

**Ontogenetische Entwicklung bei Europäischen  
Zieseln (*Spermophilus citellus*):  
Verhaltens- und physiologische Aspekte**

DIPLOMARBEIT

Zur Erlangung des akademischen Grades  
Magistra der Naturwissenschaften  
an der Universität Wien



© Elvira Mascher

eingereicht von  
**Elvira Mascher**

Wien, November 2008

Matrikel-Nummer: 9307793  
Studienrichtung/Studienzweig: Biologie/Zoologie  
Betreuerin: Ao. Univ.-Prof. Dr. Eva Millesi

## **DANKSAGUNG**

Zuallererst möchte ich Eva Millesi für die Ermöglichung dieser Diplomarbeit, für die zahlreichen Anregungen, die gute und freundschaftliche Betreuung, sowie für die aufgewendete Zeit danken.

Anna Strauss danke ich für die Einführung in die Freilandarbeit und die gute Zusammenarbeit am Bisamberg.

Ilse Hoffmann gilt mein Dank für die Hilfe bei der Gehegearbeit und den einen oder anderen guten Tipp für die Diplomarbeit.

Vielen Dank an Anna Schöbitz für ihre große Hilfe und Unterstützung bei der Laborarbeit.

Meinem Bruder Erwin möchte ich dafür danken, dass er mich mit seiner konstruktiven Hilfe in „computertechnischen Dingen“ davor bewahrt hat, bei der Auswertung der Daten und dem Schreiben der Diplomarbeit zu verzweifeln.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern für die Ermöglichung des Studiums, für die aufgebrachte Geduld und sowohl für die ideelle als auch für die finanzielle Unterstützung.

Zu guter Letzt möchte ich mich noch bei den Zieseln für ihre, wenn auch unfreiwillige, Kooperation bedanken und mich gleichzeitig für die Unannehmlichkeiten entschuldigen, die ich ihnen bereitet habe.

**INHALTSVERZEICHNIS**

EINLEITUNG ..... 5

MATERIAL UND METHODE ..... 9

    1. Untersuchungsrahmen ..... 9

    2. Fangmethode ..... 10

    3. Individuen ..... 11

    4. Trächtigkeit und Laktation ..... 12

    5. Verhaltensbeobachtungen ..... 13

        • Verhaltensparameter ..... 13

        • Interaktionen ..... 14

        • Protokollauswertung ..... 15

    6. Einteilung der aktiven Saison in Phasen ..... 16

    7. Hormonanalysen ..... 17

    8. Statistische Auswertung ..... 18

ERGEBNISSE ..... 19

    1. Wurfgröße ..... 19

    2. Laktationsdauer ..... 19

    3. Körpermasse und Schädelldänge ..... 20

    4. Hormonanalysen ..... 24

        4.1. Saisonaler Verlauf der Cortisolkonzentration ..... 25

        4.2. Saisonaler Verlauf der Testosteronkonzentration ..... 26

        4.3. Saisonaler Verlauf der Östradiolkonzentration ..... 27

    5. Verhaltensbeobachtungen ..... 28

        5.1. Saisonale Aktivitätsmuster ..... 28

        5.2. Verhaltensaktivitäten im Phasenverlauf ..... 30

            • Foraging ..... 30

            • Unterirdisch ..... 30

            • Graben und Nesting ..... 31

            • Lokomotion ..... 32

            • Inaktivität ..... 32

# INHALTSVERZEICHNIS

---

• Wachsamkeit und Komfortverhalten.....	33
5.3. Interaktionen im Phasenverlauf.....	33
• Sozio-positive Interaktionen .....	33
• Agonistische Interaktionen .....	34
6. Hormone und Verhalten .....	36
6.1 Cortisol und Verhalten.....	36
• Cortisol und Aktivität.....	36
• Cortisol und Interaktionen.....	37
6.2. Testosteron und Verhalten .....	39
6.3. Östradiol und Verhalten.....	40
7. Cortisol und Auffettung .....	40
DISKUSSION .....	41
ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY .....	54
LITERATURVERZEICHNIS.....	56
LEBENS LAUF .....	64

### **EINLEITUNG**

Das Europäische Ziesel (*Spermophilus citellus*) ist ein typischer Bewohner südosteuropäischer Steppengebiete (KRYSTUFEK, 1999; LEITNER, 1988). Sein auf isolierte Habitatfragmente begrenztes Verbreitungsgebiet in Österreich beschränkt sich auf den unter panonischen Klimaeinfluss stehenden Nordosten (SPITZENBERGER und BAUER, 2002; LEITNER, 1988).

Europäische Ziesel sind obligate Winterschläfer und zeigen einen ausgeprägten endogenen Jahreszyklus (HOFFMANN, 2002). Die aktive Saison beginnt etwa Mitte März mit dem Auftauchen der geschlechtsreifen Männchen aus den Winterschlafbauten (MILLES I et al., 1999b). Wenige Tage nachdem die ersten Weibchen Anfang April an der Erdoberfläche erscheinen, beginnt die Paarungszeit und die Trächtigkeit dauert durchschnittlich 28 Tage (HUBER et al., 2001). Die Jungen sind typische Nesthocker, werden nackt, blind und mit verschlossenen Ohren geboren (KRAPP, 1988). Sie werden 45 bis 61 Tage lang gesäugt (HUBER et al., 2001). Etwa 30 Tage nach der Geburt, zwischen Ende Mai und Anfang Juli, erscheinen die Jungen das erste Mal an der Erdoberfläche. Zwischen Mitte September und Mitte Oktober beginnt für die juvenilen Ziesel der 6 bis 7 Monate dauernde Winterschlaf (MILLES I et al. 1999a, 1999b).

In der kurzen aktiven Zeit zwischen dem Verlassen des Wurfbaus und Beginn des Winterschlafs müssen die Jungen wachsen, soziale Erfahrungen sammeln, einen eigenen Bau graben und ausreichend Fettreserven anlegen um die Hibernationsphase, die sie einzeln, ohne Nahrungsvorräte im Bau verbringen (MILLES I, et al. 1999b) überleben und im darauffolgenden Frühjahr noch genug Energie für die Reproduktion aufbringen zu können.

Es ist daher für die juvenilen Tiere, auch im Hinblick auf die nächste Saison, von großer Bedeutung ihre limitierte Zeit optimal zu nutzen.

Verschiedene physiologische und verhaltensbiologische Faktoren beeinflussen in Zusammenhang mit zeitlichen Komponenten die Entwicklung juveniler Ziesel.

Wichtig für das Überleben der Jungen ist ihr körperlicher Zustand bei der Geburt und die Zeit und Energie, die reproduzierende Weibchen in ihren Nachwuchs stecken.

Früh in der Saison geborene Würfe bestehen meist aus mehr, dafür kleineren Jungen als später in der Saison geborene Würfe (HUBER et al, 1999; MILLES I et al.

1999a). Der saisonale Unterschied in der Wurfgröße ist auch abhängig vom physiologischen Zustand der reproduzierenden Weibchen (HUBER et al., 1999). Später geborene Junge haben weniger Zeit sich auf den Winter vorzubereiten. Demnach ist es von Vorteil wenn diese Tiere schon von Geburt an einen Entwicklungsvorsprung gegenüber Jungen von frühen Würfen haben.

Hormone steuern das Verhalten und physiologische Vorgänge im Körper eines Tieres. Testosteron wird in den interstitiellen Zellen des Hodens gebildet und ist für die Entwicklung der primären und sekundären männlichen Geschlechtsmerkmale sowie für die Spermatogenese verantwortlich (PENZLIN, 1991). Zudem stellt es einen entscheidenden Faktor bei der Auslösung von aggressivem Verhalten dar (GIAMMANCO et al., 2005). Juvenile männliche Ziesel zeigen in den ersten Wochen nach dem Auftauchen aus dem Wurfbau einen Anstieg der Plasma-Testosteron-Konzentration, was auf eine erste Aktivierung und Synchronisation der Hypothalamus - Hypophysen – Gonaden – Achse hindeutet (STRAUSS et al., 2007). Die Gonadenreifung beginnt in den letzten Wochen des Winterschlafs und wird von einem Anstieg der Testosteronsekretion begleitet. Im Frühling erwachen die Männchen dann mit voll entwickelten Testes (STRAUSS et al., 2008). In den Ovarien wird in den Zellen der Follikel Östradiol produziert, das für die Entwicklung der primären und sekundären weiblichen Geschlechtsmerkmale verantwortlich ist (PENZLIN, 1991). Eine Untersuchung der Sexualsteroiden ermöglicht es, Rückschlüsse auf die sexuelle Entwicklung der pubertierenden Ziesel zu ziehen.

Glucocorticoide werden unter dem Einfluss von ACTH in der Zona fasciculata der Nebennierenrinde gebildet. Der wichtigste Stimulus für die Ausschüttung von Cortisol ist Stress. Glucocorticoide dienen in erster Linie der Mobilisierung von Reserven in Stresssituationen (Schmidt, 2005). Es war daher anzunehmen, dass während aggressiver Auseinandersetzungen mit anderen Jungtieren oder Adulten eine erhöhte Cortisolkonzentration im Kot zu finden ist. Weiters können beginnende Abwanderungstendenzen, wie sie im Freiland im Alter von ca. 9 Wochen auftreten und das Anlegen von Winterschlafbauten Stressfaktoren für die Tiere darstellen. Außerdem ist aus früheren Untersuchungen (STRAUSS 2007, MILLESI unpubl. Daten) bekannt, dass gegen Ende der aktiven Saison auch bei freilebenden Tieren der Cortisollevel signifikant ansteigt. Es wird vermutet, dass Cortisol eventuell eine Rolle bei der Auffettung vor dem Winterschlaf spielt.

Das Verhalten einer Tierart hängt unter anderem auch von den vorherrschenden Umweltbedingungen ab, unterliegt einer Saisonalität und ermöglicht es Rückschlüsse auf den Energiebedarf der Tiere zu ziehen. Vor allem die Nahrungsaufnahme steht in einem unmittelbaren Zusammenhang mit dem Energiegewinn und ist damit auch wichtig für Wachstum und Auffettung, weswegen auch ein erheblicher Teil der Zeit dafür in Anspruch genommen werden sollte. Ein Großteil der juvenilen Ziesel beginnt etwa ab der 9. Lebenswoche (HOFFMANN et al., 2004) vom Geburtsort abzuwandern und eigene Bauten zu graben. Man kann daher annehmen, dass in dieser Zeit die Lokomotorik, sowie das Graben und das Sammeln von Nistmaterial einen wichtigen Bestandteil der täglichen Aktivitäten darstellen. Zur Sicherung des Überlebens wäre es sinnvoll, die Wachsamkeit während der gesamten aktiven Saison, vor allem aber während des Dispersals, auf einem hohen Level zu halten.

Europäische Ziesel leben in lockeren, nicht sehr sozialen, Verbänden zusammen (HUBER, 1996) und zeigen bei Aufeinandertreffen die verschiedensten Interaktionen. Diese können Auseinandersetzungen um wichtige Ressourcen (Huber,1996), wie Nahrung, Bau, oder im Fall der Männchen Nähe zu Weibchen, repräsentieren, die im weiteren Verlauf für eine erfolgreiche Reproduktion entscheidend sein können. Von den sozio-positiven Interaktionen ist vor allem das Spielverhalten herauszuheben, welches eine wichtige Rolle in der Entwicklung kognitiver und motorischer Fähigkeiten und der Entwicklung des Sozialverhaltens spielt (NUNES, 2004).

Das Ziel dieser Arbeit war es, einen Einblick sowohl in das Verhalten, als auch in physiologische Vorgänge bei juvenilen Zieseln zu bekommen und Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Parametern zu untersuchen.

Folgende Fragestellungen wurden behandelt:

- Zusammenhänge zwischen dem Zeitpunkt der Geburt, der Wurfgröße, der Körpermasse, der Schädellänge, der Laktationsdauer und deren Einfluss auf die weitere Entwicklung der Jungen wurden geprüft.

- Veränderungen in den verschiedenen Verhaltensweisen (Aktivitätsmuster, aggressive und sozio-positve Interaktionen) im Verlauf der aktiven Saison sollten untersucht werden.
- Der Verlauf der endokrinen Parameter (Cortisol, Testosteron, Östradiol) sollte über die gesamte aktive Saison hinweg dargestellt und auf eventuelle Zusammenhänge mit Verhalten und morphologischer Entwicklung analysiert werden.

Aufgrund der durch Raubdruck verursachten hohen Mortalitätsrate und des ausgeprägten Dispersalverhaltens der Jungtiere (HOFFMANN, 1995, 2004), ist es schwierig im Freiland regelmäßig Daten zu sammeln. Die Untersuchungen für diese Arbeit konnten in Freigehegen durchgeführt werden, wo eine regelmäßige Datenaufnahme von Individuen über die gesamte aktive Saison hinweg möglich war.

## MATERIAL UND METHODE

### 1. Untersuchungsrahmen

Die Studie wurde an Europäischen Zieseln (*Spermophilus citellus*) in drei Freigehegen am Bisamberg im Norden Wiens durchgeführt. Das Gebiet um den Bisamberg ist ein natürliches Zieselhabitat, wo auch noch freilebende Populationen zu finden sind (BAUER, 2002). Die 118m<sup>2</sup> bis 185m<sup>2</sup> großen Gehege lagen auf einem ostexponierten Hang zwischen kleineren Obst- und Weingärten (Seehöhe zwischen 220m und 260m).

Um die Ziesel vor Prädatoren zu schützen, wurden die Gehege (Abb.1) mit Vogelnetzen überspannt. Seitlich waren sie von einem punktgeschweißten, ca. 1,20m hohen, Maschendrahtzaun umgeben, der im oberen Drittel auf einem nach innen abgechrägten Aluminiumblech befestigt war, was ein Herausklettern der Tiere verhinderte. Der Zaun war auch ca. 1,50m tief in der Erde versenkt, was aber ein Untergraben desselben und damit verbunden ein Ausbrechen der Ziesel aus den Gehegen nicht verhindern konnte (vgl. ASCHAUER, 2003). Insgesamt wurden mehr als 20 Ausbruchslöcher entdeckt, die zum Teil die ganze Saison über aktiv benutzt wurden. Ein verschließen der Löcher mit Sand, Erde, Steinen, Holzpflocken und Maschendrahtgitter war nur vorübergehend erfolgreich, weshalb im Verlauf der Saison immer wieder Tiere verschwanden.



**Abb. 1:** Das Bild zeigt eines der 3 mit Schutznetzen überspannten Freigehege am Bisamberg.

Um die Tiere gut beobachten zu können, wurde das Gras in den Gehegen mindestens alle zwei Wochen gemäht. Aus diesem Grund, und auch um die Ziesel dazu zu bewegen in den Gehegen zu bleiben, wurde täglich mit Obst, Karotten, hartem Brot, Pellets und frisch gepflücktem Löwenzahn zugefüttert.

Die Datenaufnahme erfolgte von Anfang April bis Ende September 2006 täglich in der Zeit zwischen 9.<sup>00</sup> und 19.<sup>00</sup> Uhr.

### 2. Fangmethode

Die Ziesel wurden einmal pro Woche in Tomahawk Lebendfallen (Abb.2) gefangen, die mit Erdnussbutter und Karotten beködert waren. Über die Fallen wurden Fangsäcke gestülpt, in welche die Tiere nach dem Öffnen der Falltüren meist freiwillig flüchteten und mit denen die Ziesel auch gut fixiert werden konnten. Die Fangsäcke waren fast über die gesamte Länge mit einem Klettverschluss versehen, sodass immer nur der zu manipulierende Körperteil aus dem Sack entnommen werden konnte (vgl. ASCHAUER, 2003).



**Abb. 2:** Ein juveniles Zieselweibchen in einer Tomahawk Lebendfalle, die mit Erdnussbutter und einem Stück Karotte beködert wurde.

Um die Tiere bei den Verhaltensbeobachtungen aus der Ferne unterscheiden zu können, wurden sie mit Haarfarbe (rot für die Weibchen, schwarz für die Männchen) in individuellen Mustern markiert. Aufgrund von Fellwechsel und Ausbleichen der Farbe, mussten die Markierungen in regelmäßigen Abständen aufgefrischt werden.

Zudem wurden die juvenilen Ziesel beim ersten Fang nach dem Auftauchen aus dem Wurfbau mit einer Tätowierung an der Innenseite einer Hinterextremität versehen. Zur eindeutigen Identifizierung wurde den Tieren (ab einem Körpergewicht von 100g) im Nacken - bzw. Rückenbereich ein Transponder der Marke Virbac subcutan injiziert.

Bei jedem Fang konnte mit Hilfe eines Fangprotokolls Datum, Fangort, Stärke des Fellwechsels (auf einer Skala von 0 bis 3), Probenentnahme (Kot, Blut), Nachmarkierung mit Haarfarbe und etwaige Besonderheiten (Verletzungen, Gesundheitszustand) notiert werden. Außerdem wurden die Tiere gewogen und als Indikator für das Körperwachstum die Länge des Schädels mit einer Schublehre gemessen (Abb. 3).

Weiters wurde bei den adulten Weibchen und den Jährlingsweibchen Größe und Öffnung der Vulva, sowie Größe und Pigmentierung der Zitzen zur Bestimmung der Trächtigkeit und Laktationsdauer ermittelt (vgl. ASCHAUER, 2003).



**Abb. 3:** Bestimmung der Schädelgröße mit Hilfe einer Schublehre bei einem juvenilen Ziesel.

### 3. Individuen

In den drei Gehegen befanden sich insgesamt 34 nonjuvenile (Adulte und Jährlinge) und ungefähr 60 juvenile Ziesel. Als Adulte werden Tiere nach mindestens zwei Winterschlafperioden, als Jährlinge Tiere nach ihrem ersten Winterschlaf bezeichnet (MILLES I et al. 1999b). Aufgrund der schon erwähnten Situation mit den Ausbruchslöchern herrschte eine ständige Fluktuation der Populationsdichte in den Gehegen. In allen Gehegen befanden sich aber zu jeder Zeit sowohl sexuell aktive Weibchen, sexuell aktive und inaktive Männchen, als auch juvenile Männchen und Weibchen.

Von den ca. 60 Jungen konnten 24 (13 Weibchen, 11 Männchen) bis zum Ende der Saison regelmäßig gefangen und beobachtet werden.

#### **4. Trächtigkeit und Laktation**

Anhand der Fangdaten der reproduzierenden Weibchen (Zustand der Vulva und der Zitzen, Körpermasse) und dem Zeitpunkt des erstmaligen Erscheinens der Jungen an der Erdoberfläche konnte die Dauer der Trächtigkeit, der Laktation 1 und der Laktation 2 ermittelt werden. Die Einteilung der 3 Phasen wurde wie folgt vorgenommen (vgl. HUBER 1996, ASCHAUER 2003):

##### **Trächtigkeit**

Als Trächtigkeit wird der Zeitraum zwischen der Paarung und der Geburt der Jungen bezeichnet. Durchschnittlich dauert die Trächtigkeit bei Europäischen Zieseln 28 Tage (MILLES I et al. 1999a). Die trächtigen Weibchen hatten vergrößerte und dunkel pigmentierte Zitzen. Während der Trächtigkeit kam es zu einer kontinuierlichen Gewichtszunahme und am Ende der Trächtigkeit zu einer sprunghaften Gewichtsabnahme.

##### **Laktation 1**

Der Zeitraum zwischen der Geburt und dem ersten Auftauchen der Jungen an der Erdoberfläche wird als Laktation 1 bezeichnet. Die Dauer dieser Phase beträgt durchschnittlich 4 Wochen. Laktierende Weibchen hatten hell/rosa gefärbte und geschwollene Zitzen.

##### **Laktation 2**

Die Phase Laktation 2 begann unmittelbar nach dem erstmaligen Auftauchen der Jungen an der Erdoberfläche und endete mit der Entwöhnung der Jungen. Die Zitzen der Weibchen bildeten sich in ihrer Größe zurück und wurden zunehmend trockener. Die Laktation 2 dauert zwischen 14 und 30 Tagen (HUBER et al. 2001).

Die Wurfgröße wurde durch Zählen der Jungen beim ersten Verlassen des Wurfbaus bestimmt. Es war nicht möglich eventuelle Totgeburten und Junge, die während der Laktation 1 gestorben sein könnten zu berücksichtigen.

## 5. Verhaltensbeobachtungen

Für die Verhaltensaufnahmen wurde je mindestens 1 Stunde lang ein Scan-Sampling mit 5minütigen Intervallen durchgeführt. Dabei wurde für jedes Tier das gezeigte Verhalten auf 0/1-Basis protokolliert. Interaktionen wurden mittels event-sampling während der Protokolldauer notiert. Ebenso wurden Datum, Wetterverhältnisse, Temperatur, Gehegenummer und Uhrzeit festgehalten. Jedes Gehege war in Sektoren von ca. 3x3m eingeteilt um den ungefähren Aufenthaltsort der beobachteten Tiere notieren zu können. Allerdings wurden diese Daten nicht für die Auswertung herangezogen (vgl. ASCHAUER, 2003).

Zwischen Mitte Juni und Ende September wurde insgesamt 138 Stunden beobachtet, davon fielen 41 Stunden auf Gehege 1, 46 Stunden auf Gehege 2 und 51 Stunden auf Gehege 3, wobei in jedem Gehege mindestens 2 mal pro Woche ein Scan-Sampling durchgeführt wurde.

Die Verhaltensbeobachtungen erfolgten mit einem Fernglas der Marke Swarovski (10x25).

### Verhaltensparameter

Es wurden folgende Verhaltensweisen protokolliert (vgl. ASCHAUER, 2003):

**Foraging:** In diese Kategorie fielen alle Verhaltensweisen, die dem Nahrungserwerb dienten, wie das Suchen und Aufnehmen der Nahrung, das Abreißen von Gräsern und Blüten, das Kauen und auch das Fangen von Insekten.

**Wachsamkeit:** Als Wachsamkeit wurde das Aufrichten auf die Hinterextremitäten bezeichnet. Es wurde dabei keine Nahrung aufgenommen. Dieses Verhalten dient dem Sichern der Umgebung und der optischen Feindüberwachung.

**Komfortverhalten:** Dieses Verhalten dient der Körperpflege und beinhaltet das Putzen des Fells, das sich Kratzen, das Strecken und das Gähnen.

**Graben:** Als Graben wurde das Herauswerfen von Erde mit den Extremitäten aus einem Erdloch und das Scharren in der Erde rund um den Baueingang bezeichnet.

**Nesting:** Es wurde sowohl trockenes als auch frisches Gras ausgezupft, im Mund mit den Vorderpfoten zurecht geschoben und als Nistmaterial in den Bau eingetragen.

**Inaktiv:** Unter Inaktivität wurde das ruhige Dasitzen bzw. –liegen an der Erdoberfläche, ohne jegliche weitere Aktivität, verstanden.

**Unterirdisch:** Alle Ziesel, die sich in einem Scan - Intervall nicht an der Erdoberfläche aufhielten, aber mit Sicherheit im Gehege anwesend waren, bekamen in diesem Intervall die Kategorie Unterirdisch zugeordnet.

**Lokomotion:** Als Lokomotion wurde ein Herumlaufen ohne erkennbare andere Aktivität und das Klettern auf dem Gehegegitter bezeichnet.

**Markieren:** Männchen markieren mit einem Drüsensekret durch Reiben der Wangen am Boden ihr Revier rund um den Eingang zum Bau.

### Interaktionen

Es wurde zwischen sozio – positiven und agonistischen Interaktionen unterschieden. Die agonistischen Interaktionen wurden wiederum in Interaktionen mit hoher Intensität und Interaktionen mit niedriger Intensität unterteilt.

Folgende Interaktionen wurden protokolliert (vgl. ASCHAUER, 2003):

#### Sozio-positive Interaktionen

**Beschnuppern:** Zum Beschnuppern zählte der naso-nasal Kontakt zweier Tiere und auch die anogenitale Inspektion.

**Nähe:** Bei der räumlichen Nähe verweilten 2 Tiere nebeneinander sitzend, wobei der Abstand zwischen den beiden weniger als eine Körperlänge betrug.

**Spiel:** Als Aufforderung zum Spiel diente oft ein auf den Kopf tapsen mit der Pfote, mit dem Kopf schubsen und vor der Nase des Gegenübers herumspringen. Das

Spiel selber bestand dann aus kurzen Verfolgungsjagden, anspringen, sich gegenseitig auf den Hinterbeinen stehend mit den Vorderpfoten schubsen und herumkugeln.

### Agonistische Interaktionen mit hoher Intensität

**Jagd:** Bei der Jagd verfolgte ein Tier ein anderes in hohem Tempo durchs Gehege, oft verbunden mit keckernden Lautäußerungen des verfolgten Tieres.

**Kampf:** Beim Kampf stießen sich die Tiere mit den Vorderextremitäten und sprangen sich gegenseitig an. Es kam zum Verbeißen und zum verschlungen Drehen um die eigene Achse, oft auch verbunden mit schreienden Lautäußerungen. Ein Kampf kann auch in eine Jagd übergehen, oder umgekehrt eine Jagd in einen Kampf.

### Agonistische Interaktionen mit niedriger Intensität

**Versetzung:** Bei der räumlichen Versetzung begegneten sich 2 Tiere auf Berührungsebene und eines davon entfernte sich wieder, nachdem das Gegenüber eventuell kurz keckernde Laute von sich gegeben hat und /oder die Schwanzhaare gestäubt hat und/oder kurz den Gegner mit einer Vorderextremität berührt hat.

**Versetzungsversuch:** Beim Versetzungsversuch spielte sich das selbe ab wie bei einer räumlichen Versetzung, mit dem Unterschied, dass sich das Gegenüber nicht entfernte, sondern seine momentane Tätigkeit fortsetzte.

**Unterwerfung:** Bei einer Unterwerfung legte sich ein Tier auf den Rücken, streckte alle 4 Extremitäten von sich und präsentierte dem Gegenüber somit seine empfindlichsten Körperstellen.

### Protokollauswertung

Für alle Verhaltensparameter wurde der prozentuelle Anteil pro Scan-Sampling ermittelt und anschließend für jedes Tier in den entsprechenden Lebensphasen der Mittelwert berechnet.

Zur Bestimmung der Interaktionsrate wurden die Summen der jeweiligen Interaktionen eines Tieres durch die Beobachtungszeit dividiert und ebenfalls für jedes Individuum die Mittelwerte pro Phase berechnet.

## **6. Einteilung der aktiven Saison in Phasen**

Um den Verlauf der Verhaltensaktivitäten besser darstellen zu können, wurde die aktive Saison in 3 Entwicklungs-Phasen eingeteilt.

### **Phase 1 (6 – 11 Lebenswoche)**

Phase 1 ist die Zeit, in der die Jungen zu Beginn noch gemeinsam im Wurfbau wohnten und auch noch gesäugt wurden und im Freiland ab etwa der 9. Lebenswoche (HOFFMANN et al., 2004) beginnen würden abzuwandern bzw. sich nach eigenen Bauten umzusehen.

### **Phase 2 (12 – 17 Lebenswoche)**

In Phase 2 hatten alle juvenilen Tiere die Wurfbauten verlassen und begannen sich eigene Bauten für den Winter zu graben und diese auch gegen Artgenossen zu verteidigen.

### **Phase 3 (18 – 20 Lebenswoche)**

In diesem Zeitabschnitt wurden die Winterbauten noch fertig eingerichtet und ansonsten sollte so wenig Energie wie möglich verbraucht werden um genug Fett für den Winterschlaf anlegen zu können.

## 7. Hormonanalysen

Es konnte bei jedem Fang eine frische Kotprobe, entweder aus dem Fangsack oder aus der Tomahawk Falle, entnommen werden.

Zudem wurde den juvenilen Zieseln ab der 8. Lebenswoche bis zu Beginn des Winterschlafs einmal wöchentlich mit einer heparinisierten Kapillare an der Femurvene ca. 200µl Blut abgenommen und noch vor Ort abzentrifugiert. Sowohl das Plasma, als auch die Kotproben wurden gekühlt gelagert und am Ende des Tages bis zur Weiterverarbeitung im Labor bei ca. – 20° C tiefgefroren aufbewahrt.

Aus den Blutproben wurde nach der Extraktion mit Diethylether mittels Biotin-Streptavidin Enzyme Immunoassay (EIA) (PALME & MÖSTL, 1993) die Östradiol- und Testosteronkonzentration bestimmt (vgl. ASCHAUER, 2003).

Einer der wichtigsten Vertreter der von der Nebenniere gebildeten Glucocorticoid-Metaboliten beim Ziesel ist das Cortisol (STRAUSS et al., 2007). Die getrockneten Kotproben wurden mit destilliertem Wasser und Methanol extrahiert und danach ebenfalls mittels EIA auf die Cortisolkonzentration hin untersucht.

Jede Probe wurde im Doppelseinsatz in Mikrotiter-Platten (nunc maxi sorp) einpipettiert und anschließend photometrisch analysiert. Danach wurde der Variationskoeffizient in % (=Standardabweichung/Mittelwert x 100) innerhalb (Intraassay) und zwischen (Interassay) den Platten berechnet.

<u>Intraassay-Plasma:</u>	Östrogen: 14,2%	<u>Interassay-Plasma:</u>	Östrogen: 8,8%
	Testosteron: 9,4%		Testosteron: 14,9%
<u>Intraassay-Kot:</u>	Cortisol: 16,6%	<u>Interassay-Kot:</u>	Cortisol: 20,3%

## **8. Statistische Auswertung**

Die statistische Datenauswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 15.0 für Windows.

Zur Überprüfung auf Normalverteilung wurde der Shapiro-Wilk-Test herangezogen.

Je nach Abhängigkeit oder Unabhängigkeit der Stichproben wurden folgende Tests durchgeführt (BÜHL & ZÖFEL, 2005):

Für nicht parametrische Tests wurden der Wilcoxon-Test und der Mann-Whitney-U-Test verwendet.

Korrelationsanalysen wurden mittels Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson (normal verteilte Daten) und Rangkorrelation nach Spearman (nicht normal verteilte Daten) durchgeführt.

Das Signifikanzniveau wurde bei  $p \leq 0,05$  (zweiseitig) angesetzt.

## ERGEBNISSE

### 1. Wurfgröße

Bei 9 von 11 Würfen konnte die genaue Wurfgröße festgestellt werden. Diese lag bei 5 bis 7 Jungen pro Wurf. Von den insgesamt 58 gefangenen Jungtieren waren 37,9% männlich und 62,1% weiblich.

Es wurde kein Zusammenhang zwischen Wurfgröße und Schädelgröße bzw. Körpermasse zum Zeitpunkt des ersten Verlassens des Wurfbaus gefunden (Pearson:  $p > 0,05$ ). Allerdings waren die Tiere der größten Würfe (7 Junge pro Wurf) durchschnittlich leichter und kleiner, als die Jungen der 5er und 6er Würfe (Tab. 1).

Alle Geburten fanden im Mai statt. Um Zusammenhänge zwischen dem Zeitpunkt der Geburt, der Körpermasse, Schädelgröße und Laktationsdauer untersuchen zu können, wurden Würfe die in der ersten Maihälfte geboren wurden mit den in der zweiten Maihälfte geborenen verglichen. Früher geborene Würfe ( $\bar{x} = 6,4 \pm 0,8$ ;  $n = 5$ ) waren durchschnittlich um ein Junges größer als die später geborenen ( $\bar{x} = 5,5 \pm 0,5$ ;  $n = 4$ ).

**Tab. 1:** Körpermasse (g) und Schädelgröße (mm) bei juvenilen Zieseln unterschiedlicher Wurfgrößen beim erstmaligen Verlassen des Wurfbaus.

Wurfgröße	Körpermasse (g)		n	Schädelgröße (mm)	
	$\bar{x}$	SD		$\bar{x}$	SD
5-6	68,3	3,5	26	43,2	0,3
7	44,1	11,1	16	39,8	1,4

### 2. Laktationsdauer

Die Laktationsphase 1 dauerte zwischen 26 und 36 Tage, die Laktationsdauer 2 betrug zwischen 11 und 29 Tage.

Bei den Würfen die in der ersten Maihälfte geboren wurden, dauerte sowohl die Laktationsphase 1 (Mann-Whitney-U-Test:  $z = -2,22$ ;  $n = 23$ ;  $p = 0,026$ ), als auch die Laktationsphase 2 (Mann-Whitney-U-Test:  $z = -3,26$ ;  $n = 23$ ;  $p = 0,001$ ) deutlich länger als bei Würfen die in der zweiten Maihälfte geboren wurden (Tab.2).

**Tab. 2:** Unterschiede in der Laktationsdauer zwischen den in der ersten und zweiten Maihälfte geborenen Wüfeln. Mann-Whitney-U-Test: Laktation 1:  $p=0,026$ ; Laktation 2:  $p=0,001$ .

Maihälfte	Laktation 1 (d)			Laktation 2 (d)		
	$\bar{x}$	SD	n	$\bar{x}$	SD	n
1	33	2	23	22	4	23
2	31	3	23	14	3	23

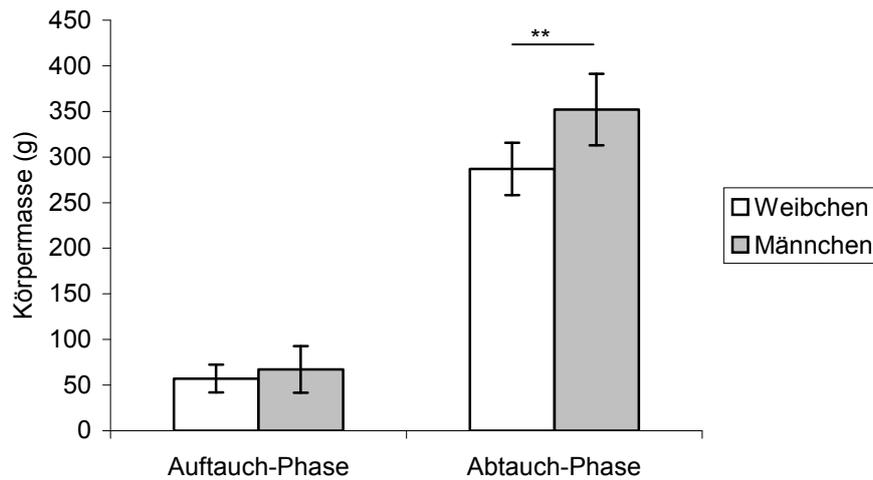
### 3. Körpermasse und Schädelgröße

Die Körpermasse der juvenilen Männchen kurz nach dem erstmaligen Verlassen des Wurfbaus ( $\leq 7$  Tage) betrug durchschnittlich 67,1g (SD= $\pm 20,7$ ; n=19), (Abb. 1). Die Körpermasse der juvenilen Weibchen betrug durchschnittlich 57,1g (SD= $\pm 16,0$ ; n=27), (Abb. 1). Das letzte gemessene Gewicht vor Beginn des Winterschlafs war bei den Männchen durchschnittlich 352g (SD=39; n=11) und bei den Weibchen durchschnittlich 287g (SD=28; n=13).

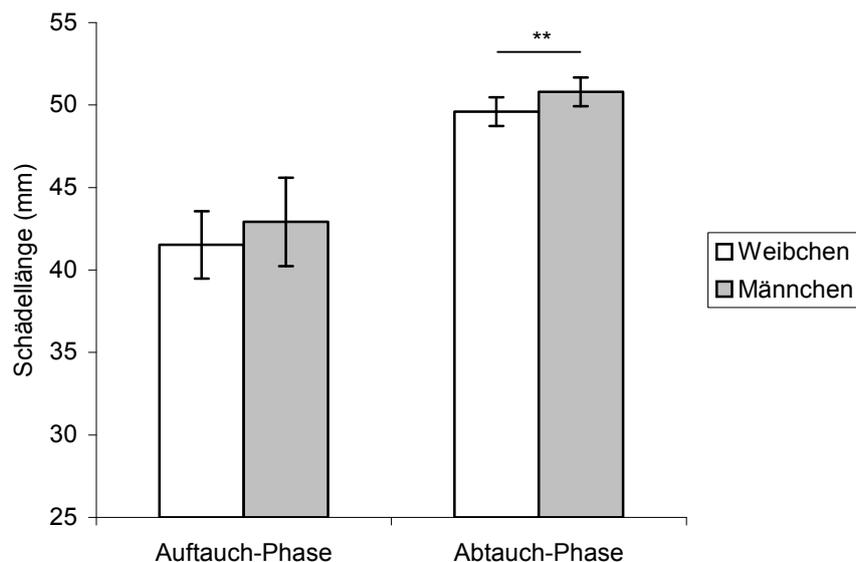
Die Schädelgröße der Männchen kurz nach dem Auftauchen ergab im Mittel 42,9mm (SD= $\pm 2,6$ ; n=19), die mittlere Schädelgröße der Weibchen betrug 41,5mm (SD= $\pm 2,0$ ; n=27), (Abb. 2). Zu Beginn des Winterschlafs betrug die durchschnittliche Schädelgröße bei den Männchen 50,8mm (SD= $\pm 0,8$ ; n=11) und bei den Weibchen 49,6mm (SD= $\pm 0,8$ ; n=13).

Zwischen den Geschlechtern gab es unmittelbar nach dem erstmaligen Verlassen des Wurfbaus weder bei der Körpermasse (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-1,24$ ; n=46;  $p=0,21$ ), noch bei der Schädelgröße (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-1,84$ ; n=46;  $p=0,06$ ) einen signifikanten Unterschied. Zu Beginn des Winterschlafs waren die Männchen allerdings deutlich schwerer (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-3,45$ ; n=24;  $p=0,001$ ) und größer (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,76$ ; n=24;  $p<0,01$ ) als die Weibchen. (Abb.1 und 2).

## ERGEBNISSE



**Abb.1:** Vergleich der Körpermassen zwischen männlichen und weiblichen juvenilen Zieseln beim erstmaligen Verlassen des Wurfbaus (Auftauch-Phase) und kurz vor dem Winterschlaf (Abtauch-Phase). Auftauchphase: Männchen: 67,1g; SD=±20,7; n=19; Weibchen: 57,1g; SD=±16,0; n=27; Abtauchphase: Männchen: 352g; SD=39; n=11; Weibchen: 287g; SD=28; n=13.



**Abb. 2:** Vergleich der Schädelhöhen zwischen männlichen und weiblichen juvenilen Zieseln beim erstmaligen Verlassen des Wurfbaus (Auftauch-Phase) und kurz vor dem Winterschlaf (Abtauch-Phase). Auftauchphase: Männchen: 42,9mm; SD=±2,6; n=19; Weibchen: 41,5mm; SD=±2,0; n=27; Abtauchphase: Männchen: 50,8mm; SD=±0,8; n=11; Weibchen: 49,6mm; SD=±0,8; n=13.

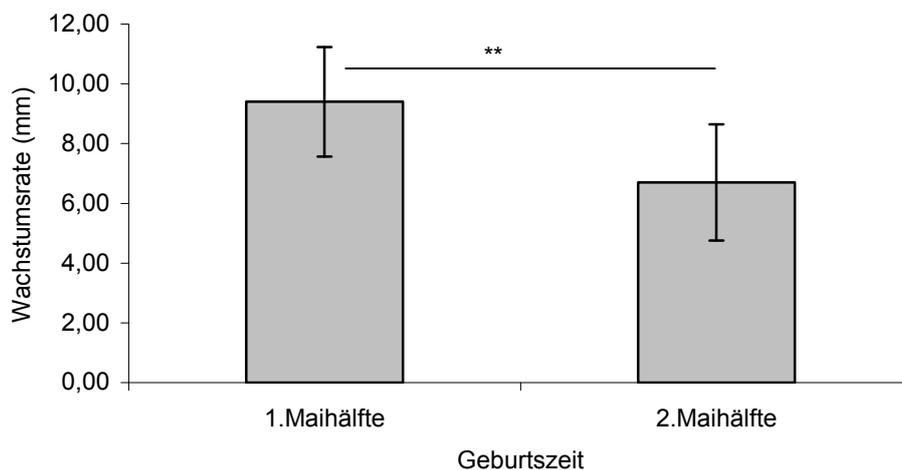
Es wurde ein Zusammenhang zwischen dem Geburtstermin sowohl mit dem Auftauchgewicht (Spearman:  $r=0,50$ ;  $n=23$ ;  $p=0,02$ ) als auch mit der Schädelhöhe (Spearman:  $r=0,58$ ;  $n=22$ ;  $p=0,004$ ) gefunden. Die Jungen die in der zweiten Maihälfte geboren wurden, waren beim ersten Auftauchen aus dem Wurfbau

schwerer (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,29$ ;  $n=23$ ;  $p=0,02$ ) und größer (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,74$ ;  $n=23$ ;  $p=0,006$ ) als die Jungen, die in der ersten Maihälfte geboren wurden (Tab. 3).

**Tab. 3:** Unterschiede in der Körpermasse (g) und der Schädel länge (mm) zwischen den in der ersten und zweiten Maihälfte geborenen Würfeln beim erstmaligen Verlassen des Wurfbaus. Mann-Whitney-U-Test: Körpermasse:  $p=0,02$ ; Schädel länge:  $p=0,006$ .

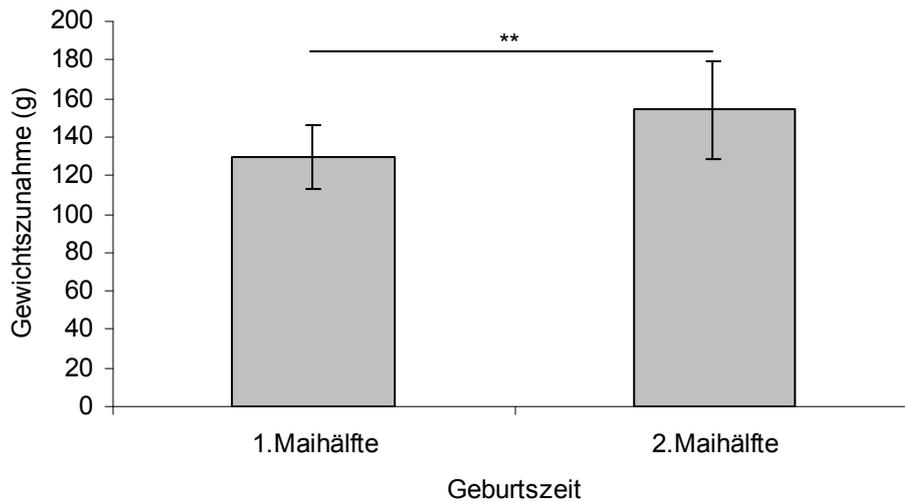
Maihälfte	Körpermasse (g)		n	Schädel länge (mm)	
	$\bar{x}$	SD		$\bar{x}$	SD
1	50,4	16,2	23	40,7	2,2
2	73,7	18,4	23	43,6	1,5

Die früher geborenen Jungen zeigten eine höhere saisonale Wachstumsrate (Abb. 3) als die später geborenen Jungen (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,73$ ;  $n=23$ ;  $p=0,006$ ), nahmen aber bis zur 13. Lebenswoche signifikant weniger an Gewicht zu als die später geborenen (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,23$ ;  $n=23$ ;  $p=0,025$ ; Abb. 4). Am Ende der aktiven Saison waren die Spätgeborenen zwar durchschnittlich immer noch größer und schwerer als die Frühgeborenen, aber es konnte kein signifikanter Unterschied mehr festgestellt werden.



**Abb. 3:** Saisonale Wachstumsrate der juvenilen Ziesel in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Geburt. 1.Maihälfte:  $n=13$ ; 2.Maihälfte:  $n=10$ ; (Mann-Whitney-U-Test:  $p=0,006$ ).

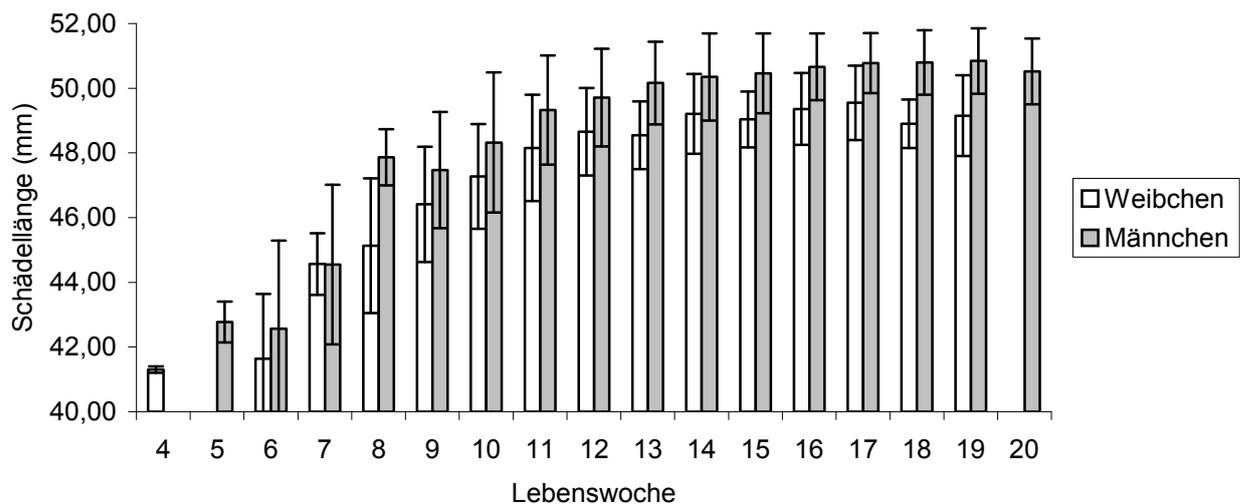
## ERGEBNISSE



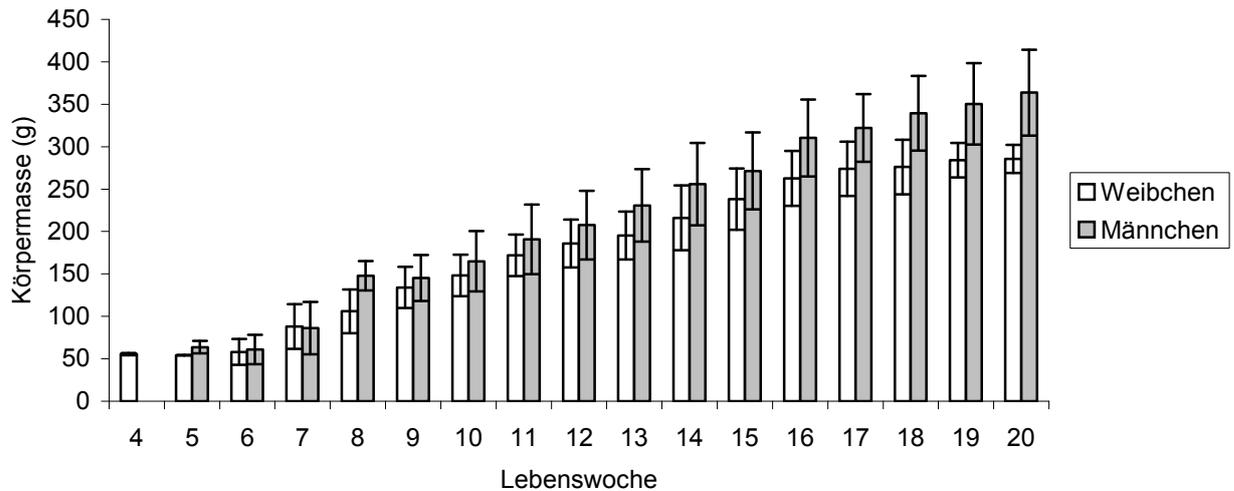
**Abb. 4:** Gewichtszunahme bis zur 13. Lebenswoche in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Geburt. 1. Maihälfte: n=13; 2. Maihälfte: n=10; (Mann-Whitney-U-Test:  $p=0,025$ ).

### Saisonaler Verlauf von strukturellem Wachstum und Körpermasse

Betrachtet man den saisonalen Verlauf des Schädelwachstums (Abb.5) und der Zunahme der Körpermasse (Abb.6), ist zu erkennen, dass bei beiden Geschlechtern das strukturelle Wachstum bis zur 14. Lebenswoche kontinuierlich anhielt und ab der 15. Lebenswoche stagnierte, während hingegen die Gewichtszunahme, vor allem bei den Männchen, bis zum Beginn des Winterschlafs weiter voranschritt.



**Abb. 5:** Saisonaler Wachstumsverlauf der mittleren Schädellänge als Indikator für das strukturelle Wachstum, vom Zeitpunkt des ersten Auftauchens aus dem Wurfbau bis zum letzten Fang vor Beginn des Winterschlafs. n pro Woche: W=Weibchen/M=Männchen (2W; 4M; 28/13; 7/14; 14/8; 24/15; 22/13; 17/12; 14/10; 12/11; 13/11; 13/11; 13/11; 12/10; 8/8; 4/7; 5M).



**Abb. 6:** Saisonaler Verlauf der mittleren Körpermasse, vom Zeitpunkt des ersten Auftauchens aus dem Wurfbau bis zum letzten Fang vor Beginn des Winterschlafs. n pro Woche: W=Weibchen/M=Männchen (2W; 1/4; 28/13; 7/14; 14/8; 24/15; 22/13; 17/12; 14/10; 12/11; 13/11; 13/11; 12/10; 8/8; 4/7; 2/5).

#### 4. Hormonanalysen

Es wurde untersucht, ob es im Verlauf der aktiven Saison signifikante Veränderungen im Hormonhaushalt der juvenilen Ziesel gab.

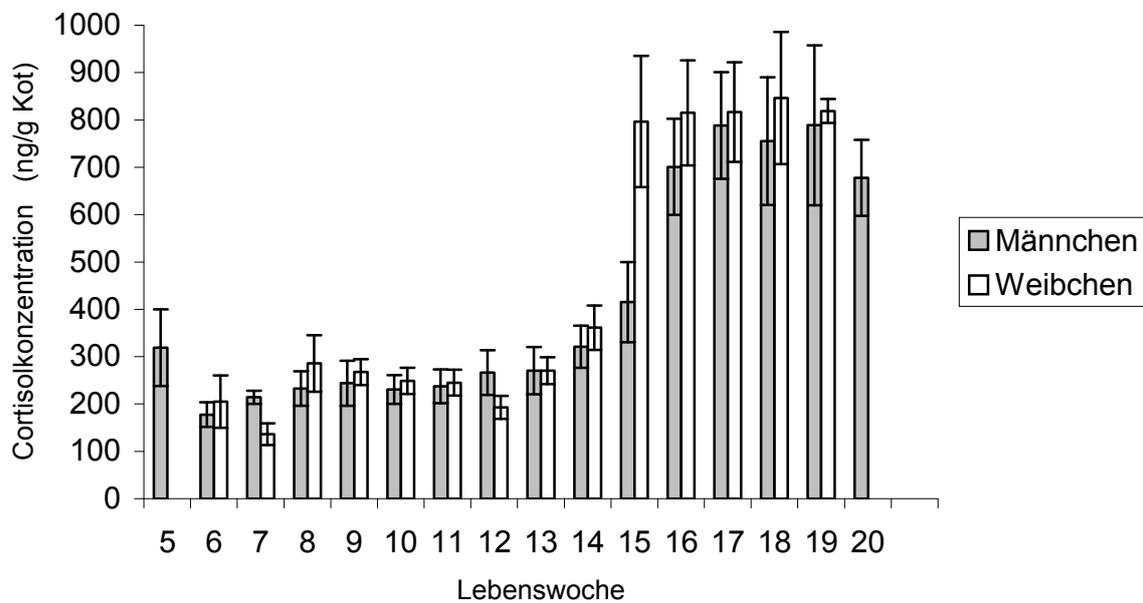
Die Sexualsteroid Testosteron und Östradiol erlauben Rückschlüsse auf die sexuelle Entwicklung der Tiere und Cortisol gibt Auskunft über die durch verschiedene Umwelteinflüsse bedingte Stressbelastung.

Bei den Weibchen wurde neben Östradiol auch auf das Vorhandensein von Progesteron getestet, allerdings konnten keine Gestagene im Blut nachgewiesen werden.

#### 4.1. Saisonaler Verlauf der Cortisolkonzentration

Sowohl Männchen als auch Weibchen zeigten vom Zeitpunkt des Auftauchens aus dem Wurfbau bis zur 14. Lebenswoche sehr niedrige Cortisolwerte (Abb. 7). Ab der 15. Woche stieg die Cortisolkonzentration bei beiden Geschlechtern um das Zwei- bis Dreifache an und blieb bis zum Winterschlaf auf einem annähernd konstant hohen Niveau.

Zwischen den Geschlechtern konnten zu keiner Zeit Unterschiede in den Cortisolwerten festgestellt werden (Mann-Whitney-U-Test:  $p > 0,05$ ).

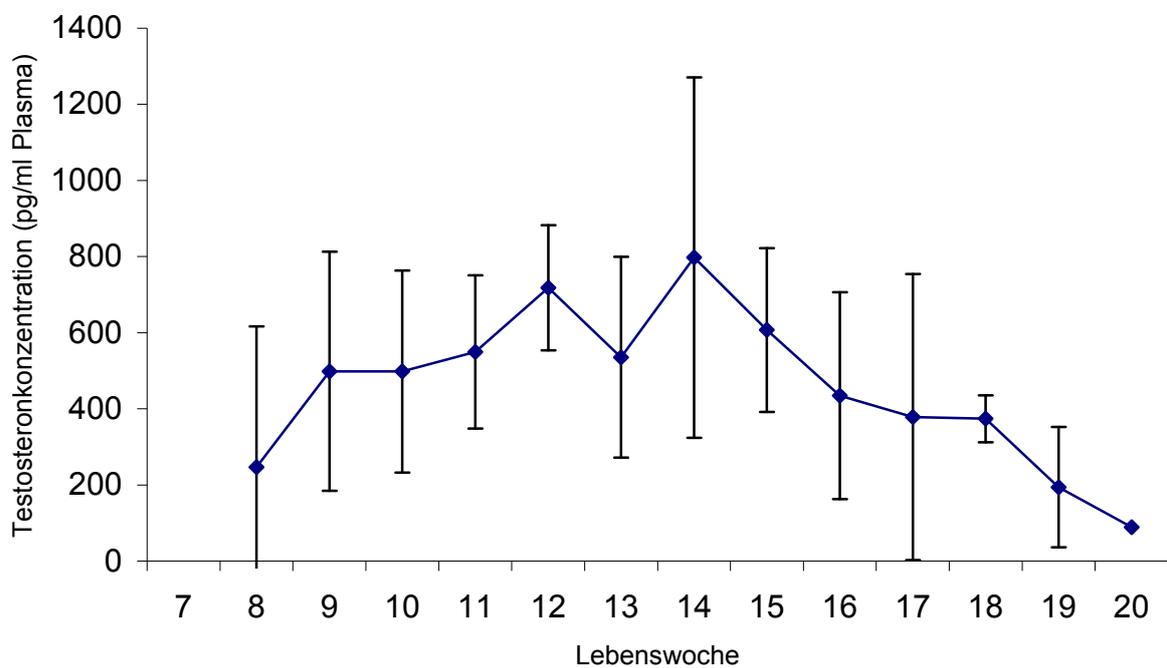


**Abb. 7:** Saisonaler Verlauf der mittleren Cortisolkonzentration (ng/g Trockenkot) vom Zeitpunkt des ersten Auftauchens aus dem Wurfbau bis zum letzten Fang vor Beginn des Winterschlafs. n pro Woche: W=Weibchen/M=Männchen (4M; 28/13; 7/14; 14/8; 24/15; 22/13; 17/12; 14/10; 12/11; 13/11; 13/11; 13/11; 12/10; 8/8; 4/7; 5M).

#### 4.2. Saisonaler Verlauf der Testosteronkonzentration

Die durchschnittliche Plasma - Testosteronkonzentration der juvenilen Männchen erreichte zwischen der 12. und 14. Lebenswoche ihren Höhepunkt und sank danach bis zu Beginn des Winterschlafs kontinuierlich ab (Abb.8).

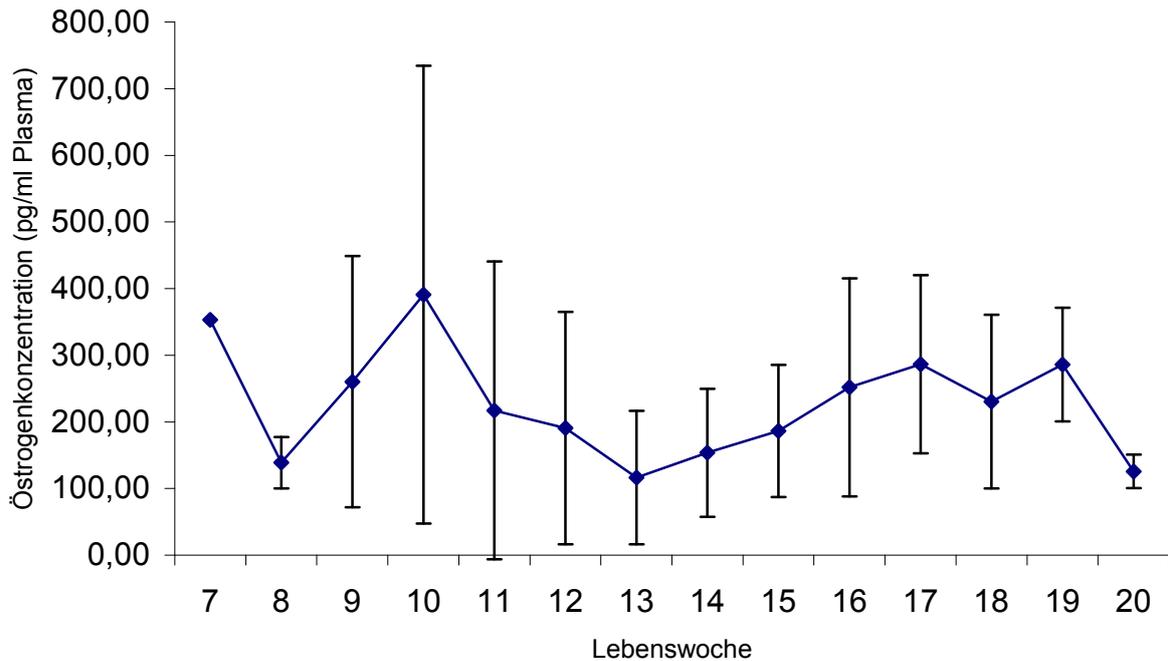
Betrachtet man die Einzelindividuen, so erreichte jedes Tier zwischen der 11. und 17. Lebenswoche seinen individuellen Maximalwert.



**Abb. 8:** Saisonaler Verlauf der mittleren Testosteronkonzentration (pg/ml Plasma) juveniler Männchen ab der 8. Lebenswoche bis zum letzten Fang vor dem Winterschlaf. n pro Woche: (8; 15; 13; 12; 10; 11; 11; 11; 11; 10; 8; 7; 5).

### 4.3. Saisonaler Verlauf der Östradiolkonzentration

Die durchschnittliche Plasma – Östradiolkonzentration juveniler Weibchen erreichte den höchsten Wert um die 10. Lebenswoche. Danach sank der Östradiolspiegel auf ein niedriges Niveau ab. Während der Auffettungsphase kam es dann neuerlich zu einem leichten Anstieg der Östradiolwerte (Abb.9).

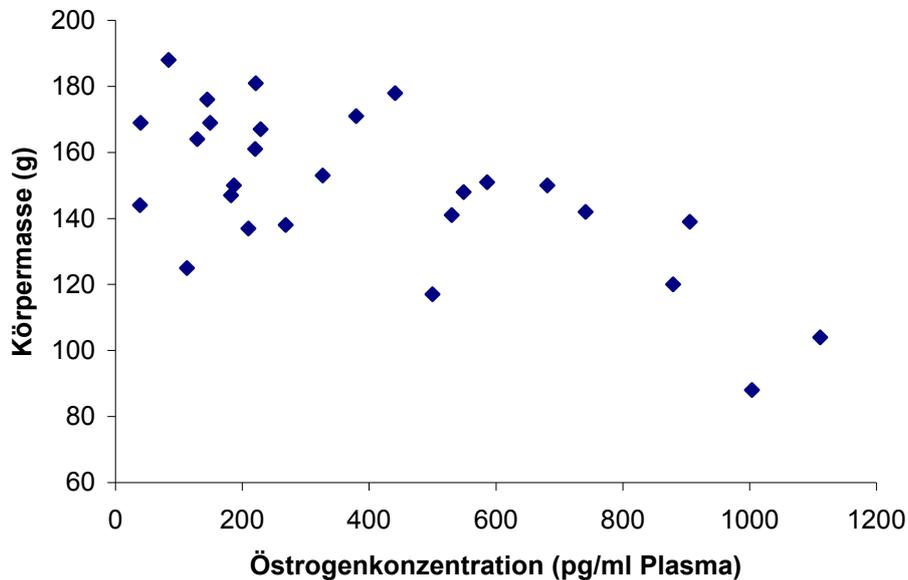


**Abb. 9:** Saisonaler Verlauf der Östradiolkonzentration (pg/ml Plasma) juveniler Weibchen ab der 7. Lebenswoche bis zum letzten Fang vor dem Winterschlaf. n pro Woche: (1; 14; 24; 22; 17/12; 14; 12; 13; 13; 13; 12; 8; 4; 2).

Da vor allem beim ersten Anstieg der Östradiolwerte eine sehr hohe Streuung vorlag, erschien es sinnvoll, diese Phase etwas genauer zu untersuchen. Dafür wurden die 9. und 10. Lebenswoche herangezogen. Von jedem Individuum wurde der höchste Östradiolwert in dieser Phase genommen und auf Zusammenhänge mit Körpermasse, Schädelgröße und Wurfgröße untersucht.

Dabei wurde sowohl beim Gewicht (Abb.10; Spearman:  $r=-0,49$ ;  $n=27$ ;  $p=0,01$ ), als auch bei der Schädelgröße (Spearman:  $r=-0,56$ ;  $n=27$ ;  $p=0,003$ ) eine negative Korrelation gefunden. Das heißt, je schwerer und größer die juvenilen Weibchen zu diesem Zeitpunkt waren, desto niedriger war ihr Östradiolspiegel im Plasma. Zwischen der Wurfgröße und der Östradiolkonzentration gab es eine positive

Korrelation (Spearman;  $r=0,65$ ;  $n=27$ ;  $p<0,001$ ). Junge aus großen Würfen hatten höhere Östradiolerte.



**Abb. 10:** Korrelation zwischen der Körpermasse (g) und der Plasmaöstradiolkonzentration (pg/ml) juveniler weiblicher Ziesel (Spearman:  $r=-0,49$ ;  $n=27$ ;  $p=0,01$ ).

## 5. Verhaltensbeobachtungen

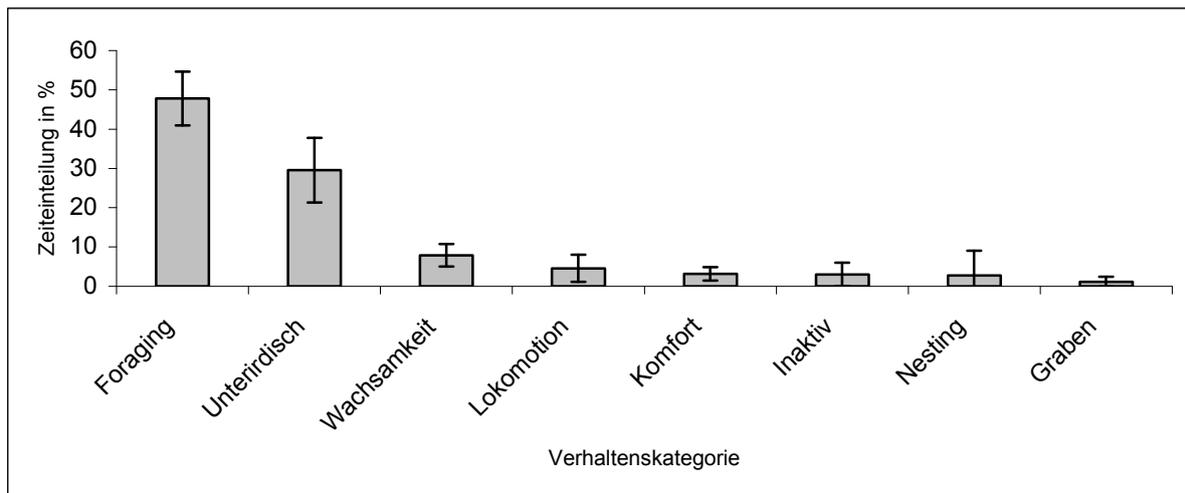
Das von einer Tierart gezeigte Verhalten erlaubt Rückschlüsse auf die energetischen und ökologischen Ansprüche in den unterschiedlichen Lebensphasen. Während der gesamten aktiven Saison wurden regelmäßig Verhaltensbeobachtungen durchgeführt, um Veränderungen in Abhängigkeit von Umweltbedingungen und physiologischen Parametern zu untersuchen.

### 5.1. Saisonale Aktivitätsmuster

Über die gesamte Saison hinweg betrachtet (Abb.11), investierten die Jungen den überwiegend größten Teil ihrer Zeit (47,79%) in Nahrungssuche und Nahrungsaufnahme (Foraging). 29,54% der Zeit verbrachten sie unter der Erdoberfläche in ihren Bauten und Gängen. 7,91% der Zeit wurde für das Sichern der Umgebung (Wachsamkeit) aufgebracht. In der restlichen Zeit wurde die Umgebung erkundet (Lokomotion), in die Körperpflege (Komfort) und in das

Herrichten des Winterbaus (Nesting, Graben) investiert. Sowohl Inaktivität als auch das Sammeln von Nistmaterial und das Graben an den Bauten konnte nicht bei allen Tieren beobachtet werden.

Markierverhalten wurde zwar bei einigen juvenilen Männchen, vor allem während der 12. bis 17. Lebenswoche, beobachtet, aber nie während eines Scan samplings, weshalb dieses Verhalten in der Statistik auch nicht aufscheint.



**Abb. 11:** Durchschnittliche saisonale Zeiteinteilung der Verhaltensaktivitäten in Prozent.

Betrachtet man Männchen und Weibchen getrennt, erkennt man, dass die Männchen mehr Lokomotionsaktivität (5,05%) zeigten als die Weibchen (4,17%) (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,29$ ;  $n=25$ ;  $p=0,021$ ).

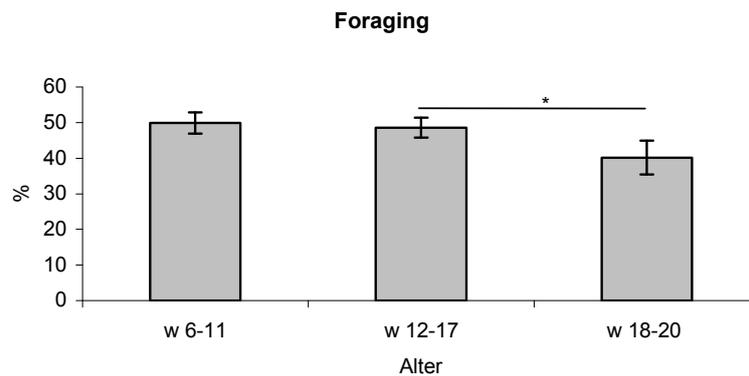
Außerdem verbrachten die Weibchen wesentlich mehr Zeit (32,30%) unterirdisch als die Männchen (26,24%), (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-1,98$ ;  $n=32$ ;  $p=0,047$ ).

Bei den Weibchen gab es einen negativen Zusammenhang zwischen der unterirdisch verbrachten Zeit und dem Wachsamkeitsverhalten. Je länger die Weibchen unterirdisch waren, desto weniger wachsam zeigten sie sich (Pearson:  $r=-0,632$ ;  $n=14$ ;  $p=0,015$ ). Eine positive Korrelation wurde zwischen Wachsamkeit und Foraging gefunden (Pearson:  $r=0,53$ ;  $n=14$ ;  $p=0,05$ ).

## 5.2. Verhaltensaktivitäten im Phasenverlauf

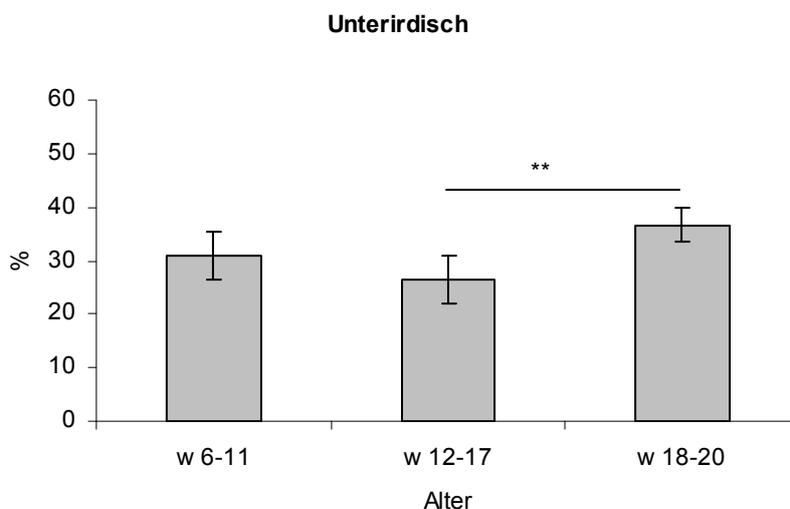
Im Folgenden wurden die Verhaltensweisen nach den drei beschriebenen Lebensphasen untersucht.

**Foraging:** Die Zeit, die mit Nahrungssuche und –aufnahme (Abb.12) verbracht wurde, blieb in den ersten 2 Phasen nahezu konstant und nahm von Phase 2 auf Phase 3 signifikant ab (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,43$ ;  $n=18$ ;  $p=0,015$ ).



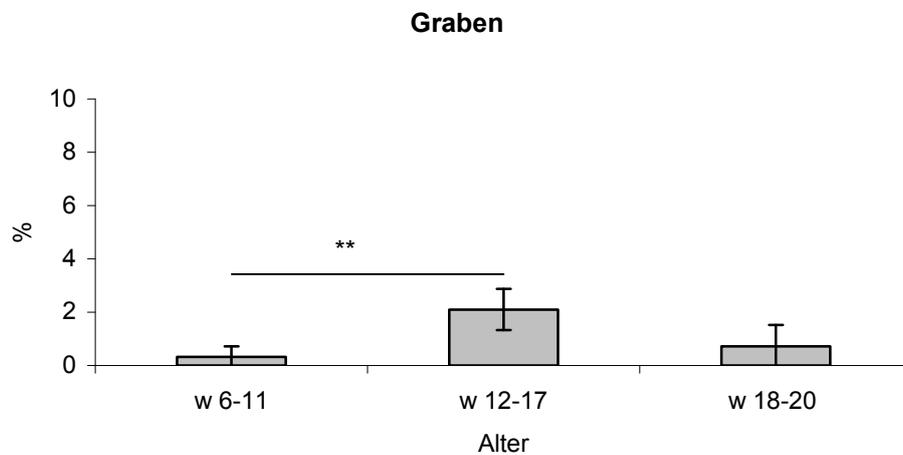
**Abb. 12:** Foraging (prozentueller Anteil pro Protokoll) im Phasenverlauf (w=Woch). w 6-11:  $n=6$ ; w 12-17:  $n=6$ ; w 18-20:  $n=3$ .

**Unterirdisch:** Ebenso konstant war der Aufenthalt unter der Erdoberfläche (Abb.13) in den ersten 2 Lebensphasen, nahm aber im Gegensatz zum Foraging in Phase 3 signifikant zu (Mann-Whitney-U-Test.  $Z=-2,62$ ;  $n=18$ ;  $p=0,009$ ).

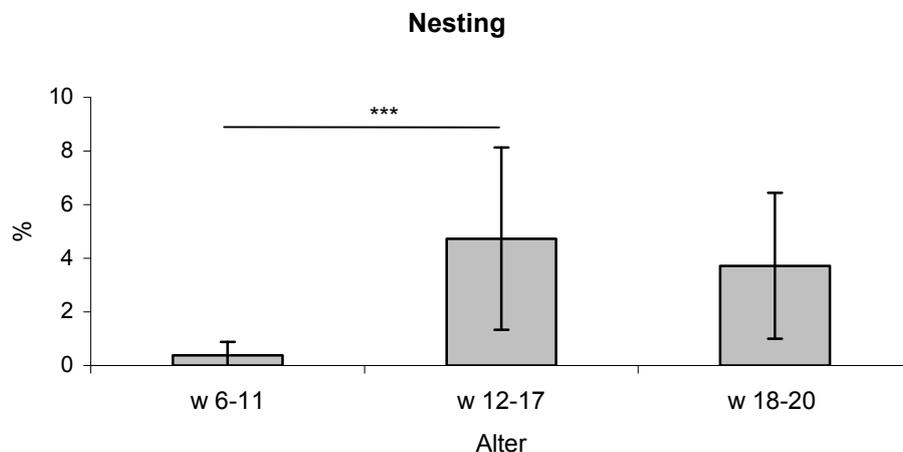


**Abb. 13:** Unterirdisch (prozentueller Anteil pro Protokoll) im Phasenverlauf (w=Woch). w 6-11:  $n=6$ ; w 12-17:  $n=6$ ; w 18-20:  $n=3$ .

**Graben und Nesting:** In den ersten Wochen nach dem Auftauchen aus dem Wurfbau gab es kaum Grabaktivitäten und nur vereinzelt wurde Nistmaterial sammeln beobachtet (Abb. 14, 15). Meinen Beobachtungen zur Folge fingen die juvenilen Tiere ab der 11. Woche damit an, einen eigenen Bau für den Winter herzurichten. Zwischen Phase 1 und 2 kam es zu einem signifikanten Anstieg sowohl bei den Grabaktivitäten (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,79$ ;  $n=24$ ;  $p=0,005$ ) als auch bei den Nistaktivitäten (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-3,89$ ;  $n=24$ ;  $p<0,001$ ). Beide Aktivitäten erreichten ihren Höhepunkt zwischen der 12. und 17. Lebenswoche und nahmen danach wieder langsam ab.

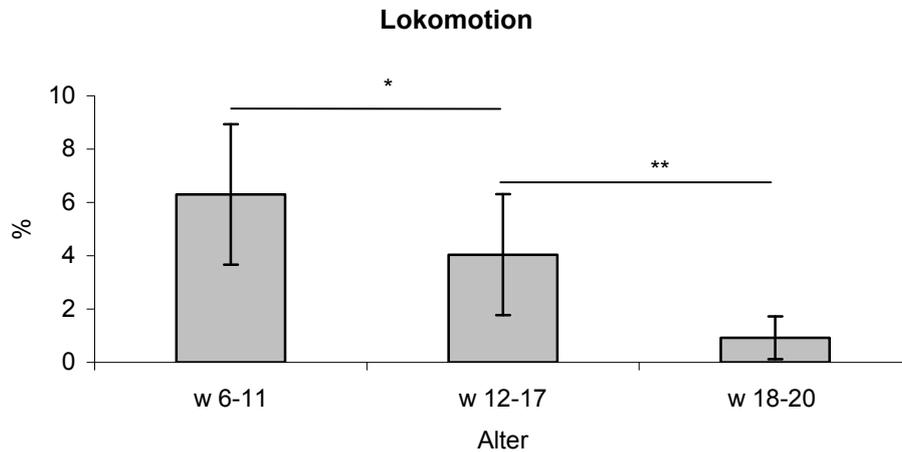


**Abb. 14:** Graben (prozentueller Anteil pro Protokoll) im Phasenverlauf (w=Woche). w 6-11:  $n=6$ ; w 12-17:  $n=6$ ; w 18-20:  $n=3$ .



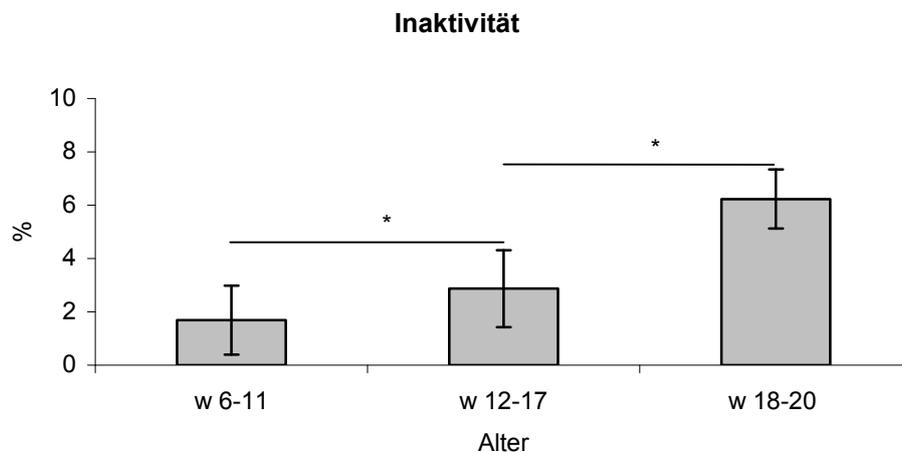
**Abb. 15:** Nesting (prozentueller Anteil pro Protokoll) im Phasenverlauf (w=Woche). w 6-11:  $n=6$ ; w 12-17:  $n=6$ ; w 18-20:  $n=3$ .

**Lokomotion:** Während den ersten oberirdisch verbrachten Wochen zeigten die Tiere eine hohe lokomotorische Aktivität (Abb.16), die dann von Phase 1 auf Phase 2 (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,25$ ;  $n=24$ ;  $p=0,024$ ) und von Phase 2 auf Phase 3 (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,91$ ;  $n=18$ ;  $p=0,004$ ) signifikant abnahm.



**Abb. 16:** Lokomotion (prozentueller Anteil pro Protokoll) im Phasenverlauf (w=Wocher). w 6-11:  $n=6$ ; w 12-17:  $n=6$ ; w 18-20:  $n=3$ .

**Inaktivität:** Die Inaktivität zeigte im Vergleich zur Lokomotion einen gegenläufigen Phasenverlauf (Abb.17). Sie nahm von Phase 1 auf Phase 2 (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,07$ ;  $n=24$ ;  $p=0,038$ ) und von Phase 2 auf Phase 3 (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-1,96$ ;  $n=18$ ;  $p=0,045$ ) signifikant zu.



**Abb. 17:** Inaktivität (prozentueller Anteil pro Protokoll) im Phasenverlauf (w=Wocher). w 6-11:  $n=6$ ; w 12-17:  $n=6$ ; w 18-20:  $n=3$ .

**Wachsamkeit und Komfortverhalten:** Im Verlauf der aktiven Saison kam es weder bei der Sicherungsaktivität, noch beim Komfortverhalten zu signifikanten Veränderungen.

Betrachtet man auch hier wieder beide Geschlechter getrennt, so zeigt sich, dass es in der ersten Lebensphase (w6-11) keine Unterschiede im Verhalten zwischen Männchen und Weibchen gab. In der zweiten Phase (w12-17) verbrachten die Weibchen deutlich mehr Zeit unterirdisch als die Männchen (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-1,92$ ;  $n=12$ ;  $p=0,05$ ). Die Männchen zeigten hingegen mehr Grabaktivitäten (Mann-Whitney-U-Test:  $z=1,92$ ;  $n=12$ ;  $p=0,05$ ) und auch signifikant häufiger Komfortverhalten (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,24$ ;  $n=12$ ;  $p=0,025$ ) als die Weibchen. In der dritten Lebensphase (w18-20) wurde bei den Männchen signifikant öfter Inaktivität (9,4%) beobachtet als bei den Weibchen (3,37%) (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-1,96$ ;  $n=6$ ;  $p=0,05$ ).

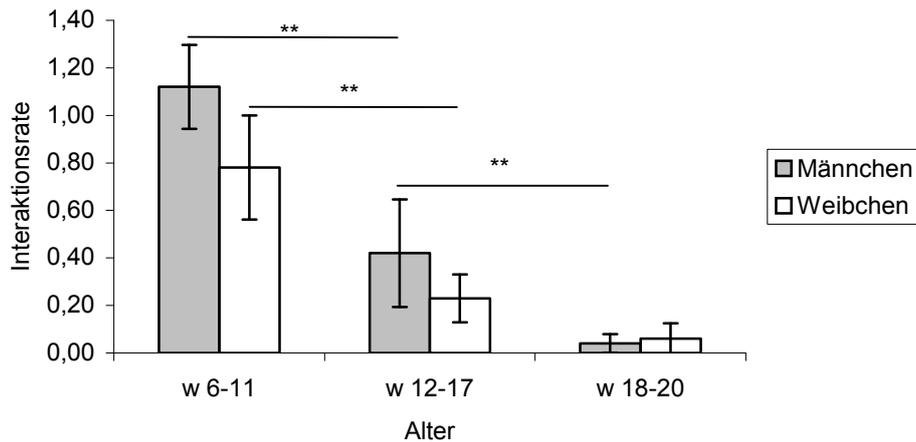
### 5.3. Interaktionen im Phasenverlauf

Die Interaktionsrate beinhaltet aktive und passive Interaktionen, sowohl mit anderen juvenilen Ziesel, als auch mit Adulttieren und Jährlingen beider Geschlechter.

Es wurden sozio-positive und agonistische Interaktionen zwischen allen Alters- und Geschlechtsklassen gefunden.

#### Sozio-positive Interaktionen

Die höchste Rate an sozio-positiven Interaktionen (Spiel, Beschnupern, räumliche Nähe) konnte in der ersten Lebensphase nach dem Auftauchen beobachtet werden (Abb.18). Im Verlauf der aktiven Saison gingen die freundlichen Interaktionen bei beiden Geschlechtern kontinuierlich zurück. Sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen sank die sozio-positive Interaktionsrate von Phase 1 auf Phase 2 signifikant ab (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,74$ ;  $n=11$ ;  $p=0,006$ ). Bei den Männchen gab es auch noch von Phase 2 auf Phase 3 (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,23$ ;  $n=8$ ;  $p=0,025$ ) einen signifikanten Rückgang der Interaktionen.



**Abb. 18:** Rate sozio-positiver Interaktionen (Anzahl der Interaktionen/Beobachtungszeit) im Phasenverlauf (w=Wochen). M: Männchen; W: Weibchen; (w 6-11): W: n=6; M: n=6; (w 12-17): W: n=6; M: n=6; (w 18-20): W: n=3; M: n=3;

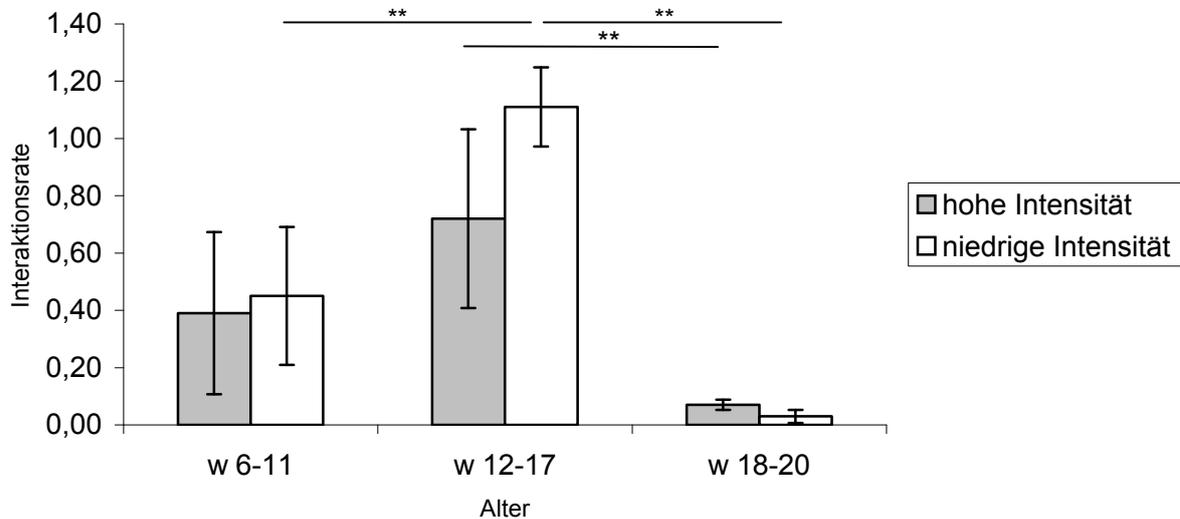
### Agonistische Interaktionen

Die agonistischen Interaktionen wurden in Interaktionen mit hoher Intensität (Kampf, Jagd) und Interaktionen mit niedriger Intensität (Versetzung, Unterwerfung) eingeteilt. Sowohl die Interaktionen mit hoher, als auch die mit geringer Intensität lagen bei beiden Geschlechtern in den ersten Wochen nach dem Auftauchen auf einem niedrigen Niveau, erreichten in der 2. Lebensphase ihr Maximum und sanken danach wieder ab (Abb.19, 20).

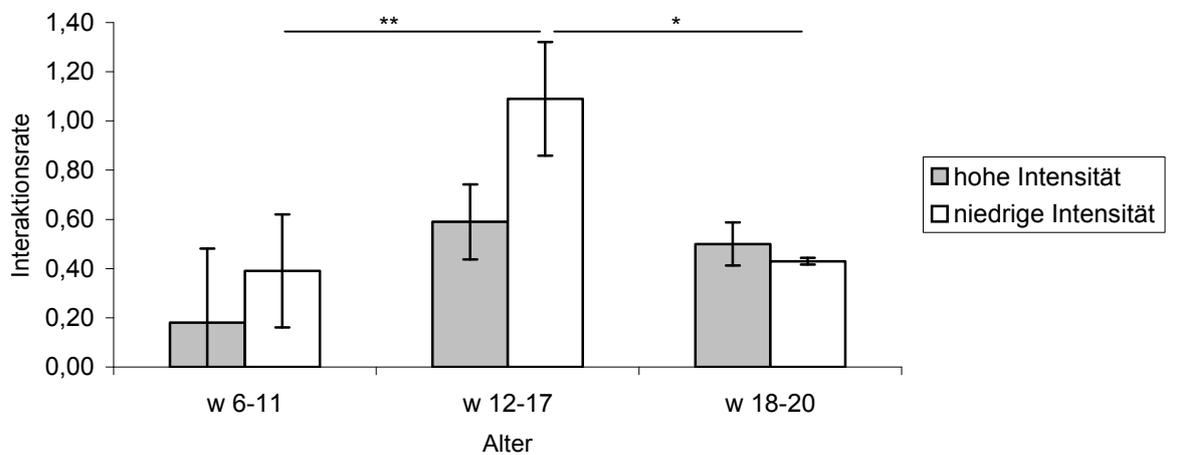
Bei den Männchen stiegen die agonistischen Interaktionen mit geringer Intensität von Phase 1 auf Phase 2 (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,73$ ;  $n=11$ ;  $p=0,006$ ) signifikant an und fielen von Phase 2 auf Phase 3 (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,23$ ;  $n=8$ ;  $p=0,025$ ) wieder signifikant ab (Abb.19). Die Interaktionen mit hoher aggressiver Intensität stiegen von Phase 1 auf Phase 2 ebenfalls deutlich, aber nicht signifikant, an und fielen von Phase 2 auf Phase 3 signifikant ab (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,23$ ;  $n=8$ ;  $p=0,025$ ).

Die niedrig intensiven agonistischen Interaktionen der Weibchen (Abb.20) erreichten auch während der 2. Lebensphase ein signifikantes Maximum (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,73$ ;  $n=11$ ;  $p=0,006$ ) und sanken danach wieder ab (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-1,93$ ;  $n=7$ ;  $p=0,05$ ). Die hoch intensiven agonistischen Interaktionen der Weibchen zeigten einen ähnlichen Verlauf, wie die der Männchen,

fielen aber ebenso wie die niedrig intensiven Interaktionen, von Phase 2 auf Phase 3 nicht so deutlich ab wie bei den Männchen.



**Abb. 19:** Rate agonistischer Interaktionen (Anzahl der Interaktionen/Beobachtungszeit) der Männchen im Phasenverlauf (w=Woche). . M: Männchen; W: Weibchen; (w 6-11): W: n=6; M: n=6; (w 12-17): W: n=6; M: n=6; (w 18-20): W: n=3; M: n=3;



**Abb. 20:** Rate agonistischer Interaktionen (Anzahl der Interaktionen/Beobachtungszeit) der Weibchen im Phasenverlauf (w=Woche). . M: Männchen; W: Weibchen; (w 6-11): W: n=6; M: n=6; (w 12-17): W: n=6; M: n=6; (w 18-20): W: n=3; M: n=3;

Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen:

Wenn man die einzelnen Interaktionen getrennt betrachtet, fanden sich nur beim Spiel und beim Kampf signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Männchen spielten bis zur 13. Lebenswoche signifikant häufiger (Mann-Whitney-U-

Test:  $z=-2,36$ ;  $n=16$ ;  $p=0,018$ ), und waren saisonal gesehen in deutlich mehr Kämpfe verwickelt als die Weibchen (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,69$ ;  $n=25$ ;  $p=0,007$ ).

## **6. Hormone und Verhalten**

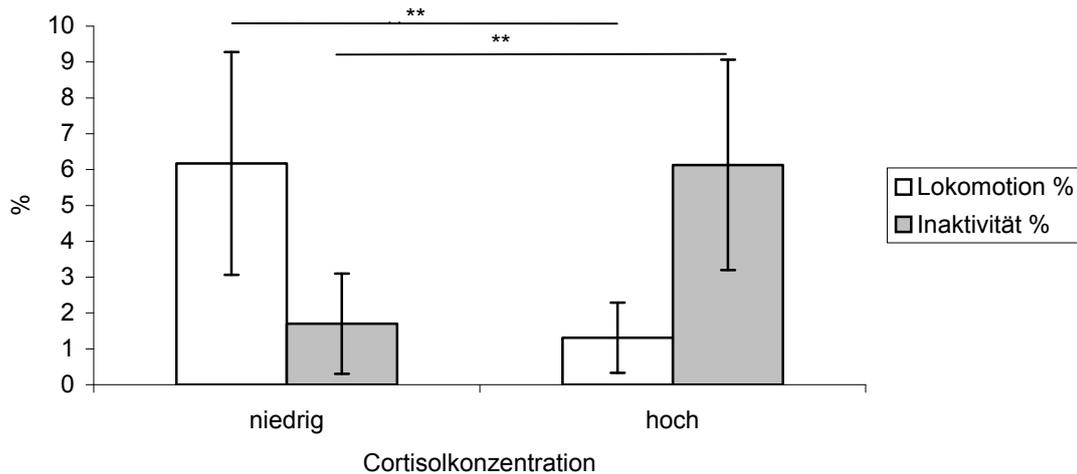
Es wurde getestet, ob Korrelationen zwischen den analysierten Hormonen (Testosteron, Östradiol, Cortisol) und dem beobachteten Verhalten vorlagen.

### **6.1. Cortisol und Verhalten**

Um Beziehungen zwischen dem Stresshormon Cortisol und dem Verhalten zu untersuchen, wurde die aktive Saison in 2 Phasen eingeteilt. Phase 1 umfasst die Lebenswochen 6 bis 13, in der alle Individuen einen niedrigen Cortisolspiegel aufwiesen und Phase 2 beinhaltet die Wochen 15 bis 20, in der eine hohe Cortisolkonzentration vorherrschte (Abb.7). Woche 14 wurde als Pufferzone verwendet und nicht in die Berechnungen miteinbezogen.

#### **Cortisol und Aktivität**

Bei beiden Geschlechtern wurde ein Unterschied in der Inaktivität und der Lokomotion (Abb.21) zwischen den zwei Cortisolphasen gefunden (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,93$ ;  $n=14$ ;  $p=0,003$ ). Dementsprechend wurde auch ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Verhaltensweisen mit der Cortisolkonzentration im Kot nachgewiesen. Je höher der Cortisolgehalt war, desto weniger Lokomotion (Spearman:  $r=-0,67$ ;  $n=14$ ;  $p=0,01$ ) zeigten die Tiere und desto inaktiver waren sie (Spearman:  $r=0,62$ ;  $n=14$ ;  $p=0,024$ ).



**Abb. 21:** Verhaltensaktivitäten Lokomotion und Inaktivität (prozentueller Anteil pro Protokoll) in den Phasen mit niedriger und hoher Cortisolkonzentration. Phase mit niedriger Cortisolkonzentration: Lokomotion: n=8; Inaktivität: n=8; Phase mit hoher Cortisolkonzentration: Lokomotion: n=5; Inaktivität: n=5.

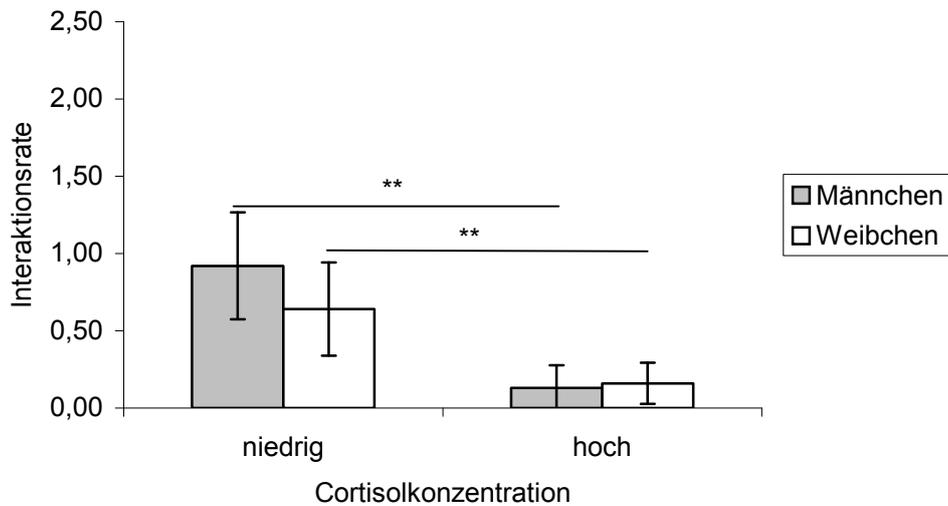
Zwischen dem Eintragen von Nistmaterial und der Cortisolkonzentration wurde eine positive Korrelation gefunden (Spearman:  $r=0,45$ ;  $n=28$ ;  $p=0,01$ ).

Ein interessanter Zusammenhang zeigte sich in Bezug auf die Nahrungssuche und -aufnahme. Je höher der Cortisolspiegel war, desto weniger Zeit wurde in Foraging investiert (Spearman:  $r=-0,57$ ;  $n=14$ ;  $p=0,04$ ).

### Cortisol und Interaktionen

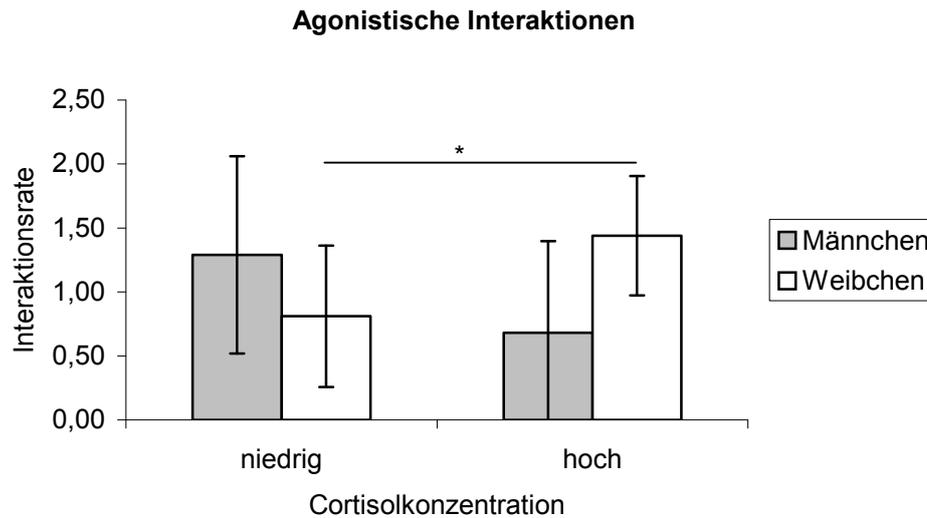
Sowohl Männchen (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,86$ ;  $n=14$ ;  $p=0,004$ ) als auch Weibchen (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-2,63$ ;  $n=14$ ;  $p=0,008$ ) zeigten in der Phase hoher Cortisolkonzentration signifikant weniger sozio-positive Interaktionen als in der Phase mit niedriger Cortisolkonzentration (Abb.22). Es fand sich deshalb auch eine negative Korrelation zwischen Cortisol und sozio-positiven Interaktionen (Spearman:  $r=-0,84$ ;  $n=14$ ;  $p<0,001$ ).

Sozio-positive Interaktionen



**Abb. 22:** Sozio-positive Interaktionen (Anzahl der Interaktionen/Beobachtungszeit) in den Phasen mit niedriger und hoher Cortisolkonzentration. Phase mit niedriger Cortisolkonzentration: Lokomotion: n=8; Inaktivität: n=8; Phase mit hoher Cortisolkonzentration: Lokomotion: n=5; Inaktivität: n=5.

Betrachtet man die agonistischen Verhaltensweisen (Abb. 23), so sieht man, dass die Männchen in der ersten Phase mit niedrigen Cortisolwerten öfter in aggressive Konflikte verwickelt waren als in der mit erhöhten (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-1,66$ ;  $n=14$ ;  $p=0,09$ ). Bei den Weibchen hingegen stieg die Aggressivität in der Phase mit höherer Cortisolsekretion an (Mann-Whitney-U-Test:  $z=-1,90$ ;  $n=14$ ;  $p=0,05$ ). Dieser Aggressivitätsanstieg basiert hauptsächlich auf der Zunahme des agonistischen Interaktionsparameters „Versetzen“. Es zeigt sich eine positive Korrelation zwischen Versetzen und der Cortisolkonzentration (Spearman:  $r=0,53$ ;  $n=14$ ;  $p=0,04$ ). Ansonsten wurde weder bei den Männchen, noch bei den Weibchen ein Zusammenhang von agonistischem Verhalten mit der Cortisolkonzentration gefunden.

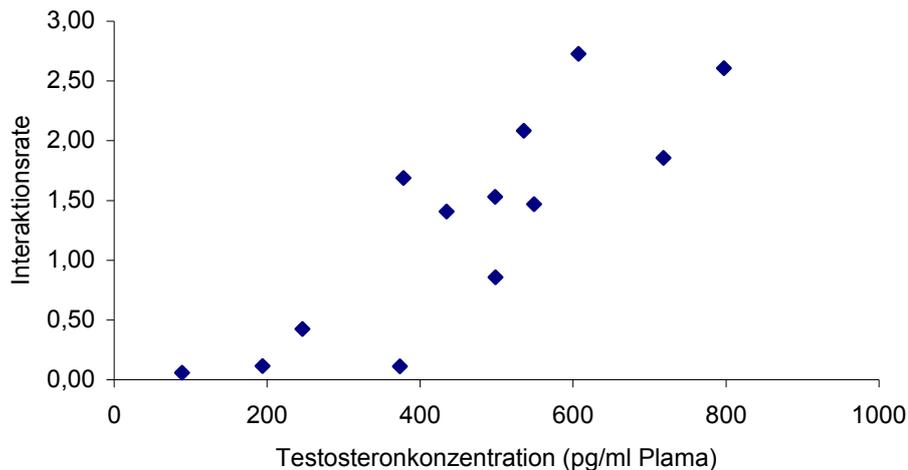


**Abb. 23:** Agonistische Interaktionen (Anzahl der Interaktionen/Beobachtungszeit) in den Phasen mit niedriger und hoher Cortisolkonzentration. Phase mit niedriger Cortisolkonzentration: Lokomotion: n=8; Inaktivität: n=8; Phase mit hoher Cortisolkonzentration: Lokomotion: n=5; Inaktivität: n=5.

Vergleicht man den saisonalen Verlauf der Cortisolkonzentration (Abb.7) mit den Interaktionen im Phasenverlauf (Abb.19 und 20) ist zu erkennen, dass der Cortisolspiegel in der Mitte derjenigen Lebensphase (Phase 2, w12-17) anstieg, in der die agonistischen Interaktionen ihren Höhepunkt erreichten. In Phase 3 ging die Interaktionsrate zurück, die Cortisolkonzentration blieb jedoch unverändert hoch.

## 6.2. Testosteron und Verhalten

Wie schon in Kapitel 4.2. erwähnt wurde, erreichte jedes Männchen zwischen der 11. und 17. Lebenswoche seinen individuellen Maximumwert der Testosteronkonzentration. Das stimmt mit der Lebensphase überein (Phase 2, w12-17), in der die höchste Aggressivitätsrate gefunden wurde (Abb.19). Dementsprechend gibt es auch hohe Korrelationen zwischen dem Testosterongehalt im Plasma und allen agonistischen Verhaltensparametern. Je höher die Testosteronkonzentration war, desto häufiger waren die Männchen in agonistische Auseinandersetzungen verwickelt (Abb.24; Spearman:  $r=0,85$ ;  $n=13$ ;  $p<0,001$ ).



**Abb. 24:** Korrelation zwischen der Rate agonistischer Interaktionen und der Testosteronkonzentration im Plasma (pg/ml). Spearman:  $r=0,85$ ;  $n=13$ ;  $p<0,001$

### 6.3. Östradiol und Verhalten

Es wurde eine negative Korrelation zwischen dem Östradiolgehalt im Plasma der Weibchen und dem agonistischen Verhaltensparameter Kampf gefunden. Je niedriger die Östradiolkonzentration war, desto öfter waren sie in Kämpfe verwickelt (Spearman:  $r=-0,59$ ;  $n=14$ ;  $p=0,024$ ).

#### Beziehungen zwischen den Hormonen

Es konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Stresshormon Cortisol und den Sexualsteroiden Testosteron und Östradiol gefunden werden.

### 7. Cortisol und Auffettung

Betrachtet man den saisonalen Cortisolverlauf (Abb.7) im Vergleich mit dem saisonalen Verlauf des Schädelwachstums (Abb.5) und der Gewichtszunahme (Abb.6), so zeigt sich, dass der Anstieg der Cortisolkonzentration genau in die Zeit fiel, in der das strukturelle Wachstum für dieses Jahr abgeschlossen war und die Auffettungsphase begann.

## DISKUSSION

Das Ziel dieser Arbeit war es, einen Einblick in die Zusammenhänge von Verhalten und physiologischen Vorgängen bei juvenilen Zieseln zu bekommen. Europäische Ziesel sind obligate Winterschläfer und einer strengen saisonalen Jahresrhythmik unterworfen (HOFFMANN, 2002). In der kurzen aktiven Saison zwischen dem ersten Auftauchen aus dem Wurfbau (Ende Mai bis Anfang Juli) und dem Beginn des Winterschlafs (Mitte September bis Mitte Oktober) durchleben juvenile Ziesel strukturelles Wachstum, Entwicklung des Sozialverhaltens, „natal dispersal“, Vorbereitung eines Hibernaculums, Aktivierung des Gonadensystems und Auffettung für den Winterschlaf. Auch im Hinblick auf die nächste Saison ist es besonders wichtig, dieses limitierte Zeitfenster für die Entwicklung optimal zu nutzen. Wichtig für das Überleben ist auch der körperliche Zustand bei der Geburt, der vom Zeitpunkt, vom Alter und von der physischen Kondition der Mutter abhängig ist (HUBER et al., 1999). Adulte Weibchen produzieren größere Würfe als Jährlingsweibchen (HUBER et al., 1999) und schwerere Weibchen bringen größere Junge zur Welt (STEURER, 2000). Würfe, die in der ersten Maihälfte geboren wurden, hatten durchschnittlich um 1 Junges mehr als in der zweiten Maihälfte geborene Würfe und waren beim ersten Erscheinen an der Erdoberfläche wesentlich kleiner und leichter. Auch in zahlreichen anderen Untersuchungen an verschiedenen Spermophilus-Arten konnten Zusammenhänge zwischen Zeitpunkt der Geburt, Anzahl der Jungen pro Wurf und Körpermasse der Jungen nachgewiesen werden (DOBSON & MICHENER, 1995; RIEGER, 1996; HUBER et al., 1999; MILLESI et al., 1999a, NEUHAUS, 2000). Später geborene Junge haben weniger Zeit sich auf den Winter vorzubereiten. Demnach ist es von Vorteil wenn diese Tiere schon von Geburt an einen Entwicklungsvorsprung gegenüber Jungen von frühen Würfen haben. Des weiteren ist das Maternale Investement von großer Bedeutung für die Entwicklung der Jungen. Wenn späte Würfe kleiner sind, bekommt jedes Junge mehr Milch und ist daher schwerer als ein gleich altes Junges aus einem größeren Wurf, das wieder kann durch die längere Säugezeit bei den frühen größeren Würfen kompensiert werden. Eine lange Laktationsdauer, vor allem bei großen Würfen, hat auch einen positiven Einfluss auf das Überleben im Winter (HUBER et al., 2001). In dieser Arbeit zeigte sich ein Zusammenhang zwischen der Wurfgröße und der Laktationsdauer.

Früh geborene Würfe, die aus mehr aber dafür kleineren Jungen bestanden, wurden länger gesäugt als späte Würfe.

Die früher geborenen Jungen zeigten über die Saison zwar eine höhere Wachstumsrate, nahmen aber bis zur 13. Lebenswoche signifikant weniger an Gewicht zu als die später geborenen. Da zwischen den Früh- und Spätgeborenen Jungen am Ende des strukturellen Wachstums (das bei allen Tieren im gleichen Alter stattfand) kein signifikanter Unterschied mehr in der Schädellänge festzustellen war, kann man sagen, dass die Jungen aus frühen Würfen ein schnelleres Wachstum zeigten, als die Jungen aus späten Würfen. Ein Grund dafür kann darin bestehen, dass die frühen Würfe länger gesäugt wurden als die späten Würfe. Huber et al. (2001) fanden, dass die höhere Wachstumsrate bei Jungen von großen Würfen durch die längere Laktationszeit bedingt war. Allerdings sollte bei den späten Würfen aufgrund der geringeren Jungenanzahl jedes Tier mehr Milch bekommen, als die Jungen von frühen Würfen, womit die kürzere Laktationszeit wieder ausgeglichen werden kann. Die frühen Würfe mussten mehr in Wachstum investieren, was auf Kosten der Fettsanreicherung gegangen und sich damit auch auf die Gewichtszunahme ausgewirkt haben könnte. Die Jungen aus späten Würfen nahmen bis zur 13. Lebenswoche mehr an Gewicht zu, als die früher geborenen Jungen. Sie mussten weniger in das Wachstum investieren, da sie von Geburt an größer als die Frühgeborenen waren und konnten dafür mehr Energie in die Anreicherung von Fettreserven stecken als Junge aus frühen Würfen. Nach dem Ende des strukturellen Wachstums konnten die Frühgeborenen auch in die Auffüllung investieren. Am Ende der Saison hatten die zu Beginn kleineren Tiere gegenüber den anderen aufgeholt, und es gab keine signifikanten Unterschiede in Körpermasse und Schädellänge zwischen früh- und spätgeborenen Jungen.

Postnatales Wachstum ist eine wichtige Komponente in der „Life history“ eines Tieres. Schnelles strukturelles Wachstum gibt den Jungen mehr Zeit für die Auffüllung, was eine bessere Überlebenschance über den Winter bedeutet (MORTON & TUNG, 1971).

Das Schädelwachstum und die Zunahme der Körpermasse zeigten bei beiden Geschlechtern den selben Verlauf. Während das strukturelle Wachstum bis zur 14. Lebenswoche kontinuierlich anhielt und ab der 15. Lebenswoche stagnierte, schritt hingegen die Gewichtszunahme bis zum Beginn des Winterschlafs weiter voran. Ihre endgültige Körpergröße erreichen die Tiere aber erst als Jährlinge nach der

Hibernationsphase in der darauffolgenden Saison. Daraus kann man schließen, dass das strukturelle Wachstum bei juvenilen Zieseln zugunsten der Auffettung vor dem Winterschlaf etwa 5 Wochen vor dem Winterschlafbeginn beendet wird (MILLES I et al., 1999b).

Beim ersten Auftauchen aus dem Wurfbau gab es weder in der Schädelgröße, noch in der Körpermasse einen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern. Zu Beginn des Winterschlafs waren die Männchen dann deutlich größer und schwerer als die Weibchen. Während Schädelgröße und Körpermasse zu Beginn noch mit den Werten von frei lebenden Jungtieren übereinstimmten, waren die Ziesel in den Gehegen am Bisamberg am Ende der aktiven Saison wesentlich schwerer und auch größer als Tiere in freilebenden Populationen (MILLES I et al., 1999b). Diese Unterschiede zwischen den Gehegetieren und der Freilandpopulation kamen wahrscheinlich aufgrund der guten Fütterung der Tiere am Bisamberg zustande.

Der Sexualdimorphismus in der Körpergröße und Körpermasse und die Tatsache, dass bei beiden Geschlechtern das strukturelle Wachstum im selben Alter stagniert, dokumentiert eine schnellere Wachstumsrate der Männchen (MILLES I et al., 1999b). Ein Grund für diese schnellere Wachstumsrate kann das Sexualhormon Testosteron sein. Es stimuliert die Eiweißsynthese und damit eine verstärkte Knochenbildung, ebenso wirkt es auf die Bildung von Muskelmasse. Deshalb ist nach der Pubertät der männliche Habitus in der Regel größer und muskulöser ausgeprägt als der weibliche (SCHMIDT, 2005). Schnelleres Wachstum kann für Männchen in Hinblick auf die ausgeprägte intrasexuelle Konkurrenz während der Paarungszeit von Bedeutung sein (MILLES I et al., 1998).

Das Verhalten eines Tieres erlaubt Rückschlüsse auf die ökologischen „constraints“ und die energetischen Ansprüche, die sich im Phasenverlauf ändern können (HUBER, 1996). Im Rahmen dieser Studie wurden die saisonalen Veränderungen der Verhaltensparameter Foraging, Graben, Nesting, Inaktivität, Unterirdisch und Lokomotion untersucht.

Fast die Hälfte der Zeit verbrachten die juvenilen Ziesel mit der Suche und Aufnahme von Nahrung. Aufgrund der kurzen aktiven Saison und der vorwiegend kalorienarmen Nahrung, ist es besonders wichtig, viel Zeit in die Nahrungsaufnahme zu investieren, um ein schnelles Wachstum zu gewährleisten und rechtzeitig genug Fettreserven für den Winter anlegen zu können.

Wachsamkeitsverhalten beinhaltet neben Warnrufen vor allem das Sicherverhalten, dessen Funktion einerseits in der Feinderkennung, andererseits in der Warnung der Artgenossen bzw. Jungtiere liegt (HOOGLAND, 1979). Es tritt sowohl bei Interaktionen mit Räubern, als auch mit Artgenossen auf (HOFFMANN, 1995).

Europäische Ziesel sind einem hohen Raubdruck ausgesetzt (ARMITAGE, 1981), wobei Raubvögel und Kleinsäuger die Hauptfeinde darstellen (GOLUB, 1988). In der ersten Zeit nach dem Auftauchen aus dem Wurfbau sind juvenile Ziesel besonders gefährdet. In einer Freilandstudie in einem anthropogen beeinflussten Untersuchungsgebiet erwiesen sich Hauskatzen als die häufigsten Prädatoren der Ziesel und erbeuteten in den ersten Wochen nach Erscheinen der Jungen an der Erdoberfläche 60% der Jungtiere (HOFFMANN, 1995). In dieser Phase sind die juvenilen Ziesel daher auch auf das Wachsamkeitsverhalten der reproduzierenden Weibchen angewiesen, welches sich auf die Überlebenschancen der Jungen positiv auswirken sollte (KING et al., 1991). Es wäre anzunehmen, dass sich besonders in der zweiten Lebensphase (w12-17), in der die Tiere abwandern, einen eigenen Bau graben und in viele Konflikte mit den Artgenossen verwickelt sind, das Sicherverhalten ändert. Allerdings wurden in dieser Untersuchung im Verlauf der aktiven Saison keine signifikanten Veränderungen in der Wachsamkeit gefunden. Auch gab es keinen Unterschied zwischen Männchen und Weibchen.

Die Ziesel verbrachten durchschnittlich 29,5% der Zeit unter der Erdoberfläche. Es ist sinnvoll, die Zeit, die nicht für Nahrungsaufnahme, Lokomotion, Nesting und soziale Interaktionen benötigt wird, in den Bauten zu verbringen, um die Gefahr von Raubfeinden erbeutet zu werden zu minimieren. Das Risiko Raubfeinden zum Opfer zu fallen steigt mit der Dauer der oberirdisch verbrachten Zeit an. HOFFMANN (1995) fand, dass die erbeuteten juvenilen Ziesel vorher mehr Zeit an der Oberfläche verbrachten, als die überlebenden Tiere.

In der 3. Lebensphase (w18-20) stieg die unterirdisch verbrachte Zeit auf 38% an. Dies ging offensichtlich auf Kosten der Nahrungsaufnahme, die in den Wochen 18 bis 20 deutlich abnahm, obwohl gerade in dieser Zeit die Auffettung noch höchste Priorität haben sollte. Da aber auch alle anderen Aktivitäten am Ende der Saison abnahmen, und somit weniger Energie verbraucht wurde, war die geringere Nahrungsaufnahme ausreichend. Ein weiterer Grund könnte auch der gute Nahrungszustand der Gehegetiere gewesen sein, die durch die tägliche Zufütterung genug Nahrung zur Verfügung hatten, dadurch entsprechend zunahm und so die

Oberflächenaktivitäten, und damit die Gefahr von Räubern erbeutet zu werden, minimieren konnten.

In den ersten Wochen nach dem Erscheinen an der Erdoberfläche wohnten die juvenilen Ziesel noch gemeinsam im Wurfbau und wurden dort auch gesäugt. Ab der 11. Woche fingen die Tiere damit an, einen eigenen Bau für den Winter herzurichten. Die Grab- und Nistaktivitäten erreichten in der zweiten Lebensphase (w12-17) ihren Höhepunkt. Das fiel in die Zeit, in der auch das aggressive Verhalten gegenüber Artgenossen stark anstieg, da unter anderem das neu gewonnene Territorium verteidigt werden musste.

Während den ersten oberirdisch verbrachten Wochen zeigten die Tiere eine hohe lokomotorische Aktivität, die dann im weiteren Verlauf der Saison kontinuierlich zurückging. Weiters zeigten die Männchen eine höhere Lokomotionsaktivität als die Weibchen. Ab einem Alter von 9 Wochen beginnen die juvenilen Ziesel abzuwandern (HOFFMANN, 2004) und einen geeigneten Ort für einen eigenen Bau zu suchen. Bei Arten wo beide Geschlechter abwandern, zeigt sich zwischen Männchen und Weibchen ein Unterschied in der Dispersal – Distanz. Männliche Ziesel wandern weiter ab als Weibchen (HOLEKAMP, 1984) und nehmen größere „home ranges“ in Anspruch (WATERMAN, 1986).

Die inaktiv verbrachte Zeit zeigte einen zur Lokomotion gegenläufigen Phasenverlauf. Inaktives Verhalten wurde in der ersten Phase (w6-11) kaum beobachtet, nahm danach aber bis zum Ende der Saison kontinuierlich zu. Die innere Jahresrhythmik könnte bei den winterschlafenden Zieseln zum Absinken der Aktivität im Herbst führen. Dadurch sparen die Tiere Energie. Außerdem verringert sich das Risiko von einem Räuber erbeutet zu werden, wenn die Tiere längere Zeit inaktiv vor dem Baueingang verweilen (STRASCHIL, 1972). Die Männchen waren in der dritten Phase (w18-20) inaktiver als die Weibchen, was auch mit der Rate der agonistischen Interaktionen übereinstimmt.

Die Weibchen verbrachten saisonal gesehen deutlich mehr Zeit unterirdisch als die Männchen und die männlichen Ziesel zeigten eine höhere Lokomotionsaktivität als die Weibchen, was das Risiko erbeutet zu werden erhöht. In einer vorangegangenen Freilandstudie waren die männlichen juvenilen Ziesel, obwohl länger oberirdisch, weniger wachsam als die Weibchen. Dafür investierten sie mehr Zeit in Lokomotion. Je weniger wachsam sie waren, desto schneller bewegten sie sich fort. Bei den Weibchen fanden sich hingegen zwei Strategien. Entweder sie minimierten die

Oberflächenaktivität und somit das Risiko erbeutet zu werden, oder sie verbrachten mehr Zeit oberirdisch und erhöhten dafür ihr Wachsamkeitsverhalten (HOFFMANN et al., 2004).

Bei den Weibchen am Bisamberg wurde ein negativer Zusammenhang zwischen der unterirdisch verbrachten Zeit und dem Wachsamkeitsverhalten gefunden. Je länger die Weibchen unterirdisch waren, desto weniger wachsam zeigten sie sich. Ein Grund dafür könnte sein, dass in der verkürzten oberirdisch verbrachten Zeit mehr in die Nahrungsaufnahme investiert werden musste, was auf Kosten der Feindvermeidung gehen könnte. Allerdings wurde in dieser Untersuchung eine positive Korrelation zwischen Wachsamkeit und Foraging gefunden, was im Widerspruch zu der Theorie steht, dass eine effiziente Nahrungsaufnahme, die bei Jungtieren für das Wachstum besonders wichtig ist, nicht mit einer optimalen Feindüberwachung gekoppelt sein kann (CAREY & MOORE, 1986).

Eine Hauptkomponente um die individuelle Fitness zu steigern, ist das soziale Verhalten gegenüber Artgenossen. Sozialverhalten kann verschiedene Komponenten des reproduktiven Erfolgs beeinflussen (WASSER, 1983). Es beeinflusst das räumliche Verhalten (COCKBURN, 1988), welches wiederum die Immigrationsrate und die Gruppengröße limitiert und bringt einige Individuen dazu abzuwandern (ARMITAGE, 1991).

Aggressivität ist ein ererbtes Verhalten, das allen Tierarten gemeinsam ist. Die neurophysiologischen Mechanismen auf denen aggressives Verhalten basiert, sind bei allen Vertebraten ähnlich, wobei Männchen generell aggressiver agieren als Weibchen. (NELSON, 2001). Sie kann definiert werden als die Ausführung einer Aktion, von Bedrohung bis hin zu Attacken, gegen Individuen der selben, oder einer anderen Art. Bei der intraspezifischen Aggression geht es um die Verteidigung von Ressourcen wie Nahrung, Territorium und Paarungspartner (GIAMMANCO, 2005). Da Ziesel nicht sehr sozial sind, ist die Etablierung von Dominanzverhältnissen in freier Wildbahn wahrscheinlich nicht so relevant, könnte aber bei den Jungen zumindest eine Zeitlang eine Rolle spielen.

Bei der Auswertung der Daten wurde nicht zwischen aktiv und submissiv agierenden Tieren unterschieden, weshalb in weiterer Folge von agonistischen Interaktionen gesprochen wird. Zwischen der 6. und 11. Lebenswoche zeigten sowohl Männchen, als auch Weibchen wenig agonistisches Verhalten. In der zweiten Lebensphase

---

(w12-17), in der sich die Tiere einen eigenen Bau graben und gegen Artgenossen verteidigen müssen, stieg die Rate der agonistischen Interaktionen bei beiden Geschlechtern stark an und sank während der letzten Wochen vor dem Winterschlaf (w18-20) auf ein niedriges Niveau ab. Während dieser Zeit sollte es höchste Priorität haben, noch so viel Energie wie möglich in die Auffettung zu investieren um den Winter zu überleben. Allerdings zeigten sich die Weibchen in Phase 3 wesentlich aggressiver als die Männchen. Ein Grund dafür könnte sein, dass es für die Weibchen von Vorteil wäre, im nächsten Frühjahr weniger Nahrungskonkurrenten für sich und ihre Jungen in der Nähe zu haben. Für die Männchen ist es eher wichtig, in einem sehr guten körperlichen Zustand in den Winterschlaf zu gehen, damit sie im Frühjahr mit anderen Männchen um die Weibchen konkurrieren können.

In der ersten Lebensphase (w 6-11) zeigten sowohl Männchen als auch Weibchen die höchste Rate an sozio – positiven Interaktionen. Im Verlauf der aktiven Saison gingen die freundlichen Interaktionen bei beiden Geschlechtern kontinuierlich zurück. Den größten Anteil an den sozio – positiven Interaktionen hatte das Spielverhalten, welches eine charakteristische Komponente in der Ontogenie vieler Vertebraten darstellt (FAGEN, 1981). Es spielt eine Rolle in der Entwicklung des Sozialverhaltens (HOLMES, 1994,1995), der kognitiven und motorischen Entwicklung (NUNES, 2004) und hilft die Energiebilanz der juvenilen Ziesel zu regulieren (NUNES, 1999, 2002). Das soziale Spiel der juvenilen Ziesel ähnelt dem Kampf- und Kopulationsverhalten der adulten Tiere. Ähnlichkeiten zwischen juvenilem Spiel und dem adulten Verhalten wurden bei vielen verschiedenen Tierarten festgestellt und lassen darauf schließen, dass das Spielverhalten den reproduktiven Erfolg erhöht, indem es die Entwicklung der neuromuskulären Koordination und des Verhaltens von Erwachsenen fördert (NUNES,1999).

Juvenile spielten ausschließlich mit anderen Jungtieren und nie mit adulten Tieren oder Jährlingen. Männchen spielten bis zur 13. Lebenswoche signifikant häufiger, und waren während der Saison in deutlich mehr Kämpfe verwickelt als die Weibchen, was darauf hindeutet, dass das Spielverhalten auch eine Vorbereitung für späteres Territorialverhalten und, im Fall der Männchen, den Konkurrenzkampf um Weibchen ist. Auch viele andere Autoren berichten über einen Unterschied in der Häufigkeit und der Intensität des Spielverhaltens zwischen Männchen und Weibchen (HOLEKAMP,1984; JAMIESON & ARMITAGE, 1987; MEDER, 1990; HAAS & JENNI, 1993). Der Sexualdimorphismus beim Spielverhalten lässt vermuten, dass

das gonadale Steroidhormon Testosteron dabei eine entscheidende Rolle spielt (NUNES, 1999).

Glucocorticoide werden unter dem Einfluss von ACTH in der Zona fasciculata der Nebennierenrinde gebildet. Der wichtigste Vertreter ist je nach Tierart Cortisol oder Corticosteron (Schmidt, 2005). Bei Zieseln konnte eine vermehrte Cortisolexkretion als Reaktion auf Stressoren nachgewiesen werden (STRAUSS et al., 2007).

Glucocorticoide sind verantwortlich für die Mobilisierung von Energiereserven und haben eine entzündungshemmende und immunsuppressive Wirkung (AKTORIES et al., 2005). Außerdem hemmen Glucocorticoide viele anabolische Prozesse wie z. B. Verdauung, Energisspeicherung, Wachstum und Reproduktion (Sapolsky, 2000). Cortisol hilft Stresssituationen zu bewältigen, indem es die Glucosekonzentration im Blut erhöht und somit Energiereserven mobilisiert (MATEO, 2006). Kurzfristige Erhöhungen des Glucocorticoidlevels führen zu Anpassungen im Verhalten und physiologischen Prozessen (Wingfield et al., 1998), während ein chronisch erhöhter Glucocorticoidlevel möglicherweise die Reproduktion verhindern und Krankheiten auslösen kann (Sapolsky, 2000).

Die Cortisolkonzentration zeigte bei den juvenilen männlichen und weiblichen Zieseln einen ähnlichen Verlauf. In den ersten 10 Wochen nach dem ersten Erscheinen an der Erdoberfläche fanden sich relativ niedrige Cortisollevel. Im letzten Drittel der aktiven Saison, ab der 15. Lebenswoche, stiegen die Cortisolwerte um das Zwei- bis Dreifache an und blieben bis zum Winterschlaf auf einem annähernd konstant hohen Niveau.

Es war anzunehmen, dass während aggressiver Auseinandersetzungen mit anderen Jungtieren oder Adulten eine erhöhte Cortisolkonzentration im Kot zu finden ist. Der Anstieg des Cortisolspiegels fiel in Phase 2 (w12-17), in der auch die höchste Rate an agonistischen Interaktionen zu finden war. Allerdings gingen diese gegen Ende der Saison (Phase 3, w18-20) stark zurück, während die Cortisolsekretion weiter erhöht blieb. Ein Zusammenhang zwischen erhöhter Konfliktrate und Cortisolsekretion konnte daher nicht nachgewiesen werden. Eine negative Korrelation fand sich zwischen den sozio-positiven Interaktionen und der Cortisolsekretion. In der Phase mit niedriger Cortisolkonzentration zeigten die Ziesel wesentlich mehr freundliche Interaktionen, als in der Phase mit hoher Cortisolkonzentration. Dies könnte ein Hinweis darauf sein dass, wie bei anderen

Tierarten gezeigt, positive soziale Beziehungen eine „stresspuffernde“ Wirkung haben können (SAPOLSKY, 2000).

Beginnende Abwanderungstendenzen, wie sie im Freiland im Alter von ca. 9 Wochen auftreten und das Anlegen von Winterschlafbauten können ebenfalls Stressfaktoren für die Tiere darstellen. Dementsprechend wurde eine positive Korrelation zwischen dem Sammeln von Nistmaterial und der Cortisolkonzentration gefunden.

Je höher der Cortisollevel war, desto weniger Lokomotion zeigten die Tiere und desto inaktiver waren sie. Dies spricht gegen einen Zusammenhang mit Abwanderungstendenzen, da diese meist mit erhöhter Lokomotion verbunden sind (HOLOKAMP, 1984).

Ein interessanter Zusammenhang zeigte sich in Bezug auf die Nahrungssuche und -aufnahme. Je höher der Cortisolspiegel war, desto weniger Zeit wurde in Foraging investiert. Das steht im Widerspruch zu der Tatsache, dass Cortisol das Fressverhalten positiv beeinflussen kann. Bei Ratten und Mäusen ist eine erhöhte Cortisolkonzentration wichtig für eine gesteigerte Nahrungsaufnahme und damit auch eine Zunahme des Körpergewichtes (KING, 1988).

Allgemein zeigte sich gegen Ende der Saison bei allen Interaktionen und Aktivitäten ein ähnliches Muster. Die Tiere wurden ruhiger und inaktiver, während die Sekretion des Stresshormons Cortisol bis zu Beginn des Winterschlafs auf einem hohen Level blieb. Aufgrund dieser Ergebnisse kann man annehmen, dass die anhaltend hohe Cortisolkonzentration in der zweiten Hälfte der aktiven Saison bei juvenilen Europäischen Zieseln weder mit sozialen Interaktionen, noch mit der Aktivität in einem direkten Zusammenhang steht.

Der Anstieg der Cortisolkonzentration fiel genau in die Zeit (15. Lebenswoche), in der das strukturelle Wachstum für dieses Jahr abgeschlossen war und die Auffettungsphase begann. Es ist daher möglich, dass Cortisol eine regulierende oder zumindest fördernde Rolle in der Auffettung vor dem Winterschlaf spielt.

BOSWELL et al. (1994) fanden bei adulten Erdhörnchen (*Citellus lateralis*) eine erhöhte Cortisolkonzentration während der Auffettungsphase gegen Ende der aktiven Saison. In einer Laborstudie an adulten Europäischen Zieseln wurde kurz nach dem Erwachen aus dem Winterschlaf eine niedrige Cortisolkonzentration gemessen, die dann in der Mitte der aktiven Saison anstieg und bis zu Beginn des Winterschlafs auf einem hohen Level blieb (SHIVATCHEVA et al., 1988). Außerdem ist aus früheren Untersuchungen (STRAUSS 2007, MILLESI unpubl. Daten) bekannt,

dass gegen Ende der aktiven Saison auch bei freilebenden Tieren die Cortisolexkretion signifikant ansteigt. Auch viele andere Autoren vermuten bei winterschlafenden Arten einen Zusammenhang zwischen einer erhöhten Cortisolexkretion und der Auffettung vor dem Winterschlaf (FLORANT, 1980; ARMITAGE, 1991; KENAGY, 2000; NUNES, 2006). Allerdings ist über die physiologischen Vorgänge in Bezug auf die anabole Wirkung des Cortisols wenig bekannt.

Bei Ratten findet man im Hippocampus zwei verschiedene Rezeptorsysteme für Glucocorticoide, welche gegenteilige matabolische Prozesse einleiten. Während die Typ I - Rezeptoren den Anabolismus unterstützen, setzen die Typ II - Rezeptoren katabole Stoffwechselfvorgänge in Bewegung (DEVENPORT et al., 1989). Ein solches Dual – Rezeptor – System findet sich auch bei Hamstern, bei denen, wie auch bei Erdhörnchen, das Cortisol das wichtigste Glucocorticoid darstellt (SUTANTO et al., 1988). Die Eigenschaften von Glucocorticoidrezeptoren bei Zieseln sind derzeit nicht bekannt.

Es ist auch möglich, dass die erhöhte Cortisolexkretion für den vorübergehenden Wachstumsstopp verantwortlich ist. Glucocorticoide beeinflussen die Zellteilung und das Wachstum der Skelettmuskulatur. Bei Kindern kann eine krankhaft erhöhte Cortisolkonzentration eine Verzögerung bzw. Hemmung des Wachstums hervorrufen (AKTORIES et al., 2005).

Das Sexualhormon Testosteron ist für die Entwicklung der primären und sekundären männlichen Geschlechtsmerkmale, sowie für die Spermatogenese verantwortlich (PENZLIN, 1991). In dieser Studie wurde juvenilen männlichen Zieseln ab der 8. Lebenswoche bis zum Beginn des Winterschlafs wöchentlich eine Blutprobe entnommen um den saisonalen Verlauf der Testosteronkonzentration zu bestimmen. In den ersten Wochen war die Testosteronkonzentration auf einem mittleren Level, stieg zwischen der 12. und 14. Woche stark an, (wobei individuell betrachtet jedes Männchen zwischen der 11. und 17. Woche seinen Maximalwert erreichte) und sank danach bis zum Beginn des Winterschlafs kontinuierlich ab. In einer vorangegangenen Studie (STRAUSS et al., 2007), in der die Auswirkungen spezifischer Nahrungsfaktoren auf die Jungenentwicklung untersucht wurden, zeigten alle juvenilen Männchen, unabhängig vom Futterangebot, ebenfalls einen erhöhten Testosteronspiegel. Allerdings wurde die erhöhte Testosteronsekretion zu einem

wesentlich früheren Zeitpunkt als in dieser Studie gemessen, nämlich zwischen der 3. und 6. Woche nach dem ersten Erscheinen an der Erdoberfläche. Das entspricht etwa der 7. bis 10. Lebenswoche. Die Jungen werden in ihrem ersten Sommer noch nicht geschlechtsreif, da die Paarungszeit beim Europäischen Ziesel auf eine kurze Periode im Frühling beschränkt ist (MILLES I et al., 1998). Entweder erlangen die Männchen als Jährlinge ihre Geschlechtsreife, oder erst nach ihrem zweiten Winter, was ihnen ermöglicht mehr Energie in Wachstum und Auffettung zu investieren (MILLES I et al., 2004; STRAUSS et al., 2007).

Ein niedriger Testosteronlevel am Ende der Saison ist wichtig, da Testosteron suppressive Auswirkungen auf den Winterschlaf hat und ihn entweder verhindern, oder frühzeitig beenden würde (LEE et al., 1990). Die Männchen gehen mit einem niedrigen Testosteronspiegel und noch nicht ausgereiften Hoden in den Winterschlaf. Bei reproduzierenden Männchen beginnt die Hodenentwicklung in den letzten Wochen des Winterschlafs und wird von einem Anstieg der Testosteronsekretion begleitet. Im Frühling erwachen die Männchen dann mit voll entwickelten Testes. (MILLES I et al., 1998, 1999, 2004; STRAUSS et al., 2008).

Der Anstieg der Testosteronkonzentration bei juvenilen männlichen Zieseln könnte auf eine erste Aktivierung und Synchronisation der Hypothalamus - Hypophysen – Gonaden – Achse hindeuten (STRAUSS et al., 2007), die eine regulierende Funktion bei der Produktion der Sexualhormone ausübt (SCHMIDT, 2005).

Testosteron spielt auch eine wichtige Rolle bei saisonalen Verhaltensänderungen. Es beeinflusst das Fortpflanzungsverhalten, Veränderungen in der Lokomotion, der räumlichen Nutzung des Habitats, der Wachsamkeit und verschiedenen sozialen Verhaltensweisen (DOBSON, 1983; HOLEKAMP, 1992). Vor allem stellt es einen entscheidenden Faktor für das Auslösen von aggressivem Verhalten dar (GIAMMANCO, 2005).

Im Alter von 11 bis 17 Wochen erreichten die juvenilen Männchen ihren individuellen Maximumwert der Plasma - Testosteronkonzentration. Das stimmt mit der Lebensphase überein, in der die höchste Aggressivität gefunden wurde. Das Suchen eines geeigneten Ortes für einen eigenen Bau, wenn möglich in der Nähe von Weibchen, sowie das Graben und Verteidigen desselben fallen in diese Phase und werden durch die erhöhte Testosteronkonzentration eventuell unterstützt oder sogar ausgelöst. Zwischen den Verhaltensaktivitäten und der Testosteronkonzentration konnte allerdings kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden. Allerdings

sind erhöhte Hormonkonzentrationen nicht immer unbedingt notwendig. Vor allem dann wenn ein Hormon für das Auftreten eines bestimmten Verhaltens essentiell ist, genügen schon geringe Konzentrationen dieses Hormons um das Verhalten auszulösen. (HOLEKAMP, 1992).

Östrogene werden in den Follikelzellen der Ovarien produziert und ausgeschüttet. Das wichtigste und physiologisch am stärksten wirksame Östrogen ist das Östradiol, welches für die Entwicklung der primären und sekundären weiblichen Geschlechtsorgane verantwortlich ist (SCHMIDT, 2005).

Juvenilen Weibchen wurde ab einem Alter von 8 Wochen bis zu Beginn des Winterschlafs wöchentlich eine Blutprobe entnommen, um den saisonalen Verlauf der Östradiolkonzentration zu bestimmen. Die durchschnittliche Plasma – Östradiolkonzentration erreichte den höchsten Wert um die 10. Lebenswoche. Danach sank der Östradiolspiegel auf ein niedriges Niveau ab. In der Phase, in der die durchschnittlich höchste Östradiolkonzentration gefunden wurde, gab es einen Zusammenhang zwischen dem Östradiolspiegel sowohl mit der Schädellänge, als auch mit der Körpermasse. Je größer und schwerer die juvenilen Weibchen zu diesem Zeitpunkt waren, desto niedriger war ihr Östradiolspiegel im Plasma. Es ist deshalb möglich, dass der Zeitpunkt des Anstieges der Östrogenkonzentration nicht nur vom Alter, sondern vor allem auch von Körpergröße und Gewicht abhängig ist und die größeren Tiere ihr Maximum schon zu einem Zeitpunkt erreichten, an dem noch kein Blut abgenommen wurde.

Während der Auffettungsphase kam es dann neuerlich zu einem leichten Anstieg der Östradiolwerte. Von adulten Weibchen ist bekannt, dass es vor dem Winterschlaf zu einer erneuten Aktivierung des Fortpflanzungssystems kommt, (MILLES I et al., 2000a; ASCHAUER, 2003). Da ovarielle Reifungsprozesse mit energetischen Aufwendungen verbunden sind, führt dies zu der Vermutung, dass der zweite ovarielle Zyklus eine indirekte Investition in die künftige Fortpflanzung darstellt, indem die sezernierten Sexualsteroiden das Heranreifen der nächsten Follikelgeneration stimulieren und diese für die nächste Saison vorbereiten (ASCHAUER, 2003). Dadurch könnten die Weibchen schon wenige Tage nach dem Erwachen aus dem Winterschlaf empfängnisbereit sein und sich paaren (MILLES I et al., 1999a). Weibchen, die sich früher paaren, bringen größere Würfe zur Welt und es steht ihnen für die Laktation und die Auffettung mehr Zeit zur Verfügung (HUBER

et al., 1999). Da Jährlingsweibchen eine längere Latenzzeit als adulte Weibchen aufweisen bis sie die Follikelreifung abgeschlossen haben und im Frühling in den Östrus kommen und dementsprechend kleinere Würfe zur Welt bringen (MILLES I et al., 1999b), ist nicht anzunehmen, dass bei den juvenilen Weibchen im Herbst eine ebensolche Vorbereitung der Follikel stattfindet. Es ist davon auszugehen, dass die erhöhten Östradiolwerte bei den juvenilen Weibchen, genau wie der Anstieg der Testosteronkonzentration bei den juvenilen Männchen, auf eine erste Aktivierung und Synchronisation der Hypothalamus - Hypophysen – Gonaden – Achse hindeuten.

Progesteronanalysen ergaben bei den juvenilen weiblichen Zieseln keine Ergebnisse, da die Werte unter den Messgrenzen der Bestimmungsmethode lagen. Wahrscheinlich deshalb, weil erst der Eisprung eine vermehrte Ausschüttung von Gestagenen bewirkt (SCHMIDT, 2005) und die Tiere in ihrem ersten Sommer die Geschlechtsreife noch nicht erreichen.

Die erhöhten Werte der Steroidhormone können auch eine wichtige anabole Wirkung haben. Sowohl Östrogene, als auch Androgene fördern das Knochenwachstum, wirken auf den Lipidstoffwechsel und beeinflussen somit auch das Körpergewicht (SCHMIDT, 2005; SILBERNAGL, 1998).

## ZUSAMMENFASSUNG

Europäische Ziesel (*Spermophilus citellus*) sind obligate Winterschläfer und einer strengen saisonalen Jahresrhythmik unterworfen. In der kurzen aktiven Saison zwischen dem ersten Auftauchen aus dem Wurfbau (Ende Mai bis Anfang Juli) und dem Beginn des Winterschlafs (Mitte September bis Mitte Oktober) müssen juvenile Ziesel wachsen, soziale Erfahrungen sammeln, einen eigenen Bau graben und ausreichend Fettreserven anlegen um die Hibernationsphase, die sie einzeln, ohne Nahrungsvorräte im Bau verbringen überleben und im darauffolgenden Frühjahr noch genug Energie für die Reproduktion aufbringen zu können. In dieser Studie wurden Verhalten, physiologische Vorgänge und Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Parametern bei juvenilen Zieseln in verschiedenen Entwicklungsphasen untersucht.

In den ersten 12 Wochen der oberirdisch verbrachten Zeit waren Aktivitäten wie Lokomotion, Graben und das Sammeln von Nistmaterial häufig zu beobachten und nahmen gegen Ende der aktiven Saison kontinuierlich ab. Soziopositive Interaktionen wurden hauptsächlich in der ersten Hälfte der aktiven Saison gefunden. Die Rate der agonistischen Interaktionen erreichte zwischen der 12. und 17. Lebenswoche ihren Höhepunkt und sank in den letzten Wochen vor dem Winterschlaf wieder ab.

Es wurden kurzfristige Anstiege der Testosteronkonzentrationen bei den Männchen und der Östradiolkonzentrationen bei den Weibchen gefunden, die auf eine erste Aktivierung und Synchronisation der Hypothalamus - Hypophysen – Gonaden – Achse hindeuten.

In den ersten Wochen nach dem Auftauchen aus dem Wurfbau war die Cortisolsekretion relativ gering. Im letzten Drittel der aktiven Saison stiegen die Cortisolwerte um das Zwei- bis Dreifache an und blieben bis zum Winterschlaf auf einem annähernd konstant hohen Niveau. Es wurden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Aktivitätsparametern, den soziopositiven und agonistischen Interaktionen und der Cortisolsekretion gefunden. Die erhöhte Nebennierenaktivität kann daher nicht primär auf soziale Konflikte zurückgeführt werden. Der Anstieg der Cortisolkonzentration fiel allerdings in die Zeit, in der das strukturelle Wachstum für dieses Jahr beendet wurde und die Auffettungsphase

begann. Dies könnte einen Hinweis auf einen positiven Einfluss der Cortisolsekretion auf die Anlagerung von Fettreserven für den Winterschlaf darstellen.

## **SUMMARY**

European ground squirrels (*Spermophilus citellus*) are obligate hibernators with a distinctive endogenous annual cycle. During the limited active season between emergence (end of May – beginning of July) and hibernation onset (mid September – mid Oktober) juveniles have to grow, gain social experiences, construct suitable hibernacula and store body fat to survive over winter. The aim of this study was to investigate the development of behavioural and physiological processes and examine potential relationships among behaviour and endocrine secretion patterns. Activity levels were high in the first 12 weeks of aboveground activity and decreased in the last weeks before hibernation. Socio-positive interactions were frequently observed in the first few weeks after emergence and decreased thereafter. Aggressive encounters peaked during week 12 and 17 of life and were rarely observed in the last few weeks before emergence.

Elevated testosterone levels in males and estradiol levels in females were identified and could reflect a period of first activation and synchronization of the hypothalamic-pituitary-gonadal axis.

Faecal cortisol metabolite - levels (FCM) were baseline in both sexes from natal emergence until an age of about 14 weeks. Thereafter, cortisol excretion increased significantly and remained elevated until hibernation. No significant relationships among activity levels, sociopositive and aggressive interactions and FCMs were found. However, the period of elevated FCM-levels coincided with the termination of structural growth and the onset of fattening. Based on this results it can be assumed that elevated cortisol secretion may positively affect the process of prehibernatory fattening.

## LITERATURVERZEICHNIS

- AKTORIES, K., FÖRSTERMANN, U., HOFMANN, F. & STARKE, K. (2005): Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie. Urban Fischer Verlag, München Jena, pp. 661-670.
- ARMITAGE, K.B. (1981): Sociality as a life-history tactic of ground squirrels. *Oecologia* 48: 36-49.
- ARMITAGE, K.B. (1991): Social and Population Dynamics of Yellow-Bellied Marmots: Results from Long-Term Research. *Annual Review of Ecological Systems* 22: 379-407.
- ASCHAUER, A. (2003): Ovarielle Aktivität außerhalb der Fortpflanzungsperiode beim Europäischen Ziesel (*Spermophilus citellus*). Diplomarbeit Universität Wien.
- BAUER, K. & SPITZENBERGER, F. (1989): Rote Liste der in Österreich gefährdeten Säugetierarten. In: Vögel und Säugetiere Österreichs (Österreichische Gesellschaft für Vogelkunde, ed.), Wien, pp. 53-58.
- BOSWELL, T., WOODS, S.C. & KENAGY, G.J. (1994): Seasonal Changes in Body Mass, Insulin, and Glucocorticoids of Free-Living Golden-Mantled Ground Squirrels. *General and Comparative Endocrinology* 96: 339-346.
- BÜHL, A. & ZÖFEL, P. (2005): SPSS Version 12 – Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. Addison-Wesley Publishing Company, München.
- CAREY, H.V. & MOORE, P. (1986): Foraging and predation risk in yellow-bellied marmots. *American Midland Naturalist* 116: 267-275.
- COCKBURN, A. (1988): Social Behaviour in Fluctuating Populations. London: Croom Helm.

- DEVENPORT, L., KNEHANS, A., SUNDSTROM, A. & THOMAS, T. (1989): Corticosterone's dual metabolic actions. *Life science* 45: 1389-1396.
- DOBSON, F.S. (1983): Agonism and territoriality in the California ground squirrel. *Journal of Mammalogy* 64: 218-225.
- DOBSON, F.S. & MICHENER, G.R. (1995): Maternal traits and reproduction in Richardson's ground squirrels. *Ecology* 76(3): 851-862.
- FAGEN, R. (1981): *Animal play behavior*. Oxford University Press, London.
- FLORANT, G.L. & WEITZMAN, E.D. (1980): Diurnal and episodic pattern of plasma cortisol during fall and spring in young and old Woodchucks (*Marmota monax*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 66A: 575-581.
- GIAMMANCO, M., TABACCHI, G., GIAMMANCO, S., DI MAJO, D. & LA GUARDIA, M. (2005): Testosterone and aggressiveness. *Medical Science Monitor* 11(4): RA136-145.
- GOLUB, V. (1988): Beiträge zur Verhaltensbiologie und Aktivitätsrhythmik freilebender Ziesel (*Spermophilus citellus citellus*). Dissertation Universität Wien.
- HAAS, C.C. & JENNI, D.A. (1993): Social play among juvenile bighorn sheeps: structure development, and relationship to adult behavior. *Ethology* 93: 105-116.
- HOFFMANN, I.E. (1995): Raubdruck, Warnrufe und Wachsamkeit bei Europäischen Zieseln (*Spermophilus citellus*). Diplomarbeit Universität Wien.
- HOFFMANN, I.E. (2002): The case of the European ground squirrel. Population dynamics and plasticity of life-history traits in a suburban environment. Dissertation Universität Wien.

- HOFFMANN, I.E., MUCK, E. & MILLESI, E. (2004): Why males incur a greater predation risk than females in juvenile sousliks (*Spermophilus citellus*). *Lutra* 24(2): 85-94.
- HOLEKAMP, K.E. (1984): Natal dispersal in Belding's ground squirrels (*Spermophilus beldingi*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 16: 21-30.
- HOLEKAMP, K.E. & TALAMANTES, F. (1992): Seasonal Fluctuations in Hormones and Behavior of Free-Living Male California Ground Squirrels (*Spermophilus beecheyi*). *Hormones and Behavior* 26: 7-23.
- HOLMES, W.G. (1994): The development of littermate preferences in juvenile Belding's ground squirrels. *Animal Behavior* 48: 1071-1084.
- HOLMES, W.G. (1995): The ontogeny of littermate preferences in juvenile golden-mantled ground squirrels: effects of rearing and relatedness. *Animal Behavior* 50: 309-322.
- HOOGLAND, J.L. (1979): The effect of colony size on individual alertness of prairie dogs (Sciuridae: *Cynomys* spp.) *Animal Behavior* 27: 394-407.
- HUBER, S. (1996): Lebensraumnutzung, Verhalten und ihre Bedeutung für die Fortpflanzungsbiologie beim Europäischen Ziesel (*Spermophilus citellus*). Dissertation Universität Wien.
- HUBER, S. et al. (1999): Reproductive effort and costs of reproduction in female European ground squirrels. *Oecologia* 121: 19-24.
- HUBER, S., HOFFMANN, I.E., MILLESI, E., DITTAMI, J.P. & ARNOLD, W. (2001): Explaining the seasonal decline in litter size in European ground squirrels. *Ecography* 24: 205-211.
- JAMIESON, S.H. & ARMITAGE, K.B. (1987): Sex differences in the play behavior of yearling yellow-bellied marmots. *Ethology* 74: 237-253.

- JANSSEN, J. & LAATZ, W. (2005): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- KENAGY, G.J. & PLACE, N.J. (2000): Seasonal changes in plasma glucocorticosteroids of free living female yellow-pine chipmunks: Effects of reproduction and capture and handling. *General and Comparative Endocrinology* 117: 189-199.
- KING, B.M. (1988): Glucocorticoids and hypothalamic obesity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 12: 29-37.
- KING, W.J., FESTA-BIANCHET, M. & HATFIELD, S.E. (1991): Determinants of reproductive success in female Columbian ground squirrels. *Oecologia* 86: 528-534.
- KRAPP, F. (1988): Übrige Erd- und Baumhörnchen. In: *Grzimeks Enzyklopädie – Säugetiere Band 3*. Kindler Verlag GmbH, München, pp. 53-95.
- KRYSTUFEK, B. (1999): *Spermophilus citellus* (Linnaeus, 1766). In: *The Atlas of European Mammals*. Ed. by A. J. MITCHELL-JONES et al. London: Academic Press, pp. 190-191.
- LEE, T.M., PELZ, K., LICHT, P. & ZUCKER, I. (1990): Testosterone influences hibernation in golden-mantled ground squirrels. *Am. J. Physiol.* 259: R760-767.
- LEITNER, M. (1988): Ziesel (*Spermophilus citellus*). In: *Artenschutz in Österreich*. Ed. by F.SPITZENBERGER. Wien: Grüne Reihe des BM für Umwelt, Jugend und Familie 8: 177-179.
- MATEO, J.M. (2006): Developmental and geographic variation in stress hormones in wild Belding's ground squirrels (*Spermophilus beldingi*). *Hormones and Behavior* 50: 718-725.

- MEDER, A. (1990): Sex differences in the behaviour of immature captive lowland gorillas. *Primates* 31: 51-63.
- MILLES, E., HUBER, S., DITTAMI, J.P., HOFFMANN, I.E. & DAAN, S. (1998): Parameters of mating effort and success in male European ground squirrels, *Spermophilus citellus*. *Ethology* 104: 298-313.
- MILLES, E., HUBER, S., EVERTS, L.G. & DITTAMI, J.P. (1999a): Reproductive decisions in female European ground squirrels: Factors affecting reproductive output and maternal investment. *Ethology* 105: 163-175.
- MILLES, E., STRIJKSTRA, A.M., HOFFMANN, I.E., DITTAMI, J.P. & DAAN, S. (1999b): Sex and age differences in mass, morphology and annual cycle in European ground squirrels, *Spermophilus citellus*. *Journal of Mammalogy* 80: 218-231.
- MILLES, E., HUBER, S., WALZL, M. & DITTAMI, J.P. (2000a): Follicular development and hibernation in European ground squirrels. In: *Life in the Cold* (Heldmaier, G., Klaus, S. & Klingenspor, M., eds.), Springer Verlag, Germany, pp. 285-292.
- MILLES, E., HOFFMANN, I.E., HUBER, S. (2004): Reproductive strategies of male European sousliks at high and low population density. *Lutra* 47:75-84.
- MORTON, M.L. & TUNG, H-C.L. (1971): Growth and Development in the Belding ground squirrel (*Spermophilus beldingi beldingi*). *Journal of Mammalogy* 52: 611-616.
- MORTON, M.L. (1975): Seasonal changes of body weights and lipids in Belding ground squirrels. *Bull. S.C. Acad. Sci.* 74: 128-143.
- NELSON, R.J. & CHIAVEGATTO, S. (2001): Molecular basis of aggression. *Trends Neurosci* 24(12): 713-719.

- NEUHAUS, P. (2000): Weight comparisons and litter size manipulation in Columbian ground squirrels (*Spermophilus columbianus*) show evidence of costs of reproduction. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 48: 75-83.
- NUNES, S., MUECKE, E.M., ANTHONY, J.A. & BATTERBEE, A.S. (1999) : Endocrine and Energetic Mediation of Play Behavior in Free-Living Belding's Ground Squirrels. *Hormones and Behavior* 36: 153-165.
- NUNES, S., MUECKE, E.M. & HOLEKAMP, K.E. (2002): Seasonal effects of food provisioning on body fat, insulin, and corticosterone in free-living juvenile Belding's ground squirrels (*Spermophilus beldingi*). *Canadian Journal of Zoologie* 80: 366-371.
- NUNES, S. et al. (2004) : Functions and consequences of play behaviour in juvenile Belding's ground squirrels. *Animal Behaviour* 68: 27-37.
- NUNES, S., PELZ, K.M., MUECKE, E.M., HOLEKAMP, K.E. & ZUCKER, I. (2006): Plasma glucocorticoid concentrations and body mass in ground squirrels: Seasonal variation and circannual organization. *General and Comparative Endocrinology* 146: 131-138.
- PALME, R. & MÖSTL, E. (1993): Biotin-streptavidin enzyme immunoassay for the determination of oestrogens and androgens in boar feces. In: *Proceedings of the 5<sup>th</sup> Symposium on the Analysis of Steroids* (Görög, S., ed.), Szombathely, pp. 111-117.
- PENZLIN, H. (1991): *Lehrbuch der Tierphysiologie*. Gustav Fischer Verlag, Jena, pp. 92-97.
- RIEGER, J.F. (1996): Body size, litter size, timing of reproduction, and juvenile survival in the Uinta ground squirrel, *Spermophilus armatus*. *Oecologia* 107: 463-468.

- SAPOLSKY, R.M., ROMERO, L.M. & MUNCK, A.U. (2000): How do glucocorticosteroids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. *Endocrine Reviews* 21: 55-89.
- SCHMIDT, R. & LANG, F. (2005): *Physiologie des Menschen*. Springer Medizinverlag, Berlin Heidelberg, pp. 482-497.
- SHIVATCHEVA, T.M., ANKOV, V.K. & HADJIOLOFF, A.I. (1988): Circannual fluctuations of the serum cortisol in the European ground squirrel, *Citellus citellus* L. *Comparative Biochemistry and Physiology A*90: 515-518.
- SILBERNAGL, S. & LANG, F. (1998): *Pathophysiologie*. Georg Thime Verlag, Stuttgart – New York, pp: 256-297.
- SPITZENBERGER, F., BAUER, K. (2002): Ziesel *Spermophilus citellus* (Linnaeus, 1766). In: *Die Säugetierfauna Österreichs*. Ed. by F. SPITZENBERGER. Wien: Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, pp .356-365.
- STEURER, S. (2000): Mütterliche Aufwendungen in Abhängigkeit von Alter und Kondition beim Europäischen Ziesel (*Spermophilus citellus*). Diplomarbeit Universität Wien.
- STRASCHIL, B. (1972): *Citellus citellus* L. (Europäisches Ziesel) in Österreich. Zur Biologie und Ökologie eines terrestrischen Säugetiers an der Grenz seines Verbreitungsgebietes. Dissertation Universität Wien.
- STRAUSS, A., HOFFMANN, I.E. & MILLESI, E. (2007): Effects of nutritional factors on juvenile development in male European ground suqirrels (*Spermophilus citellus*). *Mammalian Biology – Zeitschrift für Säugetierkunde* 72(6): 354-363.

- STRAUSS, A., MASCHER, E., PALME, R. & MILLESI, E. (2007): Sexually mature and immature yearling male European ground squirrels: A comparison of behavioral and physiological parameters. *Hormones and Behavior* 52(5): 646-652.
- STRAUSS, A., HOFFMANN, I.E., VIELGRADER, H. & MILLESI, E. (2008): Testis development and testosterone secretion in captive European ground squirrels before, during, and after hibernation. *Acta Theriologica* 53(1): 47-56.
- SUTANTO, W., REUL, J.M.H.M., VAN EEKELEN, J.A.M. & KLOET, E.R. (1988): Corticosteroid receptor analyses in rat and hamster brains reveal species specificity in the type I and type II receptors. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 30: 417-420.
- WASSER, S. K. & BARASH, D.P. (1983): Reproductive suppression among female mammals: implications for biomedicine and sexual selection theory. *Q. Rev. Biol.* 58: 513-538.
- WATERMANN, J.M. (1986): Behaviour and use of space by juvenile Columbian ground squirrels (*Spermophilus columbianus*). *Canadian Journal of Zoologie* 64: 1121-1127.
- WINGFIELD, J.C., MANEY, D.L., BREUNER, C.W., JACOBS, J.D., LYNN, S., RAMENOFSKY, M. & RICHARDSON, R.D. (1998): Ecological bases of hormone-behavior interactions: the emergency life-history stage. *American Zoologist* 38: 191-206.

## LEBENS LAUF

**Name** Elvira Gabriele Mascher  
**Geburtsdatum** 17.6.1975 Linz, Oberösterreich  
**Staatsbürgerschaft** Österreich

### Ausbildung

**1981-1985** Volksschule Vorderweißenbach, Oberösterreich  
**1985-1989** Hauptschule Vorderweißenbach, Oberösterreich  
**1989-1993** Bundesoberstufenrealgymnasium Bad Leonfelden, Oberösterreich  
**1993** Ablegung der Reifeprüfung  
**Ab Herbst 1993** Beginn des Biologiestudiums (Hauptfach Zoologie) an der Universität Wien  
**Sommer 2006** Beginn der Diplomarbeit am Department für Verhaltensbiologie

---

### Kongresstätigkeit

**20.10.-24.10.06** Teilnahme beim 1<sup>st</sup> European Ground Squirrel Meeting, Ungarn

**14.09.-17.09.08** Teilnahme beim 82<sup>nd</sup> Annual Meeting of the German Society of Mammalogy (Posterpräsentation: MASCHER, E., STRAUSS, A. & MILLESI, E. (2008): Social interactions, prehibernation fattening and adrenal activity in juvenile European ground squirrels (*Spermophilus citellus*))

**Publikation:** STRAUSS, A., MASCHER, E., PALME, R. & MILLESI, E. (2007): Sexually mature and immature yearling male European ground squirrels: A comparison of behavioral and physiological parameters. *Hormones and Behavior* 52(5): 646-652.

---

### Ferialpraktika und Nebenjobs

**Sommer 1992 und 1993** Ferialpraktikum im Wildpark Altenfelden, Oberösterreich

**Sommer 1995** Ferialpraktikum im Tiergarten Schönbrunn, Wien

**Sommer 1996, 1997, 1998, 2002** Mitarbeit beim Meeresschildkrötenschutzprojekt in der Türkei (eine Kooperation zwischen der Universität Wien und der Dokuz Eylül Üniversitesi Izmir).

**Mai 1996 - Dezember 1996** Archivierungstätigkeiten an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 1010 Wien.

**Seit 1990** Mitarbeit im elterlichen Betrieb (Tabak Trafik Mascher, Oberösterreich).