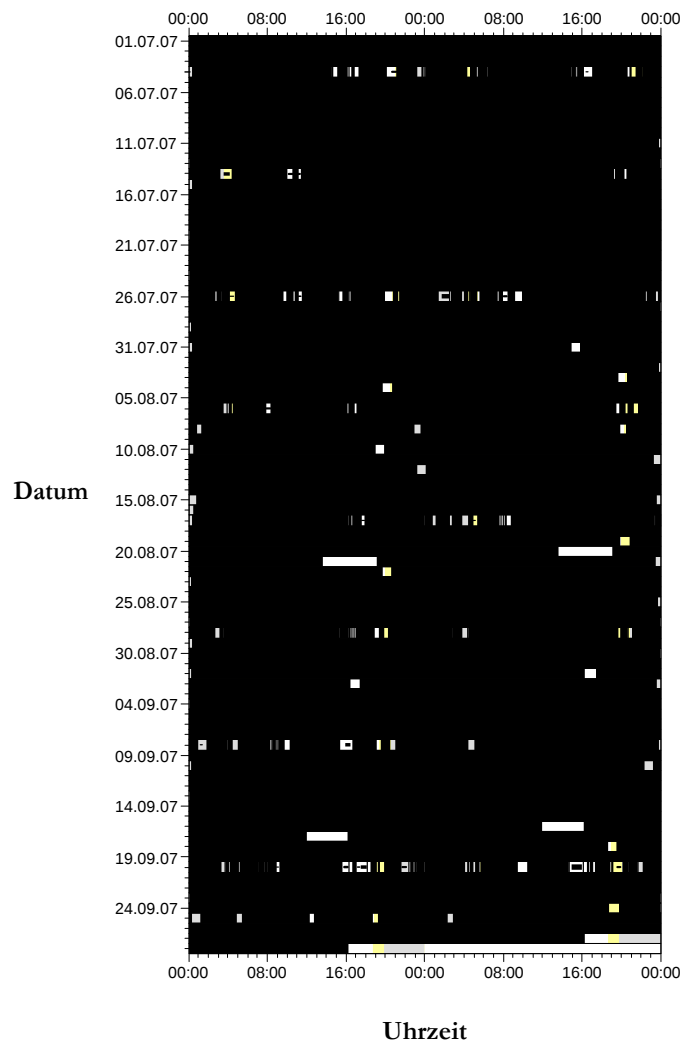


Abb. 46: Doppelplot-Aktogramm des Ruheverhaltens des Weibchens *Mirra Li* vom 01.07. bis 28.09.2007

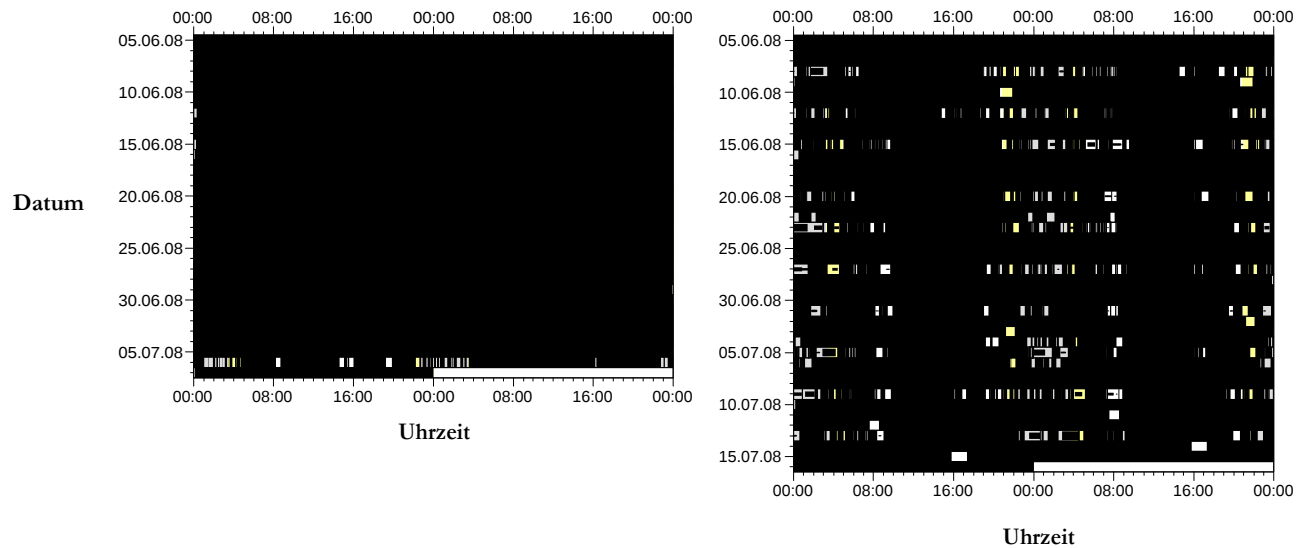


Abb. 47: Doppelplot-Aktogramme des Ruheverhaltens des Weibchens *Mirra Li* (links) vom 05.06. bis 07.07.2008 und des Männchens *Bilyarra* (rechts) vom 05.06. bis 16.07.2008

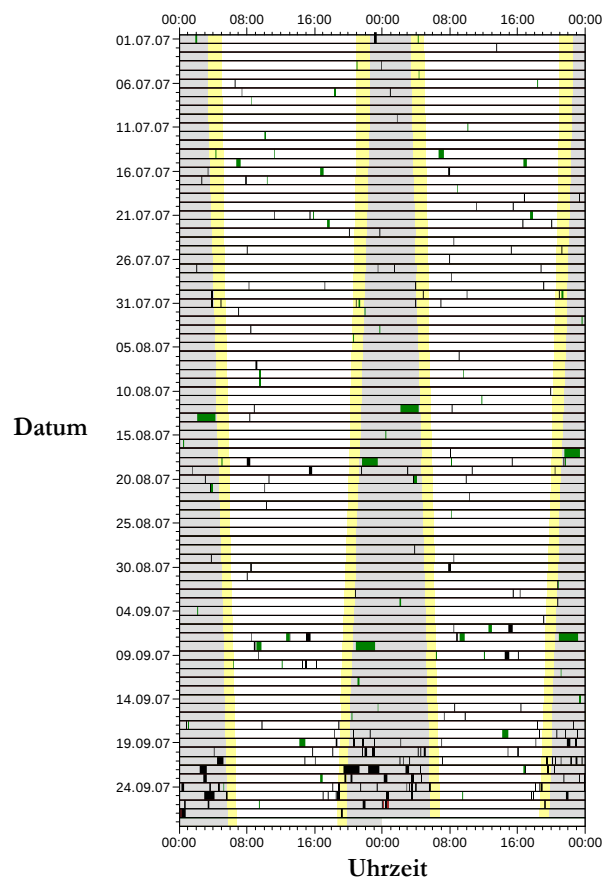


Abb. 48: Doppelplot-Aktogramm der Aufenthaltsorte des Weibchens *Mirra Li* vom 01.07. bis 28.09.2007: Hintergrundfarben: grau=Nacht, gelb=Dämmerung, weiß=Tag; Balken: farblos=Baum tot, schwarz=Boden, grün=Baum lebend, rot=Beet

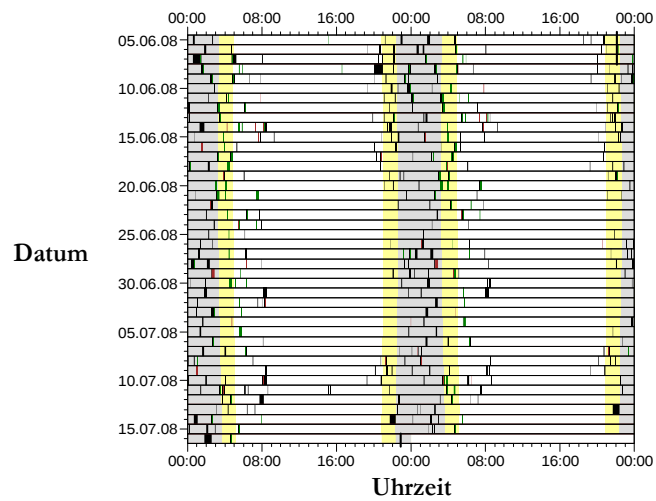


Abb. 49: Doppelplot-Aktogramm der Aufenthaltsorte des Männchens *Bilyarra* vom 05.06. bis 16.07.2008: Hintergrundfarben: grau=Nacht, gelb=Dämmerung, weiß=Tag; Balken: farblos=Baum tot, schwarz=Boden, grün=Baum lebend, rot=Beet

6. Liste der Abbildungen

- Abbildung 1: Vorder- und Hinterextremität des Koalas; Seite 7
- Abbildung 2: Säugetierschädel mit Diastema; Seite 7
- Abbildung 3: Koalamännchen mit braunem Brustfleck; Seite 8
- Abbildung 4: Heutiges Verbreitungsgebiet der Koalas; Seite 8
- Abbildung 5: Ruhender Koala; Seite 12
- Abbildung 6: Neugeborener Koala; Seite 14
- Abbildung 7: Koalaweibchen mit Nachwuchs; Seite 16
- Abbildung 8: Lage der Schrittmacherzentren bei Vertebraten; Seite 17
- Abbildung 9: *Mirra Li* und *Bilyarra*; Seite 22
- Abbildung 10: Plan des Koalahauses; Seite 22
- Abbildung 11: Besucherraum des Koalahauses; Seite 23
- Abbildung 12: *Mirra Li* beim Wiegen, Eukalyptuslieferung; Seite 24
- Abbildung 13: *Mirra Li* mit Videokamera; Seite 25
- Abbildung 14: Doppelplot-Aktogramm der Gesamtaktivität des Weibchens *Mirra Li* 2008; Seite 27
- Abbildung 15: Akrophase für das Ruheverhalten des Weibchens *Mirra Li* 2004; Seite 28
- Abbildung 16: Doppelplot-Aktogramm der Gesamtaktivität des Weibchens *Mirra Li* 2007; Seite 31
- Abbildung 17: Doppelplot-Aktogramm der Gesamtaktivität des Weibchens *Mirra Li* und des Männchens *Bilyarra* 2008; Seite 32
- Abbildung 18: Futteraufnahme des Weibchens *Mirra Li* 2007; Seite 33
- Abbildung 19: Futteraufnahme des Weibchens *Mirra Li* und des Männchens *Bilyarra* 2008; Seite 34
- Abbildung 20: Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* 2007; Seite 35
- Abbildung 21: Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* und des Männchens *Bilyarra* 2008; Seite 36
- Abbildung 22: Zeitbudget des Weibchens *Mirra Li* 2004, 2007 und 2008; Seite 38
- Abbildung 23: Zeitbudget des Männchens *Bilyarra* 2004 und 2008; Seite 38
- Abbildung 24: Tag/Nacht-Verhältnis des Weibchens *Mirra Li* 2004, 2007 und 2008; Seite 40
- Abbildung 25: Tag/Nacht-Verhältnis des Männchens *Bilyarra* 2004 und 2008; Seite 40
- Abbildung 26: Leistungskopplungsgrad für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* 2004; Seite 42
- Abbildung 27: Leistungskopplungsgrad für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* 2007; Seite 42
- Abbildung 28: Leistungskopplungsgrad für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* 2008; Seite 43
- Abbildung 29: Leistungskopplungsgrad für Futteraufnahme und Lokomotion des Männchens *Bilyarra* 2004; Seite 44
- Abbildung 30: Leistungskopplungsgrad für Futteraufnahme und Lokomotion des Männchens *Bilyarra* 2008; Seite 45

Abbildung 31: Akrophase für das Ruheverhalten des Weibchens *Mirra Li* 2004, 2007 und 2008; Seite 46

Abbildung 32: Akrophase für das Fressverhalten des Weibchens *Mirra Li* 2004, 2007 und 2008; Seite 46

Abbildung 33: Akrophase für die Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* 2004, 2007 und 2008; Seite 47

Abbildung 34: Akrophase für das Ruheverhalten des Männchens *Bihyarra* 2004 und 2008; Seite 48

Abbildung 35: Akrophase für das Fressverhalten des Männchens *Bihyarra* 2004 und 2008; Seite 48

Abbildung 36: Akrophase für die Lokomotion des Männchens *Bihyarra* 2004 und 2008; Seite 48

Abbildung 37: PSTH-Diagramm für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* Juli 2007; Seite 50

Abbildung 38: PSTH-Diagramm für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* August 2007; Seite 50

Abbildung 39: PSTH-Diagramm für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* September 2007; Seite 51

Abbildung 40: PSTH-Diagramm für Futteraufnahme und Lokomotion des Weibchens *Mirra Li* 2008; Seite 51

Abbildung 41: PSTH-Diagramm für Futteraufnahme und Lokomotion des Männchens *Bihyarra* 2008; Seite 52

Abbildung 42: PSTH-Diagramme für Futteraufnahme und Lokomotion des Männchens *Bihyarra* und des Weibchens *Mirra Li* nach Benesch 2007; Seite 53

Abbildung 43: Mittlere tägliche Aufenthaltsdauer des Weibchens *Mirra Li* 2007; Seite 54

Abbildung 44: Mittlere tägliche Aufenthaltsdauer des Weibchens *Mirra Li* und des Männchens *Bihyarra* 2008; Seite 54

Abbildung 45: Jahresverlauf des Gewichts der Koalas *Mirra Li* und *Bihyarra* 2006 bis 2008; Seite 55

Abbildung 46: Doppelplot-Aktogramm des Ruheverhaltens des Weibchens *Mirra Li* 2007; Seite 65

Abbildung 47: Doppelplot-Aktogramme des Ruheverhaltens des Weibchens *Mirra Li* und des Männchens *Bihyarra* 2008; Seite 66

Abbildung 48: Doppelplot-Aktogramm der Aufenthaltsorte des Weibchens *Mirra Li* 2007; Seite 66

Abbildung 49: Doppelplot-Aktogramm der Aufenthaltsorte des Männchens *Bihyarra* 2008; Seite 67

7. Liste der Tabellen

Tabelle 1: Status des Koalas in den einzelnen australischen Bundesstaaten; Seite 9

Tabelle 2: Kategorien des Fressverhaltens; Seite 24

8. Literaturverzeichnis

Archer, M., Hand, S.J., Godthelp, H. (1994): Riversleigh. 2. Edition. Chatswood, Reed Books. 264

Aschoff, J. (1954): Zeitgeber der tierischen Tagesperiodik. *Naturwissenschaften* 41: 46-56

Aschoff, J. (1958): Tierische Periodik unter dem Einfluss von Zeitgebern. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 15: 1-30

Aschoff, J. (1981a): Freerunning and Entrained Circadian Rhythms. *Handbook of behavioural biology – biological rhythms*. 4: 81-93

Aschoff, J., Daan, S., Honma, K.-I. (1982): Zeitgeber, Entrainment and Masking: Some Unsettled Questions. In: *Vertebrate Circadian Systems*. Aschoff, J., Daan, S., Groos, G.A. (eds.). Springer, New York: 13-22

Benesch, A.R., Ehlert, K., Hofmann, M., Holland, R., Kandler, C., Luedicke, T., Ratzel, S., Ruch, T., Schubert, C., Sicks, F., Becker, M., Fleissner, Ge., Fleissner, Gue. (2005a): The influence of husbandry on the circadian activity rhythms of zoo animals. *Mammalian Biology* 70S: 9-10

Benesch, A.R. (2007): Chronoethological assessment of well-being and husbandry in captive koalas (*Phascolarctos cinereus*, Goldfuss 1817). Dissertation. Johann-Wolfgang-Goethe-Universität. Frankfurt am Main

Benesch, A.R., Munro, U., Krop, T., Fleissner, Gue. (2009): Seasonal changes in the behaviour and circadian rhythms in activity and behaviour of captive Koalas *Phascolarctos cinereus*. *Biological Rhythm Research*: 1-16

Carrick, F.N., Wood, A.D., Fyfe, L. (1990): Standards for treatments of koalas. *Koalas – Research for Management: Proceedings of the Brisbane Koala Symposium 1990*: 148-153

Cork, S.J., Warner, A.C.I. (1983): The passage of digesta markers through the gut of a folivorous marsupial, the koala *Phascolarctos cinereus*. *Journal of Comparative Physiology B* 152: 43-51

Cronin, L. (1987): Koala. Reed Books, Chatswood. 135 pp

Dunlap, J.C., Loros, J.J., DeCoursey, P.J., Eds. (2003): *Chronobiology: Biological Timekeeping*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA. 406 pp

Eckert, R., Randall, D., Augustine, G. (1993): Tierphysiologie. 2. revised edition. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York. 724 pp

Ellis, W., Melzer, A., Green, B., Newgrain, K., Hindell, M.A., Carrick, F.N. (1995): Seasonal variation in water flux, metabolic field rate and food consumption of free-ranging koalas (*Phascolarctos cinereus*). Australian Journal of Zoology 43(1): 59-68

Fleissner, G. (2001): Rhythmizität, zirkadiane Rhythmik und Schlaf. In: Dudel, J., Menzel, R., Schmidt, R.F. (eds.). Neurowissenschaft. Berlin

Gattermann, R., Weinandy, R. (1997): Time of day and stress response to different stressors in experimental animals. Part I: Golden hamster (*Mesocricetus auratus*). Journal of Experimental Animal Science 38: 66-76

Halberg, F. (1959): Physiologic 24-hour periodicity: General and procedural considerations with reference to the adrenal cycle. Zeitschrift für Vitamin-, Hormon- und Fermentforschung 10: 225-296

Harrop, C.J.F., Degabriele, R. (1976): Digestion and nitrogen metabolism in the koala, *Phascolarctos cinereus*. Australian Journal of Zoology 24: 201-215

Lee, A., Martin, R. (1988): The Koala – A Natural History. New South Wales University Press, Kensington. 102 pp

Martin, R., Handasyde, K. (1999): The Koala: Natural history, conservation and management. Second Edition. University of New South Wales Press Ltd and Krieger Publishing Company

Mitchell, P. (1990): The home ranges and social activity of koalas – a quantitative analysis. Biology of the koala. Lee, A.K., Handasyde, K.A., Sanson, G.D. Sydney, Surrey Beatty and Sons: 171-187

Moeller, H.F., Grzimek, B. (1988): Koalas oder Beutelbären. In: Grzimeks Enzyklopädie der Säugetiere. Grzimek, B. (ed.). Kindler Verlag, München. 1: 330-338

Morris, D. (1964): The response of animals to a restricted environment. Symposia of the Zoological Society of London 13: 99-118

Moser, M. (2008): Aus dem Takt. Kleine Zeitung 15. 06. 2008: 42-43

Nagy, K.A., Martin, R.W. (1985): Field metabolic rate, water flux, food consumption and time budget of koalas, *Phascolarctos cinereus* (Marsupialia: Phascolarctidae) in Victoria. Australian Journal of Zoology 33: 655-665

Phillips, K. (1994): Australia`s Ancient Ones. Koalas. Macmillan

Piechulla, B., Roenneberg, T. (1999): Chronobiologie. Wie tickt unsere biologische Uhr?. Biologen heute 4. pp. 1-6

Rietveld, W.J., Minors, D.S., Waterhouse, J.M. (1993): Circadian rhythms and masking: An overview. Chronobiology International 10: 306-312

Robbins, M., Russell, E. (1978): Observations of movement and feeding activity of the koala in a semi-natural situation. In: The Koala: Proceedings of the Taronga Symposium on Koala Biology; Management and Medicine. Bergin, T.J. (ed.): 29-41

Schubert, C. (2006): Bedeutung chronoethologischer Erkenntnisse und Methoden zur Beurteilung des Wohlbefindens und der artgerechten Haltung von Elchen (*Alces Alces*) in Menschenobhut. Dissertation. Johann-Wolfgang-Goethe-Universität. Frankfurt am Main

Scheibe, K.M., Streich, W.J. (2003): Annual Rhythm of Body Weight in Przewalski Horses (*Equus ferus przewalskii*). Biological Rhythm Research 2003

Schönbrunner Tiergarten Ges.m.b.H. (2002): Der Koala

Schradin, C. (2005): Vorgehensweise in der Verhaltensforschung

Shepherdson, D.J. (1998): Second nature: Environmental enrichment for captive animals. Smithsonian Institution Press. Washington DC

Sharp, A. (1995): Koalas – Die Teddybären aus dem Eukalyptuswald. Deutschsprachige Ausgabe. BLV, München. 158 pp

Sicks, F. (2005): Chronoethologische Untersuchungen am Kurzschnabeligel. Diplomarbeit. Johann-Wolfgang-Goethe-Universität. Frankfurt am Main

Smith, M.T.A. (1980a): Behaviour of the Koala, *Phascolarctos cinereus* (Goldfuß), in captivity. III. Vocalisations. Australian Journal of Zoology 7: 13-34

Smith, M.T.A. (1980c): Behaviour of the Koala, *Phascolarctos cinereus* (Goldfuß), in captivity. V. Sexual behaviour. Australian Journal of Zoology 7: 41-52

Strahan, R. (ed.) (1995): The Mammals of Australia, Revised Edition, Reed New Holland, Sydney, 756 pp
Thompson, V.D. (1987): Parturition and development in the Queensland Koala *Phascolarctos cinereus adustus* at the San Diego Zoo. International Zoo Yearbook 26: 217-222

Wood, A.D. (1978): The disease of the captive koala. In: The Koala: Proceedings of the Taronga Symposium on Koala Biology; Management and Medicine. Bergin, T.J. (ed.): 158-165

Zink, R. (2003): Beim Jetlag dreht die innere Uhr durch

Zoological Society of San Diego (2001): Koala conservation & education loan program. San Diego: 10 pp

Internetquellen

AKF (2009): <https://www.savethekoala.com/>

ISIS (2006): <http://www.ISIS.org>. August 2006

US Naval Observatory (2009): <http://www.usno.navy.mil/>

9. Danksagung

Vielen Dank an meine beiden Betreuer, Frau Dr. Annette Krop-Benesch vom Institut für Zoo- und Wildtierforschung Berlin und Herrn Prof. Dr. Karl Crailsheim von der Karl-Franzens-Universität Graz, für die zahlreichen Anregungen und Ratschläge.

Ein Dankeschön auch an Frau Mag. Regina Pfistermüller für die große Hilfsbereitschaft sowie an das IZW Berlin und den Tiergarten Schönbrunn dafür, dass sie die Durchführung dieser Studie ermöglicht haben.

Danke an die Tierpfleger der Koala- und Panda-Abteilung des Tiergartens Schönbrunn für die interessanten Informationen während eines vierwöchigen Praktikums.

Vielen, vielen Dank an meine Familie für die jahrelange Unterstützung jeglicher Form sowie an meinen Freund und all meine Freunde für die Motivation!!