

# Diplomarbeit

vorgelegt zur Erlangung des Grades eines Diplombiologen  
an der Fakultät für Biologie und Biotechnologie der Ruhr-Universität Bochum



## **Der Einfluss psychoneuroimmunologischer Faktoren auf die Parasitierung von Zootieren mit intestinalen Protozoen**

vorgelegt von

**Mirko Jezyschek**

angefertigt in der Arbeitsgruppe Zoologie/Parasitologie

Referent: Prof. Dr. G. A. Schaub

Korreferent: Prof. Dr. K. Störtkuhl

## Danksagung

Prof. Dr. Günter A. Schaub danke ich für die Bereitstellung des Arbeitsplatzes, die gemeinsame Auswahl und Überlassung dieses interessanten Themas sowie für die stets hilfsbereite Betreuung während der Arbeit. Dabei herrschte stets ein sehr angenehmes Arbeits- und Diskussionsklima.

Bei Prof. Dr. Klemens Störkuhl bedanke ich mich herzlich für das freundliche Gespräch und die Übernahme des Korreferats.

Dem Zoologischen Garten Wuppertal danke ich für die Möglichkeit, seine Tiere für meine Arbeit nutzen zu können. Besonders Dipl.-Biol. André Stadler hatte dabei immer ein offenes Ohr für etwaige Probleme und half oft mit hilfreichen und kompetenten Vorschlägen. Ein Dank gilt hierbei auch den Tierpflegern und Mitarbeitern des gesamten Zoologischen Gartens. Dabei geht ein besonderer Dank an die Pfleger des Großkatzenhauses, des Waldes und des Vogelhauses, die stets geduldig, freundlich und hilfsbereit waren.

Bei Prof. Dr. med. vet. Franz Schwarzenberger des Institut für Medizinische Biochemie der Veterinärmedizinischen Universität Wien bedanke ich mich für die Bereitschaft zur Analyse der Blut- und Kotproben.

Bei Oberstleutnant Dr. Patrick Scheid, Dr. Nora Medrano-Mercado und Dipl.-Biol. Charles Soukou bedanke ich mich für die Nachbestimmung der Parasiten.

Bei der gesamten Arbeitsgruppe Parasitologie bedanke ich mich für das angenehme Arbeitsklima und die Hilfsbereitschaft.

Bei meinen Eltern Dagmar Schmidt-Jezyschek und Rolf Jezyschek, meiner Schwester Nadia Jezyschek sowie meiner Partnerin Janine Zdunek bedanke ich mich für die Geduld und die moralische Unterstützung während der Arbeit, aber auch während des gesamten Studiums.

---

Inhaltsverzeichnis	
1. Einleitung	1
1.1 Psychoneuroimmunologie	1
1.1.1 Sozialer Stress, Immunität und Parasitierung	2
1.1.2 Geschlecht, Immunität, Stress und Parasitierung	3
1.2 Biologie der berücksichtigten Tiere	6
1.2.1 Erdmännchen	6
1.2.2 Weißlippenhirsche	7
1.2.3 Diamanttäubchen	8
1.3 Darmparasiten	9
1.3.1 Helminthen	9
1.3.2 Sporozoen - <i>Isospora</i> und <i>Eimeria</i> (Coccidia)	9
1.4 Blutentnahme mit Raubwanzen	11
1.5 Fragestellung	13
2. Material und Methoden	14
2.1 Material	14
2.1.1 Chemikalien und Lösungsmittel	14
2.1.2 Geräte und weitere Materialien	14
2.1.3 Software und Datenbanken	15
2.2 Tiere	15
2.2.1 Erdmännchen	15
2.2.2 Weißlippenhirsche	17
2.2.3 Diamanttäubchen	19
2.2.4 Raubwanzen zur Blutentnahme	21
2.3 Verhaltensbeobachtungen	21
2.4 Kotprobengewinnung	24
2.5 Blutprobengewinnung	25
2.6 Parasitologische Methoden	27
2.7 Analysen der Stresshormone	29
2.8 Auswertungen der Daten	29
3. Ergebnisse	31
3.1 Ergebnisse der Verhaltensaufnahme	31
3.1.1 Häufigkeiten Rangordnungs-relevanter Verhaltensweisen der Erdmännchengruppe	31

---

3.1.2 Rangordnung und Soziogramm der Erdmännchengruppe	33
3.1.3 Rangordnungs-relevante Verhaltensweisen der Weißlippenhirschgruppe	36
3.1.4 Rangordnung und Soziogramm der Weißlippenhirsche	38
3.2 Ergebnisse zur Parasitierung	40
3.2.1 Parasitierung der Erdmännchengruppe	40
3.2.2 Parasitierung der Weißlippenhirschgruppe	48
3.2.3 Parasitierung bei Diamanttäubchen	55
3.3 Ergebnisse zum Stresshormontiter	57
3.3.1 Stresshormontiter	57
4. Diskussion	58
4.1 Methodische Probleme	58
4.2 Verhalten	63
4.3 Stress	65
4.4 Intensitäten der Parasitierungen	68
5. Zusammenfassung	72
6. Literaturverzeichnis	73
7. Abkürzungsverzeichnis	87
8. Anhang	88
8.1 Verhaltensaufnahme	88
8.1.1 Verhalten der Erdmännchen	88
8.1.2 Verhalten der Weißlippenhirsche	89
8.2 Parasitierungen	90
8.2.1 Parasitierungen der Erdmännchen	90
8.2.2 Parasitierungen der Weißlippenhirsche	93
8.2.3 Parasitierungen der Diamanttäubchen	94
8.2.4 Validierungsversuch zum Auszählen der Oocysten	95
8.2.5 Validierungsversuch zur Auszählung der Oocysten in verschiedenen Bereichen des Hirschkothaufens	96

## 1. Einleitung

### 1.1 Psychoneuroimmunologie

Die Psychoneuroimmunologie verknüpft die Neurowissenschaften und die Immunologie, wobei sich Nerven- und Immunsystem maßgeblich gegenseitig beeinflussen (Ader et al. 1990). Ein besonderer Aspekt liegt im modulatorischen Einfluss des Verhaltens (einschließlich Stress) auf die Immunantwort. Erstmals wurden diese Zusammenhänge nachgewiesen, als sich nach kurzzeitigen Veränderungen, z. B. dem Aussetzen von Kälte, chirurgischen Verletzungen oder der Verabreichung von verschiedenen, subletal dosierten Drogen, bei Ratten die Nebennieren sowie Thymus und Lymphknoten vergrößerten. Dies wurde erstmals als Stresssyndrom beschrieben (Selye 1936; Berczi 1998). Stress ist die „... physiologische Reaktion infolge der Wahrnehmung aversiver oder bedrohlicher Situationen ...“ (Carlson 2004). Wenn die Homöostase die Balance zwischen Umwelanforderungen und der Möglichkeit des Individuums darstellt, auf diese zu reagieren, ist Stress die unspezifische Antwort des Organismus' auf die Störung des homöostatischen Gleichgewichts und den Versuch des Organismus, auf diese Störung zu reagieren (Cannon 1927, 1929; Selye 1936; Goldstein und Frank 2001; Carlson 2004). Der Versuch der Bewältigung einer Stressreaktion wird auch als Kampf-oder-Flucht-Reaktion bezeichnet (Cannon 1927; Carlson 2004).

Die Kommunikation zwischen dem endokrinen System und dem Immunsystem wird über Hormone vermittelt (Ader et al. 1990). Hormone der vorderen Hypophyse und der Nebenniere wirken immunomodulatorisch, so dass Lymphozyten und akzesorische Zellen neuroendokrine Reize empfangen können. Außerdem kommunizieren vom Immunsystem Produkte der Leukozyten mit dem endokrinen System und dem Nervensystem und modulieren sie (Ader et al. 1990). Ein Hormon des Hypophysenvorderlappens, das Adrenocorticotropin (ACTH), gelangt über die Blutbahn zur Nebenniere und stimuliert sie, Glucocorticoide freizusetzen (Ader et al. 1990; Carlson 2004). Diese Stresshormone wirken in einigen Systemen immunsuppressiv, z. B. auf den Titer von Antikörpern (Ader et al 1990; Berczi 1998). Die Konzentrationszunahme des Glucocorticoids Cortisol im Blut führt zur Verminderung der Konzentration des hypothalamischen Neuropeptids Corticotropin-Releasing-Factor (CRF), welches seinerseits die ACTH-Sekretion vermindert und so das

Cortisol wieder auf das normale Niveau zurückbringt (hypothalamo-pituitary-adrenal (HPA) axis) (Ader et al. 1990). Die immunomodulatorischen Spätfolgen von exogenem ACTH sind deutlich auf die Glucocorticoide zurückzuführen und nicht auf das Hypophysen-abgeleitete ACTH, welches auf die Zellen des Immunsystems wirkt (Ader et al. 1990). So reduziert ACTH in murinen Zellkulturen der Milz die Antikörperproduktion, moduliert die B-Zell-Funktion und supprimiert die IFN $\gamma$ -Produktion (Johnson et al. 1982, 1984; Alvarez-Mon et al. 1985).

Demnach beeinträchtigt lang andauernder Stress das Immunsystem. Bei Schwächung des Wirt-Immunsystems können opportunistische Parasiten zu einer so genannten Überschwemmung ihres Wirtes führen, da sich das etablierte Gleichgewicht zwischen Wirt und Parasit zu Gunsten des Parasiten verschiebt (Mehlhorn und Piekarski 2002a). Die Überschwemmung des Wirtes durch Parasiten wird v. a. durch eine ungeschlechtliche Vermehrungsphase ermöglicht, z. B. die Schizogonie bei Coccidien (Mehlhorn und Piekarski 2002a). Dies tritt vor allem bei einer Immunsuppression auf (Faber und Haid 1995).

### **1.1.1 Sozialer Stress, Immunität und Parasitierung**

Innerhalb einer sozialen Gruppe liegt eine negative Korrelation zwischen dem sozialen Rang der Tiere und dem Stress vor (Bronson 1963; Adams und Finn 1972). So fallen bei rangniederen Tieren Stress, Immunsuppression und/oder Parasitenbefall am höchsten aus (Sassenrath 1970; Manogue et al. 1975; Henry et al. 1986; Peng et al. 1989). Demnach ist die Rangfolge ein psychoneuroimmunologischer Indikator (Creel 2001, 2005; Sapolsky 2004; Stadler 2006). Ein Zusammenhang zwischen dem sozialen Rang der Tiere und dem Corticosteronlevel im Plasma manifestiert sich in einem signifikant niedrigeren Corticosteronlevel des dominanten Tieres (Louch und Higginbotham 1967). Ein niedriger sozialer Status ist ein besonders wichtiger Stressfaktor (Koolhaas et al. 1997; Blanchard et al. 2001; Schuster und Schaub 2001b). Sozialer Stress und Prädationsstress haben viel zur Evolution der Stressmechanismen beigetragen (Blanchard et al 2001). Auswirkungen des sozialen Stresses auf das Immunsystem zeigen sich bei syrischen Hamstern, bei denen weniger aggressive Tiere eine höhere Komplementaktivität besitzen. Somit wirken sich die sozialen Verhaltensweisen auf den alternativen Pfad des Komplementsystems aus (Stefanski et al. 1989).

Stress wirkt zudem bidirektional. Akuter Stress führt zu einer verbesserten Immunantwort, lang anhaltender Stress jedoch zum Gegenteil (Dhabar und McEwen 1997). Nicht nur die Dauer, sondern auch Art und Quantität des Stressses sind relevant. So steigt die Immunsuppression in Form einer verminderten Leukozytenzahl proportional zur Intensität des Stressses an (Dhabar und McEwen 1996, Dhabar et al. 1996, Dhabar 1998; Braude et al. 1999; Keller et al. 1981).

Stresshormone (Glucocorticoide) beeinflussen selektiv und immunoregulatorisch die Produktion von Lymphozyten und können diese inhibieren oder fördern (Daynes und Araneo 1989). Bei Totenkopfpaffen (*Saimiri sciureus*) ist der Cortisollevel bei dominanten, ungestressten Tieren niedriger als bei den anderen Tieren der Gruppe, steigt aber in Stresssituationen stärker an (Manogue et al. 1975). Bei Stress durch eine Zunahme der Populationsdichte nimmt das Gewicht der Nebenniere zu und der Reproduktionserfolg ab (Christian 1955). Ein weiterer Stressfaktor ist eine Änderung der Umgebung. Bei Ratten in einem fremden Käfig ist der Glucocorticoidspiegel höher und die Menge an Immunglobulin A im Fezes reduziert sowie die Gewichtszunahme geringer als bei Ratten in gewohnter Umgebung (Eriksson et al. 2004). Bei Ratten inhibiert Stress auch die reproduktiven Funktionen. Dies spiegelt sich in einer reduzierten Sekretion des Luteinisierenden Hormons (LH) wider (Rivier und Vale 1984).

### **1.1.2 Geschlecht, Immunität, Stress und Parasitierung**

Nicht nur über einen längeren Zeitraum ausgeschüttete Stresshormone wirken immunsuppressiv, sondern ebenfalls Geschlechtshormone. Für gewöhnlich weisen weibliche Tiere und Menschen bessere immunologische Kapazitäten auf als ihre männlichen Artgenossen, z. B. in Form einer besseren humoralen Immunität, und sind resistenter gegen eine Vielzahl infektiöser Krankheiten und/oder Parasiten (Cohn 1979; Grossman 1984, 1985; Ahmed et al. 1985b; Alexander und Stimson 1988; Roberts et al. 1996; Zhang et al. 2001). Die Interaktionen von Stresshormonen mit dem Immunsystem von Männern und Frauen unterscheiden sich deutlich. Dies wird anhand unterschiedlicher Grundlevels und unterschiedlichen diurnalen Schwankungen an Corticosteron im Plasma deutlich und lässt auf eine unterschiedliche Hypophysen-Nebennieren-Funktion schließen (Gaillard und Spinedi 1998). Als Stressmarker dient dabei die Aktivität der Hypothalamus-Hypophyse-Nebenniere- (HPA)-

Achse. Diese wird über den Cortisol- oder Glucocorticoidtiter im Plasma, Speichel oder Kot bestimmt (Blanchard et al. 2001). Der relative Einfluss von Stress kann dabei von der Spezies, dem Geschlecht und dem Alter des entsprechenden Tieres abhängen. Dabei beeinflusst das Geschlecht den Glucocorticoidspiegel, wobei eine Erhöhung typisch für dominante Weibchen einiger Spezies ist (Blanchard et al. 2001). Insbesondere reproduzierende Weibchen weisen einen höheren Cortisolspiegel auf, als die Weibchen, bei denen die Ovulation unterdrückt wird (Blanchard et al. 2001).

Die modulatorischen Mechanismen der Geschlechtshormone werden innerhalb der Reaktionskaskade über spezifische Androgen- und Östrogenrezeptoren in einigen lymphatischen Geweben vermittelt, beispielsweise im Thymus (Alexander und Stimson 1988; Kawashima 1992; Gaillard und Spinedi 1998; Guo et al. 2002b). Menschliche Makrophagen verfügen ebenfalls über solche Rezeptoren (Cutolo et al. 1996), die es den Makrophagen bei Anwesenheit von Östrogen ermöglichen, eine Reihe spezifischer Antworten zu manifestieren, wie z. B. eine erhöhte Interleukin-1 Synthese (Hu et al. 1988; Polan et al. 1989). Ein modulatorischer Effekt von Östrogenen besteht ebenfalls für die Synthese der Cytokine IL-5 und IFN- $\gamma$  (Fox et al. 1991; Wang et al. 1993). Progesteron verstärkt die T-Zell-(Th2)-Antwort, z. B. als verstärkte Interleukin-4, -5, -6 und -10 Synthese (Piccinni et al. 1995; Bijlsma et al. 1999). Geschlechtshormone beeinflussen die Anzahl an Lymphozyten im Thymus und anderen lymphatischen Organen sowie die T-Zell-Aktivität (Ahmed et al. 1985a). Androgene inhibieren die humorale und die Zell-vermittelte Immunantwort (Ahmed et al. 1989a; Ahmed und Talal 1990), während Östrogene und Progesterone die humorale Immunantwort verbessern, die Zell-vermittelte Immunantwort jedoch herabsetzen (Ahmed et al. 1985b, 1989b; Alexander und Stimson 1988; Ahmed und Talal 1990; Zhang et al. 2001). Weiter besteht für das Östrogen 17 $\beta$ -Estradiol ein fördernder Effekt auf natürliche Killerzellen (Sorachi et al. 1993). Östrogene beeinflussen außerdem die humorale Immunantwort, durch Steigerung der B-Zell Reifung. Als Folge dieses immunologischen Geschlechtsdimorphismus manifestiert sich bei weiblichen Tieren verschiedener Spezies häufig ein höheres Level an verfügbaren Immunoglobinen und dementsprechend eine stärkere Antikörper-Antwort auf Immunisierung und Infektionen (Eidinger und Garrett 1972; Paavonen et al. 1981; Nilsson und Carlsten 1994; Gaillard und Spinedi 1998; Da Silva 1999).

Östrogen erhöht die B-Zell Antwort *in vivo* und *in vitro*. Folglich setzen Progeste-

ron und Androgene die Antikörperproduktion herab (Da Silva 1999). Testosteron Rezeptoren wurden in der Plasmamembran von T-Zellen, sowie auf der Oberfläche von Makrophagen nachgewiesen (Benten et al. 1999a, 1999b). Ferner inhibiert Testosteron das Schlüsselenzym 5-Lipoxygenase der Leukotrienproduktion von Monocyten (Pergola et al. 2011). Bei dominanten Hähnen (*Gallus gallus*) liegt ein höherer Testosterontiter vor als bei ihren rangniederen Artgenossen und als Konsequenz ebenso ein niedrigerer Lymphozytentiter (Zuk et al. 1995). Bei Mäusen liegt sowohl eine Testosteron vermittelte suppressive Wirkung auf die kutan verzögerte Hypersensitivität (delayed-type hypersensitivity: DTH) als auch auf die Antikörperantwort und auf die Administration von Oxazolol vor. Demgegenüber vermittelt Östrogen zwar ebenfalls eine supprimierte DTH Antwort, verbessert jedoch die humorale Antwort (Carlsten et al. 1989).

Geschlechtshormone haben demnach das Potential, Kompartimente der Immunantwort zu beeinflussen (Alexander und Stimson 1988; Cutolo et al. 1996; Bijlsma et al. 1999). Dementsprechend kann Testosteron immunsuppressiv wirken und dem entsprechenden Organismus eine erhöhte Anfälligkeit für etwaige Parasiten vermitteln (Braude et al. 1999; Guo et al. 2002a, b; Krücken et al. 2005a, b). In Testosteron-behandelten Makrophagen entwickelt sich *Leishmania donovani* in mehr Makrophagen als in solchen, die ohne Testosteronbehandlung verblieben (Zhang et al. 2001). Es liegt demnach ein Unterschied des Wirtgeschlechts in Bezug auf die Häufigkeit und Intensität einer Infektion mit Nematoden vor (Solomon 1969). So sind z. B. Männer anfälliger für parasitische Infektionen mit Mikrofilarien als Frauen (van Hoegaerden et al. 1987). Bei vielen Taxa sind die männlichen Vertreter ihrer Art ebenfalls anfälliger für Protozoen, Pilze, Bakterien und Viren (Zuk und McKean 1996). Dementsprechend liegen Indizien für Geschlechtsunterschiede in der Anfälligkeit für Infektionen mit Protozoen, wie *Entamoeba histolytica*, *Leishmania donovani*, *Trypanosoma equiperdum* und Malaria-Parasiten vor (Solomon 1969). Prävalenz und Intensität von parasitischen Infektionen sind bei Männchen oft höher (Zuk und McKean 1996; Klein 2004). Bei Rauchschwalben (*Hirundo rustica*) liegt eine höhere Parasitierung mit Ektoparasiten, eine verminderte Anzahl an eosinophilen Granulozyten und ein verminderter Level an Immunglobulinen als Reaktion auf ein Testosteronimplantat vor (Saino et al. 1995).

## 1.2 Biologie der berücksichtigten Tiere

### 1.2.1 Erdmännchen

Erdmännchen (*Suricata suricatta*) sind Raubtiere (Carnivora) und gehören zur Raubtierfamilie der Schleichkatzen und innerhalb dieser Gruppe zur Familie der Herpestidae (Mangusten). Vorwiegend leben sie in den semiariden Zonen Südafrikas, wobei sich ihr Verbreitungsgebiet von Südafrika über Namibia und Botswana bis in den Norden Südafrikas erstreckt (Dennis und McDonald 2009).

Eine Erdmännchengruppe besteht aus zehn bis 30 Individuen. An der Spitze der Rangordnung stehen bis zu drei Weibchen und bis zu vier Männchen, die sich fortpflanzen. Außerdem gibt es mehrere Jährlinge und einige Jungtiere. Oft bilden mehrere Familienverbände, d. h. jeweils ein Paar mit seinen Jungen, eine Erdmännchengruppe (Dennis und McDonald 2009). Das Leben von Carnivoren in Gruppen ermöglicht zum einen das gemeinsame Jagen und zum anderen den besseren Schutz vor Prädatoren (MacDonald 1983). Als Carnivore sind Erdmännchen ständig auf der Suche nach Insekten, deren Larven, Spinnentieren oder auch Reptilien. Gleichzeitig werden sie ihrerseits wiederum von größeren Prädatoren gejagt und müssen somit ständig auf der Hut vor Gefahr zu Boden und aus der Luft sein (Dennis und McDonald 2009). Deshalb sind bei Erdmännchengruppen immer Wächter aktiv, die sich nach Prädatoren umschaun und die anderen Gruppenmitglieder im Fall einer Gefahr warnen. Die Wächter geben mit spezieller Vokalisation wider, dass sie im Einsatz sind. Sechs verschiedene Rufe werden zusätzlich zu den Alarmrufen von Wächtern abgegeben, wobei jedes Mitglied der Gruppe eigene Rufcharakteristika besitzt (Manser 1999). Bei dieser wichtigen Überlebensstrategie der Erdmännchen, der koordinierten Wachsamkeit und ihren Alarmrufen, informieren Variationen der entsprechenden Laute, ob die Gefahr aus der Luft kommt, z. B. der Raubadler (*Aquila rapax*), oder vom Boden, meist Schakale (*Canis mesomelas*), und geben gleichzeitig wider, wie akut die Gefahr ist (Manser 1999, 2001; Manser et al. 2002).

Die Fortpflanzung beschränkt sich bei Erdmännchen in der Regel auf das dominante Paar, wobei die Jungtiere von anderen, also rangniederen Gruppenmitgliedern gefüttert und beschützt werden (Clutton-Brock et al. 1999; Griffin et al. 2003). Der Aufwand der Fürsorge ist dabei unabhängig vom Verwandtschaftsgrad des Helfers zum Jungtier (Clutton-Brock et al. 2000). Hierbei sind es von den Juvenilen und

Adulten meist die Weibchen, welche die Brutpflege übernehmen, während bei Sub-Adulten und Jährlingen beide Geschlechter etwa gleich häufig die Jungtiere pflegen (Clutton-Brock et al. 2000). Außerdem ist die Anzahl der Bruthelfer in einer Erdmännchengruppe positiv mit der Größe des Wurfes vom dominanten Weibchen assoziiert (Russell et al. 2003). Der Vorteil des Helfens besteht darin, die kooperative Gesellschaft aufrecht zu erhalten (Clutton-Brock 2002), wobei das reproduktive Ungleichgewicht hauptsächlich Inzest vermeidet (Griffin et al. 2003). Ein dominantes Weibchen ist im Vergleich zu einem rangniederen Weibchen größer. Die Gründe liegen nicht im unterschiedlichen Alter, in der Fouragiereffizienz oder im Investment der Brutpflege, sondern sind vielmehr das Resultat eines erhöhten Hormontiters, der das Knochenwachstum beeinflusst (Russell et al. 2004). Ist das Alpha-Weibchen trächtig, so vertreibt es aus der Gruppe rangniedere Weibchen, die sich im Fortpflanzungsalter befinden. Dies führt bei diesen verstoßenen Weibchen wiederum zu einem erhöhten Stresshormontiter und einer physiologischen Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfunktionen (Young et al. 2006). Stress, der von dominanten Tieren ausgeht, spielt damit eine Schlüsselrolle in der Unterdrückung der Reproduktion rangniederer Tiere (Young et al. 2006).

### 1.2.2 Weißlippenhirsche

Der Weißlippenhirsch (*Cervus albirostris*) ist ein Spezialist der Hochebene und einheimisch im östlichen tibetanischen Plateau, in Höhen von 3.500 bis 5.100m. Dort lebt er auf relativ offenen Bergen und solchen, die Waldkanten, Weiden und Buschebenen beinhalten. Die Population war aufgrund von Landausbeutung und der Konkurrenz mit domestiziertem Vieh gefährdet (Miura et al. 1989; Leslie 2010), erholte sich jedoch in den 1990ern und ist seitdem stabil (Harris et al. 1999).

Der Großteil des Felles ist braun, der Bauch cremefarben und das Rostrum weiß. Die Nase, die Lippen, der Hals und das Kinn sind weiß (Miura et al. 1989). Adulte Männchen wiegen etwa 200kg, haben eine Schulterhöhe von etwa 130cm und tragen ein Geweih, das 100 bis 130cm breit wird (Miura et al. 1989). Die Weißlippenhirsche leben außerhalb der Brunftzeit oft in Gruppen von männlichen oder weiblichen Tieren. Gemischte Gruppen sind aber auch das ganze Jahr hindurch zu finden. Die Brunft findet von September bis November statt (Miura et al. 1993; Leslie 2010). Die Fortpflanzung basiert auf einem Haremsystem, wobei häufig Gruppen von reifen

Männchen in gemischten Gruppen auftauchen und entweder kleine Harems innerhalb der Gruppe oder ein einzelnes fortpflanzungsbereites Weibchen führen (Miura et al. 1993; Leslie 2010). Das Balzverhalten beinhaltet Lippenrollen, Lecken, Halsstrecken mit schnellem Zungeschmalzen und das Umherlaufen mit dem Kopf nach unten (Miura et al. 1993; Leslie 2010). Sind die Hirschkühe empfänglich, so legt der paarungsbereite männliche Hirsch vor dem Aufspringen sein Kinn auf den Rücken der Kuh. Die Kopulation ist nach einem einzigen Ruck oder Stoß beendet (Miura et al. 1993; Leslie 2010).

### 1.2.3 Diamanttäubchen

Das Diamanttäubchen (*Geopelia cuneata*) lebt in Australien in leicht bewaldeten ariden und semi-ariden, grasigen Regionen des Outbacks (Gibbs et al. 2001). Dabei halten sie sich oft am Boden auf, um nach Samen von Gräsern, Sträuchern und einigen Kräutern zu fouragieren. Mit einer Größe von 20cm sind sie relativ kleine Tauben. Sie sind grau und besitzen lange Schwanzfedern und weiß gepunktete Flügel (Gibbs et al. 2001). Es handelt sich bei ihnen um eine gesellige Spezies, die meistens in Gruppen von zehn bis 20, an Wasserlöchern manchmal auch mehr Individuen zusammen leben. Gelegentlich leben sie nur paarweise oder einzeln. Bei der Balz bewegt das Männchen ruckartig seinen Kopf auf und ab und fixiert dabei das Weibchen. Durch das fächermäßige Aufstellen der Schwanzfedern und der Präsentation der gepunkteten Schwanzfedern imponiert er dem Weibchen. Nach der Kopulation legt das Weibchen für gewöhnlich zwei kleine weiße Eier, aus denen nach 12 bis 13 Tagen der Nachwuchs schlüpft. Dieser wird von beiden Elternteilen gefüttert und ist nach 12 bis 14 Tagen flügge (Gibbs et al. 2001).

## 1.3 Darmparasiten

### 1.3.1 Helminthen

Bei Zootieren treten immer wieder als Darmparasiten Würmer auf, die aber gegenüber Protozoen keine zyklische Vermehrung im Endwirt durchlaufen (Mehlhorn und Piekarski 2002c). Relativ häufig tritt im Zoo ein Befall mit *Trichuris* spp. auf, dem Peitschenwurm, der Caecum und Dickdarm befällt (Mehlhorn und Piekarski 2002c). Nach der Kopulation legt der weibliche Wurm zahlreiche Eier ab, die im Fezes ins Freie gelangen, wo sie lange Zeit für die Entwicklung zur infektiösen Larvenform benötigen. Die Infektion erfolgt durch orale Aufnahme der Eier mit den reifen Larven über kontaminierte Nahrung. Bei einem anderen relativ häufigen Darmparasiten, dem Hakenwurm *Ancylostoma* spp. häuten sich nach Ausscheidung der Eier im Fezes die Larven zweimal bis zur Larve 3. Diese dringt percutan und gelegentlich auch peroral in den Wirt ein und wandert über Herz, Lunge und Schlund in den Dünndarm, wo sie geschlechtsreif wird. Bei beiden Nematodengruppen werden Infektionen durch die Anwesenheit der Eier im Fezes nachgewiesen (Mehlhorn und Piekarski 2002c).

### 1.3.2 Sporozoen - *Isospora* und *Eimeria* (Coccidia)

Ubiquitär verbreitet sind *Isospora* spp. und *Eimeria* spp., die zum Unterreich der Protozoa, zum Stamm der Sporozoa (Apicomplexa) und dort zur Klasse der Sporozoea gehören. Innerhalb der Unterklasse der Coccidia befinden sich beide Gattungen in der Ordnung der Eucoccidia und der Unterordnung der Eimeriina (Mehlhorn 2001). Coccidien sind häufig ein permanenter Begleiter der normalen Fauna der Wirtstiere, und die Präsenz von Oocysten ist nicht immer mit einer klinisch relevanten Infektion korreliert (Lindsay et al. 1997).

Der Lebenszyklus der Coccidien ist komplex. Arten des Genus *Isospora* können ihren gesamten Zyklus in einem Wirt vollziehen. Andere beziehen einen Transportwirt in ihren Zyklus mit ein (Lindsay et al. 1997). Coccidien sind mit wenigen Ausnahmen intrazelluläre Parasiten, die spezifische Zellen befallen und sich dort in parasitophoren Vakuolen oder im Cytoplasma entwickeln (Mehlhorn 2001).

Die Arten werden über die Morphologie sporulierter Oocysten-Stadien im Fezes identifiziert. Das Oocysten-Stadium ist in der Entwicklung ein resistentes Stadium, das über den Wirtsfezes ausgeschieden wird (Lindsay et al. 1997). Coccidien sind

typischerweise sporenbildene Parasiten. Die meisten *Isospora*-Arten sind sehr wirtsspezifisch (Sleigh 1989). Oocysten der *Isospora* verwandten Spezies werden durch die Präsenz von vier Sporozoiten in jeder der zwei Sporocysten, welche sich in der Oocyste befinden, von denen der *Eimeria* unterschieden. Im Gegensatz dazu weisen *Eimeria*-Oocysten vier Sporocysten mit je zwei Sporozoiten auf (Levine 1985).

Der Lebenszyklus der Coccidia läuft typischerweise in drei Phasen ab: Sporogonie, Merogonie und Gamogonie (Marquardt 1973). Die Sporogonie findet außerhalb des Wirtes statt und beinhaltet die Bildung von Sporozoiten. Während der Kernteilung, die mit der Sporogonie assoziiert ist, tritt eine Meiose auf, so dass alle Stadien im Zyklus mit Ausnahme der Zygote haploid sind (Hammond 1973; Lindsay et al. 1997). Die Sporozoiten resultieren aus der Sporogonie. Sie excystieren aus der Oocyste im Verdauungstrakt des Wirtes. Bei der Excystierung verlassen die Sporozoiten die Oocysten über Einbuchtungen oder Bruchstellen, die sich an einem oder beiden Enden der Oocystenwand befinden (Hammond 1973; Lindsay et al. 1997). Die Sporozoiten befallen gewöhnlich Darmepithelzellen und durchlaufen dann eine Merogonie (Schizogonie). Die lang gezogenen Sporozoiten transformieren sich zu einem kugeligen Trophozoiten. Nach der ersten Kernteilung wird das Parasitenstadium als Schizont (Meront) bezeichnet. Der Schizont reproduziert sich ungeschlechtlich durch multiple Fission. Auf diese Weise werden Merozoiten gebildet. Diese verlassen die Wirtszellen, befallen neue Zellen und durchlaufen weitere Zyklen der Merogonie, bevor die Gamogonie beginnt (Hammond 1973). Bei der Gamogonie entstehen zwei unterschiedliche Zellen, Makrogamont und Mikrogamont. Ersterer differenziert sich zu einem Makrogameten. Der Mikrogamont vollzieht mehrere Kernteilungen, die zur Bildung zahlreicher Mikrogameten führen, die Flagellen aufweisen und frei beweglich sind. Ein reifer Mikrogamet befruchtet den Makrogameten. Die daraus entstehende Zygote bildet eine Wand aus und wird dann als Oocyste bezeichnet. Sie wird über den Fezes ausgeschieden. Danach tritt erneut eine Sporogonie (Sporulation) auf (Hammond 1973). Die meisten der ausgeschiedenen Oocysten sind unsporuliert und müssen erst eine Entwicklungsperiode (Sporulation) außerhalb des Wirtes durchlaufen, bevor sie infektiös werden (Lindsay et al. 1997). Als Sporogonie wird die Produktion von infektiösen Sporozoiten der Sporocyste bezeichnet. Diese tritt meist außerhalb des Wirtes auf (Lindsay et al. 1997). Sporulierte *Isospora*-Oocysten charakterisiert der Besitz von zwei Sporocysten. Dabei enthält jeder Sporocyst vier Sporozoiten (Lindsay et al. 1997, Lucius und Loos-Frank 2008).

#### 1.4 Blutentnahme mit Raubwanzen

Die Blutentnahme bei kleinen oder wilden Tieren ist mitunter schwierig. Kleine Tiere müssen fixiert werden, um das Verletzungsrisiko der Tiere zu minimieren. Ein weiterer Nachteil ist der Stress, dem die Tiere bei dieser Prozedur ausgesetzt sind und der zum Teil zum Tode der Tiere führen kann (Baer und McLean 1972). Große Tiere müssen für eine Blutentnahme anästhesiert werden, da ansonsten nicht nur das Tier, sondern auch der Mensch gefährdet würde. Deshalb war der Einsatz blut-saugender Insekten ein großer Fortschritt (Stadler et al. 2011). Der Einsatz der Raubwanze zur Blutentnahme basiert auf der Anwendung bei der Xenodiagnose zur Diagnose der Chagas Krankheit. Dabei wird der Erreger, *Trypanosoma cruzi*, indirekt über den Überträger, südamerikanische Raubwanze, nachgewiesen. Der Nachweis im Menschen ist wegen der sehr geringen Konzentration des Erregers mitunter sehr schwierig, während er sich in der Raubwanze nach mehreren Vermehrungszyklen gut nachweisen lässt. Diese Methode wurde als erstes durch Brumpt (1914) zur Identifizierung des Erregers *Trypanosoma brazili* bei der Wasserschlange (*Helicops modestus*) durchgeführt. Bei der Xenodiagnose saugen Raubwanzen aus Laborzuchten am vermutlich erkrankten Menschen. Ist der Mensch infiziert, so nimmt die Wanze den Erreger auf, welcher sich in ihr etabliert und dann nachweisbar ist (Meiser und Schaub 2011).

Von Helversen nutzte später südamerikanische Raubwanzen zur Blutgewinnung bei Fledermäusen (von Helversen und Reyer 1984; von Helversen et al. 1986). Mittlerweile findet die Blutentnahme mit Raubwanzen als elegante und stressfreie Alternative zur Spritze immer häufiger Anwendung (Voigt et al. 2004; Stadler 2006; Stadler et al. 2011). Dabei eignen sich besonders die Raubwanzen *Rhodnius prolixus*, *Triatoma infestans* und *Dipetalogaster maxima* zur stressfreien und vor allem weniger invasiven Alternativmethode gegenüber der konventionellen Blutentnahme mit Spritzen (Thomsen und Voigt 2006; Stadler et al. 2007, 2009, 2011)

Besonders im Zoo bieten sich zur Blutentnahme Wanzen an, wenn die Tiere potentiell gefährlich sind. Freilaufende oder frei bewegliche Wanzen bieten hier die idealste Methode. So kann die Wanze sich ideal platzieren und möglichst unter normalen Umständen das Blut aufnehmen. Am besten funktioniert dies, wenn das zu beprobende Tier zum Beispiel mit der Nahrungsaufnahme beschäftigt ist (Stadler et al. 2007, 2009, 2011).

Handelt es sich um ein Tier, bei dem es dem Pflegepersonal möglich ist, das Tier

zu berühren, kann auch ein Becher mit Triatominen eingesetzt werden. Der Becher ist an einer Seite mit einem feinen Metallgitter bedeckt, welches den Raubwanzen das Anstechen ermöglicht. Innerhalb des Bechers erleichtert eine Vorrichtung aus Pappe das Anstechen der Wanze. Auf der Pappe kann sich die Wanze zur Gaze bewegen und sich besser zum Ziel- bzw. Anstechobjekt ausrichten. Fixiert oder drückt man den Becher für 15 bis 20 Minuten an eine relativ zugängliche Stelle der Tierhaut, können die Wanzen anstechen (Hoffmann et al. 2005; Thomsen und Voigt 2006, 2008; Stadler et al. 2007, 2009)

Eine weitere Möglichkeit zur Blutentnahme via Raubwanzen bieten die entsprechenden Behausungen der jeweiligen zu beprobenden Tiere. So wird beispielsweise der Schlafplatz der Tiere mit einem doppelten Boden versehen, in dem sich mit Gaze verdeckte Öffnungen befinden, die abermals einen Stich der Wanze zulassen. So muss nur noch ein Gefäß mit Wanzen von unten gegen die Gaze angebracht werden und sich das Tier entsprechend auf der mit Gaze verschlossenen Öffnung platzieren (Hoffmann et al. 2005; Stadler et al. 2006, 2007, 2009, 2011; Thomsen und Voigt 2006, 2008).

Bei ornithologischen Studien hat sich der Einsatz eines künstlichen Eis oder eines kleinen Stoffsäckchens bewährt, in denen sich jeweils die Wanzen befinden. Hockt sich der Vogel ins Nest, so kann die Wanze beim Ei durch Öffnungen oder Gaze und beim Säckchen durch das Stoffgewebe hindurch anstechen (Becker et al. 2005; Arnold et al. 2008; Bähnisch 2011)

Ist die Wanze mit dem Blut des entsprechenden Tieres voll gesogen, so wird die Wanze dekaptiert und das Blut mit einer Spritze oder einem Mikrokapillarröhrchen nach Perforation des Abdomens dem Magen entnommen (von Helversen et al. 1986). Einfacher ist es jedoch, die voll gesogene Raubwanze zwischen den Fingern oder mit einer Federstahlpinzette zu fixieren und das Blut mit einer gewöhnlichen Spritze über eine Punktion des Magens zu entnehmen (Voigt et al. 2004). Auf diese Weise ist es bis 2009 gelungen, Blutproben von 32 verschiedenen Wirbeltieren zu entnehmen (Stadler et al. 2009).

Beim Saugakt nehmen Triatominen das sechs- bis zwölfwache ihres eigenen Körpergewichts an Blut auf. Das aufgenommene Blut gelangt zunächst in den Magen, in dem es durch Entwässerung aufkonzentriert wird (Stadler et al. 2011). Mit Ausnahme der Lyse der Erythrocyten verbleibt es zunächst für drei bis vier Tage unverändert im Magen, bevor es dann portionsweise zur Verdauung in den Mitteldarm geleitet wird

(Schaub 2001). Bei einer raschen Entnahme des Blutes aus dem Magen eignet sich die Wanze als „lebende Spritze“ besonders gut, um den Stresshormontiter zu bestimmen, der einen guten Indikator für die Fitness, die Gesundheit, den Rang und die Störungslevel durch wilde Organismen darstellt (Arnold et al. 2008; Bähnisch 2011).

## 1.5 Fragestellung

In der vorliegenden Arbeit sollten Parasit-Wirt-Wechselbeziehungen unter Einbeziehung psychoneuroimmunologischer Faktoren untersucht werden. Dabei wurde die stressabhängige Parasitierung mit *Isospora* sp. bei Erdmännchen und in Abhängigkeit vom Rang der Tiere erfasst, um zu erkennen, ob rangniedere Tiere gestresster sind als dominante Tiere. Da Stress immunsuppressiv wirkt, sollten rangniedere Tiere mehr Parasiten-Überdauerungsstadien über den Fezes ausscheiden. Zusätzlich wurde die Stressintensität anhand des Titers an Stresshormonen im Blut und Fezes überprüft. Außerdem wurden spontan auftretende stressreiche Situationen und ihre Auswirkung auf die Parasitierung sowie das Geschlecht der Tiere mit einbezogen.

Bei den Weißlippenhirschen wurde ebenfalls eine stressabhängige Parasitierung mit *Isospora* sp. in Abhängigkeit von der Rangordnung untersucht. Zusätzlich wurde das Alter der Tiere als psychoneuroimmunologischer Faktor mit einbezogen. Die Titer an Stresshormonen wurden ebenfalls in Blut und Fezes bestimmt.

Ob die Brutzeit als psychoneuroimmunologischer Faktor suppressiv auf das Immunsystem wirkt und somit eine erhöhte Parasitierung der Tiere mit *Isospora* sp. vermittelt, wurde bei Diamanttäubchen untersucht. Auch hierbei wurde überprüft, ob Geschlechtsunterschiede bei der Parasitierung vorliegen.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Material

#### 2.1.1 Chemikalien und Lösungsmittel

Ethanol, 70% (v/v)	J.T. Baker
Natriumchlorid	J.T. Baker
Natriumhydrogencarbonat	J.T. Baker
Zinkchlorid	AppliChem

#### 2.1.2 Geräte und weitere Materialien

Analysenwaage	Mettler P1200
Deckgläser	Menzel-Gläser
Einmal Injektionskanüle	Henry Schein
Einmalspritzen, 1ml	Henry Schein
Eppendorfgefäß, 2ml	Eppendorf
Erlenmeyerkolben, 1 Liter	Simax
Fimo	Staedtler
Fotomikroskop mit Kamera	Olympus BX 40 mit Altra 20
Gefrierbeutel, 3 Liter	alio
Handzählgerät	IVO
Heparinröhrchen	Sarstedt
Magnetstäbchen	Rotilabo
Mörser und Pistill	Haldenwanger
Objektträger	Menzel-Gläser
Pasteurpipetten, 3ml	VWR International
Pinzette	SI-Line
Rollrandgläser	C. Roth
Stereomikroskop	SM-LUX
Trichter	ViT LAB

Zentrifuge Universal 30 RF	Hettich
Zentrifugenröhrchen, 50ml	Falcon

### 2.1.3 Software und Datenbanken

NCBL Datenbank, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> (17.09.2012)

Cell<sup>D</sup>: Software zur Aufnahme und Bearbeitung der Mikroskopierbilder

Statistica

## 2.2 Tiere

### 2.2.1 Erdmännchen

Die Erdmännchengruppe bestand aus folgenden Tieren, die alle im Zoologischen Garten Wuppertal gezüchtet worden waren (Tab. 2.2.1, Abb. 2.2.1 A, B):

Tab. 2.2.1: Angaben zur Erdmännchengruppe

Name	Geburtsdatum	Geschlecht*	Charakteristika
Angie	03.05.2001	0,1	Schlanke Gestalt, schlankes Gesicht, intakter Schwanz
Power	25.05.2003	1,0	Groß und kräftig, intakter Schwanz
Klumpi	12.03.2006	1,0	Nicht ganz so groß und kräftig wie Power, intakter Schwanz, abgebissener rechter Fuß
Lenny	11.07.2008	1,0	Schwanz vollständig abgebissen, mittlere Statur
Carla	11.07.2008	0,1	Schwanz vollständig abgebissen, dunkler Fleck unter dem Kinn
Dumbo	12.04.2010	1,0	klein und dünn (Jungtier), abgebissener Schwanz mit Stummel

\*1,0: Männchen; 0,1: Weibchen



Abb. 2.2.1: A: Power; B: Lenny beim Wachen

Der Zoologische Garten Wuppertal hielt im Beprobungszeitraum zwei Erdmännchengruppen. Eine Gruppe verfügte über einen Außen- und Innenbereich (Abb. 2.2.1 C, Gehege Nr.3). Die andere Gruppe, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit beobachtet und beprobt wurde, verfügte nur über eine Innenanlage, die aus zwei Bereichen mit jeweils etwa 2,2m<sup>2</sup> bestanden und über einen schmalen Gang miteinander verbunden waren (Abb. 2.2.1 C, Gehege Nr.2). In beiden Innenbereichen befanden sich jeweils eine Unterkunft und eine Wärmestrahllampe. Die Temperatur im Innenbereich betrug ganzjährig 20-22°C, unter den Wärmestrahllampen wenige Grade mehr. Die Fütterung fand täglich um 8 mit Rinderhack und um 15 Uhr mit Obst und Gemüse statt.

Im Verlauf dieser Arbeit änderte sich die Belegung des Geheges wegen zunehmender Aggressionen innerhalb der Gruppe. So wurden erst „Angie“ und „Power“ am 28.02.2012 vom Rest der Gruppe separiert und in ein weiteres Gehege mit etwa 3m<sup>2</sup> umquartiert (Abb. 2.2.1 C, Gehege Nr.1) und am 19.03.2012 an den Zoo Braunschweig abgegeben. Im weiteren Verlauf wurde Lenny ebenfalls am 14.03.2012 umquartiert, dann aber mit dem Rest der Gruppe am 22.03.2012 in das Tiergehege Dornreichenbach überführt.

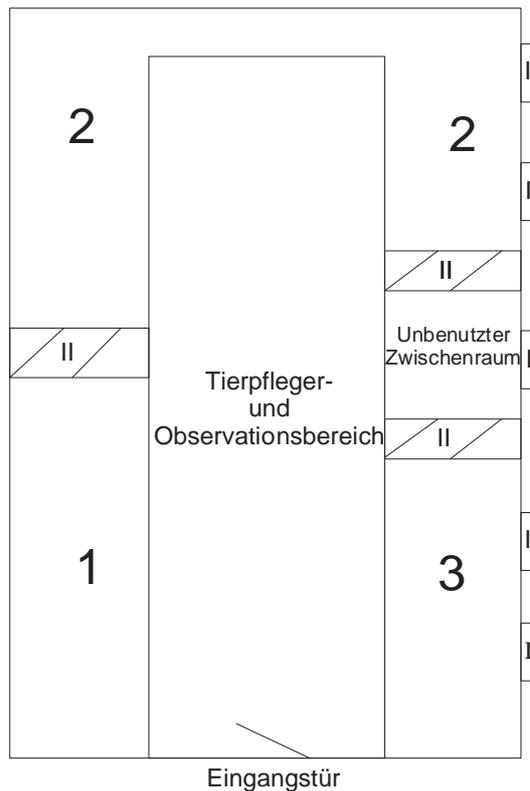


Abb. 2.2.1 C: Grundriss des Innengeheges der Erdmännchen des Zoologischen Gartens Wuppertal. I: Schieber zur Außenanlage; II: Trennwände zwischen den Gehegen; 1-3: einzelne Gehege

### 2.2.2 Weißlippenhirsche

Die Weißlippenhirschgruppe bestand aus folgenden Tieren, die bis auf „Berlinerin“ (Tierpark Berlin), „Kerbe“ (Tierpark Berlin) und „Rotterdamerin“ (Zoo Rotterdam) alle im Zoologischen Garten Wuppertal gezüchtet worden waren (Tab. 2.2.2, Abb. 2.2.2 A, B):

Tab. 2.2.2: Angaben zur Weißlippenhirschgruppe

Name	Geburtsdatum	Geschlecht*	Charakteristika
Berlinerin	21.09.1996	0,1	Schramme an vorderer, linker Flanke
Kerbe	18.08.1997	0,1	Kerbe im Ohr
Rotterdamerin	25.08.1996	0,1	Keine Schramme
Wuppi	16.09.1998	0,1	Schramme zentral an rechter Flanke
Mirko	02.09.2010	1,0	mittlere Statur, kleines Geweih
Jungtier 1	10.08.2011	1,0	klein, kein Geweih
Jungtier 2	05.09.2011	1,0	kleiner als Jungtier 1, kein Geweih

\*1,0: Männchen; 0,1: Weibchen

Am ersten Tag der Beprobung, am 18.02.2011, verstarb der Platzhirsch. Im weiteren Verlauf der Untersuchung musste die Hirschkuh „Wuppi“ am 30.05.2011 eingeschläfert werden, und am 14.10.2011 verstarb „Jungtier 2“.

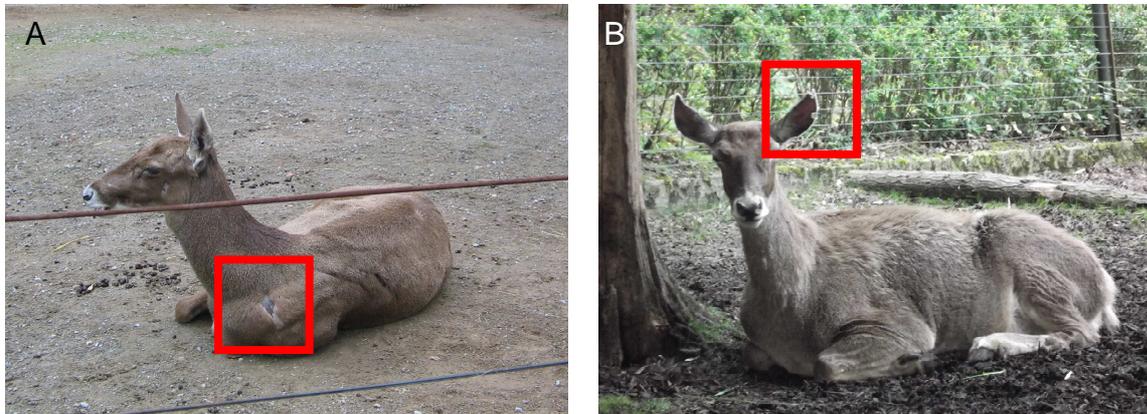


Abb. 2.2.2: A: Berliner (2011); B: Kerbe (2012); die Charakteristika sind eingerahmt

Den Weißlippenhirschen des Zoologischen Gartens Wuppertal standen drei Innenbereiche, die über Schieber miteinander verbunden waren, und ein Außenbereich zur Verfügung. Der Innenbereich diente hauptsächlich der nächtlichen Ruhe und dem Äsen. Das Außengehege (Abb. 2.2.2 C) hatte etwa eine Größe von 360m<sup>2</sup> und die Innengehege zusammen ungefähr 32m<sup>2</sup>. Die Innengehege waren mit Stroh ausgelegt und wurden wöchentlich ausgemistet. Die Temperaturen im Innengehege lagen etwas über denen, die draußen vorherrschten. Die Tiere wurden zweimal täglich gefüttert. Um 8 Uhr bekamen sie frisches Heu und nachmittags um 14 Uhr Kartoffeln, Obst, Gemüse und Getreide und ebenfalls frisches Heu. Zusätzlich zur täglichen Fütterung wurden gelegentlich und unregelmäßig außerhalb der Fütterungszeit Erdnüsse verfüttert. Auf der Außenanlage befanden sich drei Raufen und eine Tränke, sowie ein Haufen Äste, der unregelmäßig mit frischen Ästen aufgefüllt wurde. Im Innengehege waren ebenfalls drei Raufen für Kartoffeln, Obst, Gemüse und Getreide aufgestellt, während das frische Heu sowohl in den Raufen der Außenanlage als auch der Innengehege dargeboten wurde.



Abb. 2.2.2 C: Luftaufnahme des Außengeheges; Quelle: Google Maps

### 2.2.3 Diamanttäubchen

Die Diamanttäubchen (*Geopelia cuneata*) befanden sich in einer großen Voliere zusammen mit Zebrafinken (*Taeniophygia guttata guttata*), Gemalte Astartide (*Emblema picta*), Zwergwachteln (*Excalfactoria chinensis*) und Ringelastride (*Stizoptera bichenovii*). Von den Diamanttäubchen wurde ein Paar vor, während und nach der Eiablage beprobt. Als Referenz dienten ein Männchen und zwei Weibchen, die zur Beprobung eine Woche isoliert gehalten wurden (24.01.-02.02.2012). Zur Unterscheidung des Paares von anderen Diamanttäubchen diente die Anordnung der Punkte auf den Flügeln bzw. beim Weibchen eine rosafarbene Beringung (Abb. 2.2.3 A, B).



Abb. 2.2.3: A: Taubenweibchen; B: Taubenmännchen (im Zentrum)

Die Voliere hatte eine Grundfläche von etwa 10m<sup>2</sup> und eine Höhe von etwa 3m (Abb. 2.3.3 A). Der Boden war mit Sand ausgestreut, der täglich erneuert wurde, so dass auch der Kot täglich entfernt wurde. Bambusbüsche boten für die Diamanttäubchen optimale Nistmöglichkeiten. Des Weiteren wurde ein relativ dünner Baum recht zentral einbetoniert, den die Vögel zum Rasten, Balzen und Defäkieren nutzten.

Das Futter bestand aus einer Hirsemischung, Glanz- und Wildsamen, Waldvogelfutter, Mehlkäferlarven und anderen Insektenlarven, Salat, klein geschnittenen Äpfeln und einer Weichfuttermischung. Es wurde einmal täglich um 10:00-10:30 Uhr vom Pfleger in kleinen Schalen dargeboten. Zentral nach vorne hin befand sich ein kleines Badebecken, welches allerdings hauptsächlich von den Zebrafinken genutzt wurde.

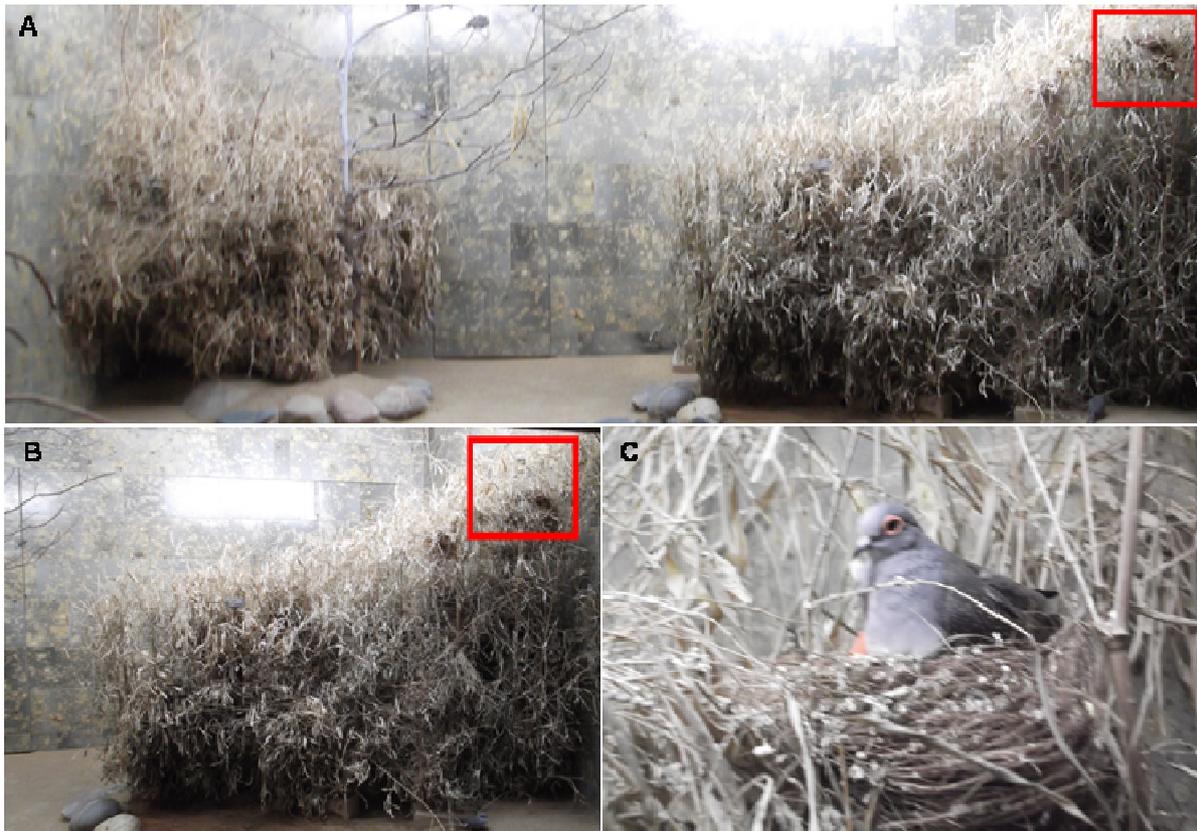


Abb. 2.3.3 C: Voliere der Diamanttäubchen. A: Voliere aus Besuchersicht, Markierung: Nistplatz des Fokuspaares; B: rechter Bambusbusch, Markierung: Nistplatz; C: Nahaufnahme des Nistplatzes der Versuchstiere

## 2.2.4 Raubwanzen zur Blutentnahme

Zur Blutentnahme wurden von der Raubwanze *Dipetalogaster maxima* Tiere im dritten, vierten oder fünften Nymphenstadium eingesetzt. Sie stammten aus der Laborzucht der Arbeitsgruppe Zoologie/Parasitologie der Ruhr-Universität Bochum (Schaub 1989; Kollien und Schaub 1998; Eichler und Schaub 2002).

## 2.3 Verhaltensbeobachtungen

Vor Beginn der Beobachtungen war es notwendig, sich zunächst einige Tage bei den entsprechenden Tieren aufzuhalten. Dies half zum einen bei der Erkennung verschiedener Individuen und zum anderen gewöhnte es die Tiere an den Beobachter. Andernfalls wären die Tiere eventuell durch die Anwesenheit des Beobachters gestresst worden und hätten sich eventuell nicht normal verhalten. Bei den Verhaltens-

beobachtungen sollte zunächst ein Ethogramm angelegt werden, d. h. ein Katalog mit Beschreibungen der arttypischen Verhaltenskategorien, die das grundlegende Verhaltensrepertoire einer Art ausmachen (Kappeler 2009a). Nach der Erstellung des Ethogramms wurden die beobachteten Verhaltensweisen mit denen aus Publikationen verglichen, sofern diese vorlagen.

Bei der Aufnahme der Verhaltensweisen sind mehrere **Methoden** möglich. Bei der Scan Sampling-Methode wird das Verhalten einer Gruppe in regelmäßigen Abständen von 30 Minuten erfasst. Diese Methode dient in erster Linie dem Erstellen eines Ethogramms und wurde zwischen den späten Morgenstunden und dem Nachmittag ein bis zweimal pro Beobachtungstag durchgeführt.

Bei der Fokustier-Methode wird ein Tier oder eine Gruppe von Tieren über einen bestimmten Zeitraum beobachtet, und die auftretenden Verhaltensweisen werden notiert. Hierbei wird die Häufigkeit erfasst, d. h. wie oft eine Verhaltensweise pro Zeiteinheit auftritt. Dabei wird vor dem Beginn die Reihenfolge der jeweiligen Fokustiere festgelegt. Dies sollte innerhalb einer Beobachtungsreihe wechselnd randomisiert werden. Bei sozialen Interaktionen müssen der Adressat und der Empfänger einer bestimmten Verhaltensweise differenziert werden, z. B. bei Aggressions- oder Unterwerfungsgesten. Anhand dieser Verhaltensinteraktionen lassen sich dann Rückschlüsse auf die Rangfolge innerhalb der beobachteten Gruppe vornehmen.

Die Behavioural Sampling-Methode bietet die Möglichkeit, die gesamte Gruppe zu beobachten und sämtliche vorher festgelegten und für die Untersuchung relevanten Verhaltensweisen und die daran beteiligten Tiere in ihrer Häufigkeit zu notieren. Diese Methode trägt sowohl zur Erstellung des Ethogramms als auch zur späteren Erstellung der Rangfolge bei. Diese Methode wurde zwei- bis dreimal pro Beobachtungstag durchgeführt. Die Beobachtungen dauerten in der Regel zwischen 30 und 60 Minuten und wurden beendet, wenn die Tiere rasteten oder schliefen.

Bei den **Erdmännchen** wurden vom 10.01.-14.01.2011 im Rahmen eines S-Block Praktikums insgesamt etwa 30 Stunden für die Verhaltensaufnahme zur Ermittlung der Rangfolge aufgebracht. Über die im Ethogramm aufgeführten Verhaltensweisen wurde die Rangordnung ermittelt. Das Ethogramm berücksichtigte die für die Rangordnung relevanten Verhaltensweisen (Tab. 2.3). Die hierfür nicht relevanten Verhaltensweisen, wie z. B. Nahrungsaufnahme, Ruhen und Spielverhalten, wurden zwar aufgenommen, aber nicht im Ethogramm berücksichtigt. Die ersten drei Versuchstage zur Beobachtung der Erdmännchengruppe wurden dafür genutzt, indivi-

duelle Merkmale der Tiere zu finden und die Tiere an den Beobachter zu gewöhnen. Anschließend wurden an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten, Verhaltensweisen zur Erstellung eines Soziogramms sowie zur Ermittlung der Rangordnung protokolliert.

Tab. 2.3: Ethogramm der für die Rangfolge relevanten Verhaltensweisen der Erdmännchengruppe (Stadler 2006)

Verhaltenselemente	Sammelemente	Elemente	Varianten
Territorialverhalten	Markieren	Mit Analdrüse Mit Wangendrüse	Objekt Artgenosse
Sozialverhalten	Wache halten	Aufrecht Auf vier Beinen Auf dem Gitter	
Dominanzverhalten	Aggressives Verhalten	Drohen  Aufrichten  Wegschieben Beißen Kampf Futterneid	Mit Keckern Ohne Keckern Mit Keckern Ohne Keckern
Komfortverhalten	Unterwürfiges Verhalten Pflegeverhalten	Ducken Rückenlage Putzen/Kratzen	Autogrooming Allogrooming

Bei den **Weißlippenhirschen** dauerte die Verhaltensaufnahme vom 22.02.-26.03.2011 zur Ermittlung der Rangordnung etwa 30 Stunden. Die Verhaltensaufnahme ließ sich gut mit dem Beobachten der Defäkationsorte kombinieren. An den ersten drei Beobachtungstagen wurden individuelle Merkmale erfasst, was besonders bei den vier Hirschkühen wichtig war. Außerdem wurden die Tiere an den Beobachter gewöhnt. Anschließend wurden an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten parallel zur Kotbeprobung die Verhaltensweisen zur Ermittlung der Rangordnung und zur Erstellung eines Etogramms und eines Soziogramms protokolliert.

## 2.4 Kotprobengewinnung

Bei der Beprobung der **Erdmännchen** waren etwa 200 Stunden zum Sammeln der Kotproben erforderlich. Die erste Beprobung erfolgte vom 17.-30.01.2011, die zweite vom 17.-20.01.2012 und die dritte vom 28.02.-22.03.2012. Die Sammlung der Kotproben dauerte an den entsprechenden Tagen vier bis sechs Stunden.

Bei den Erdmännchen mussten die Behausungen sowie andere Gegenstände, die eine unbemerkte Defäkation ermöglichen konnten, aus dem Gehege entfernt werden. Der Kot wurde unmittelbar nach Beendigung der Defäkation in einem Rollrandglas gesammelt und entweder umgehend in den Tiefkühlraum des Zoologischen Gartens Wuppertal gebracht und dort bei -20°C tief gefroren gelagert oder kurzzeitig in einer Kühlbox mit Eis gelagert, bis alle Proben gesammelt waren. Anschließend wurden diese Proben dann im Tiefkühlraum gelagert. So wurden etwa 140 Kotproben individuell zugeordnet.

Bei den **Weißlippenhirschen** wurden in etwa 145 Stunden Kotproben gesammelt. Der Kot wurde wegen seines großen Volumens in einen Gefrierbeutel überführt und tief gefroren. Bei den Hirschen war es aber nicht möglich, die Proben unmittelbar nach der Defäkation zu gewinnen, da der junge Bock („Mirko“) aggressiv attackierte. Erst bei der Reinigung des Außengeheges durch die Tierpfleger um etwa 14 Uhr gingen die Tiere zum Äsen in die Stallungen, und die Schieber des Stalls wurden verschlossen. Dann wurden alle Proben gleichzeitig gesammelt. Um die zum Teil zahlreichen Proben, die sich bis dahin auf dem Außengelände ansammelten, eindeutig zuzuordnen, wurden in einem Lageplan des Außengeheges die jeweiligen Defäkationsorte protokolliert und so etwa 100 Kotproben der Weißlippenhirsche gewonnen.

Bei den **Diamanttäubchen** wurden die Tiere durch die Besucherscheibe vom Foyer des Vogelhauses aus beobachtet. In den ersten Tagen wurde ein Pärchen ausgewählt, dessen Nistplatz sich gut von der Besucherscheibe aus einsehen ließ und das von den anderen Tieren gut unterscheidbar war. Die Beprobung fand vom 19.01.-21.02.2012 statt. In der Regel defäkierten die Tauben von den Ästen des zentralen Baumes aus. Selbst bei einer Reinigung der Voliere vor Beprobungsbeginn, war es zum Teil schwierig, die richtige Kotprobe auf dem Grund der Voliere auszumachen, da dieser innerhalb kurzer Zeit mit Vogelkot übersät war. Deshalb wurde ein Lot eingesetzt, das an die Stelle des entsprechenden Astabschnitts angehalten wurde und den entsprechenden Kothaufen markierte. Die

Kotprobe wurde in ein Eppendorf Gefäß überführt und bei -20°C gefroren. Auf diese Weise wurden etwa 40 Kotproben vom Fokuspaar und etwa 25 Kotproben der drei Referenztiere gewonnen. Bei einer Defäkation in einen der beiden Bambusbüsche war keine Zuordnung der Probe möglich.

## 2.5 Blutprobengewinnung

Da der Stresshormontiter bestimmt werden sollte, musste den Tieren das Blut möglichst stressfrei abgenommen werden. Die konventionelle Methode über eine handelsübliche Spritze erfordert ein rasches Fangen und Fixieren des Tieres (Bähnisch 2011). Deshalb sollte die Blutentnahme via Raubwanze erfolgen, eine Methode, die unter anderem bei Fledermäusen und Kaninchen erfolgreich war (von Helversen 1986; Voigt et al 2003; Stadler et al. 2011). Der Raubwanze wurde das Blut mit einer Kanüle oder Spritze über Punktion des Abdomens aus dem Magen der Wanze entnommen, in ein Heparin-Röhrchen überführt und bei -20°C aufbewahrt (Voigt et al. 2004).

Diese Methode wurde bereits zur Untersuchung des Energieaufwands bei nektar-saugenden Fledermäusen, zur Hormonanalyse bei Kaninchen und zur Erfassung von Geschlechts- und Stresshormonen bei Hasen eingesetzt (von Helversen und Reyer 1984; Voigt et al. 2003).

Zur Gewinnung der Blutproben bei **Erdmännchen** wurde zunächst ein modifizierter Boden genutzt, der unter die Behausung der Erdmännchen platziert wurde und es den Raubwanzen ermöglichte, ein ruhendes oder schlafendes Tier von unten anzustechen (s. 1.4) (Stadler 2006). Auf diese Weise wurden 13 Blutproben gewonnen. Später wurden die Wanzen zwischen dem ersten und zweiten Laufbeinpaar mit Nähgarn angebunden. Wenn ein Erdmännchen sich als Wächter am Gitter des Geheges exponierte (Abb. 2.2.1.1 B), wurde die Wanze vorsichtig auf den Bauch oder Oberschenkel gesetzt (Abb. 2.5. A). Über das Garn wurde die Wanze schnell aus dem Gehege gezogen, wenn das Erdmännchen diese entdeckte oder die Wanze hinunter fiel. Auf diese Weise wurden sieben Blutproben von „Power“, „Angie“, „Lenny“ und „Carla“ gewonnen. Da „Klumpi“ und „Dumbo“ keine Wachaufgaben übernahmen, kam diese Methode bei ihnen nicht zum Einsatz.

Zur Beprobung der **Weißlippenhirsche** wurden die Wanzen erneut mit Nähgarn festgebunden. Um in die Nähe der Hirsche zu kommen, wurden sie mit Erdnüssen

ans Gitter des Außengeheges gelockt. Es erwies sich als hilfreich, die Wanzen an Schrammen im Fell (Abb. 2.2.2 A) des entsprechenden Tieres zu platzieren, da das Fell recht grob und borstig ist und die Wanzen so deutlich einfacher eine optimale Anstichstelle fanden. Auf diese Weise wurden 37 Blutproben von sieben Weißlippenhirschen gewonnen.



Abb. 2.5: A: Blutentnahme mit Raubwanze beim Erdmännchen „Lenny“; B: Blutentnahme mit Raubwanze beim Weißlippenhirsch

Bei den Versuchen zur Blutprobengewinnung bei den **Diamanttäubchen** wurde zunächst die Raubwanze in einem kleinen Stoffsäckchen verborgen, durch dessen Gewebe die Wanze in der Lage war anzustechen (Abb. 2.5 C). Als nächstes wurden kleine Pappschachteln mit Gaze-überzogenen Fenstern eingesetzt, um zu vermeiden, dass die Wanze gequetscht wird, wenn sich eine der beiden Tauben in das Nest setzt. Zuletzt fand ein künstliches Ei Verwendung (Abb. 2.5 D), welches mit der Knetmasse Fimo im Backofen ausgehärtet wurde. Das Ei war nach oben hin offen und wurde, nach dem Einsetzen der Wanze mit Gaze und einem Klebestreifen verschlossen. Das Ei wurde mit der von Gaze bedeckten Öffnung nach oben im Nest platziert, so dass die Wanze die entsprechende Taube, die sich zum Nisten darauf setzt, von unten anstechen konnte. Bei beiden Variationen nahmen die Nymphen kein Blut auf.

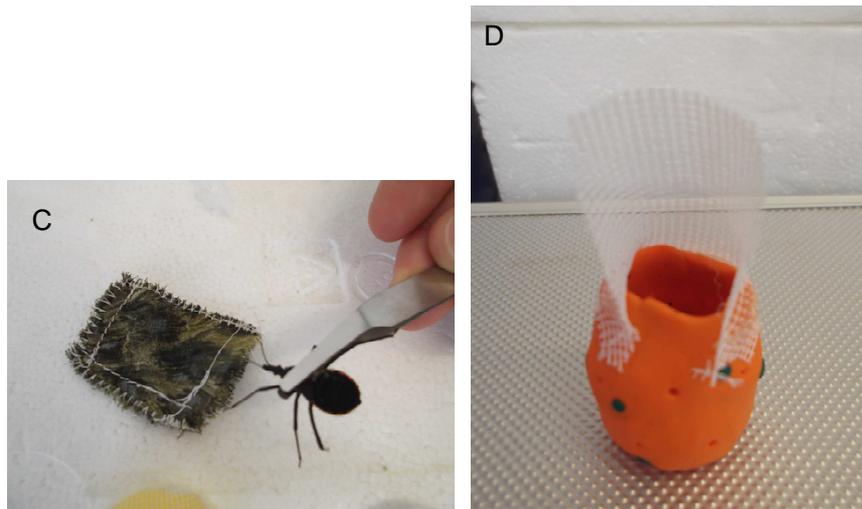


Abb. 2.5: Möglichkeiten zur Platzierung der Raubwanze im Taubennest. C: Stoffsäckchen; D: künstliches Ei

## 2.6 Parasitologische Methoden

Um eine Infektion mit *Isospora* nachzuweisen oder eine genaue Artbestimmung durchzuführen, müssen die Oocysten aus dem Fezes isoliert werden. Dazu eignet sich besonders die Flotationsmethode (Davis 1973; Mehlhorn et al 1986a). Bei der Quantifizierung der Oocysten werden diese auf die Anzahl an Oocysten pro Gramm Kot umgerechnet (Waldenstedt et al. 2000). Beim Auszählen der Oocysten im Fezes von Sperlingsvögeln hat sich die Einheit Oocysten pro Droplet (= Kotballen) als sinnvoll erwiesen, da die Anzahl an im Kot enthaltenen Oocysten in chronisch erkrankten Vögeln konstant bleibt und die Dropletgröße proportional zur Körpergröße des Vogels ist (Dolnik 2006).

Hierfür wurde einen Tag vor Versuchsbeginn eine gesättigte Natriumchlorid-/Zinkchlorid-Lösung angesetzt. Dazu wurden 310g NaCl und 220g ZnCl<sub>2</sub> in 800ml Reinstwasser mit einem Magnetrührer über Nacht gelöst. Ein Teil der Kotprobe wurde abgewogen und in 50ml der gesättigten NaCl-/ZnCl<sub>2</sub>-Lösung mit einem Mörser verrührt, bis eine relativ homogene Suspension vorlag. Anschließend wurde die Suspension über ein Kaffeesieb (Maschenweite 250-300µm) in ein 50ml Zentrifugenröhrchen überführt und bei 1200-1250g für sieben Minuten zentrifugiert. Aufgrund der relativen Dichte der Lösung und der geringeren Dichte der Überdauerungsstadien trieben sie nach oben an die Oberfläche der Lösung. An-

schließlich wurde statt einer Drahtöse (Mehlhorn et al. 1986a) sehr vorsichtig ein Deckgläschen auf die Oberfläche der Lösung gelegt (Abb. 2.6) (Stadler 2006). Die Parasiten-Überdauerungsstadien wurden über Adhäsionskräfte an die Fläche des Deckgläschens gebunden. Nach  $\geq 30$  Minuten wurde das Deckgläschen vorsichtig auf einen Objektträger überführt und unter dem Mikroskop bei 400facher Vergrößerung auf Parasiten hin kontrolliert und ausgezählt. Die Anzahl der Parasiten wurde pro Gramm Kot bzw. Kotballen bei den Tauben umgerechnet. Wenn sehr viele Parasiten an das Deckgläschen gebunden waren, wurden 40 Gesichtsfelder oder neun Gesichtsfeldreihen ausgezählt und auf das gesamte Deckgläschen hochgerechnet. Zur Validierung dieser Einschränkung wurden fünfmal 40 Gesichtsfelder desselben Präparats ausgezählt und die Werte verglichen.

Für die Bestimmung der Parasiten wurden diese mit dem Fotomikroskop aufgenommen und mit Hilfe von Bestimmungsschlüsseln und Abbildungen aus der Literatur bestimmt (Mehlhorn et al. 1986b, c, d; Levine 1985). Zur Absicherung wurden außerdem isolierte Parasiten der Erdmännchen und Weißlippenhirsche im Zentralen Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr in Koblenz von Oberstleutnant Dr. Patrick L. Scheid identifiziert. Außerdem wurden die Charakteristika der Parasiten von Dr. Nora Medrano-Mercado der Universidad Mayor de San Simon, Bolivien sowie Dipl.-Biol. Charles Soukou überprüft.

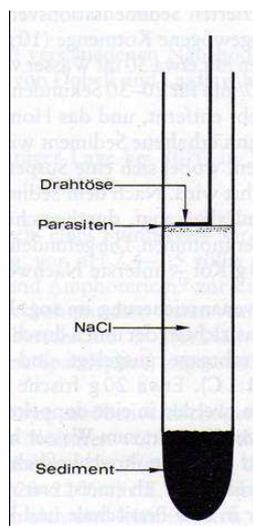


Abb. 2.6: Flotationsmethode (Mehlhorn 1986a)

Beim **Validierungsversuch** zum Auszählen der Oocysten wurde überprüft, wie aussagekräftig die Auszählung von 40 Gesichtsfeldern gegenüber der Auszählung des gesamten Deckglases ist. Außerdem wurde bei zehn Proben à 3g aus einem Hirschkothaufen die Anzahl der *Isospora*-Oocysten verglichen, um zu überprüfen, ob die Oocysten eventuell ungleich im Kothaufen verteilt sind.

## 2.7 Analysen der Stresshormone

Zur Analyse der Stresshormonmetabolite im Kot und der Stresshormone (Corticosteron) im Blut wurden die entsprechenden Proben zur Veterinärmedizinischen Universität Wien gesandt. Bei den Proben der Erdmännchengruppe wurde darauf geachtet, dass es sich um Proben von besonders ereignisreichen bzw. stressreichen Tagen handelte, wie z. B. beim Versuch von einem Teil der Gruppe, das Alpha-Weibchen „Angie“ zu töten. Da innerhalb der Beprobungszeit der Weißlippenhirsche keine besonderen stressreichen Ereignisse auffielen, wurden die Proben zufällig ausgewählt.

## 2.8 Auswertungen der Daten

Die Verhaltensanalysen wurden bei den Erdmännchen und Weißlippenhirschen für ein Ethogramm und ein Soziogramm verwendet (Abb. 2.8), und so eine Rangfolge innerhalb der Gruppe ermittelt. Bei dem Soziogramm werden bestimmte Interaktionen zwischen Individuen durch Pfeile wiedergegeben, wobei die Dicke des Pfeils die Häufigkeiten der Verhaltensweise pro Zeiteinheit wiedergibt. Dabei lag besonderes Augenmerk auf Verhaltensweisen, die eine Dominanz bzw. eine Unterwürfigkeit von Tieren ausdrückt.

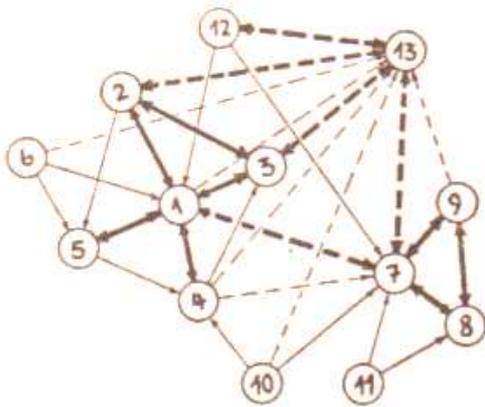


Abb. 2.8: Auszug aus einem Soziogramm (Höhn und Seidel 1976)

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen zwei Mittelwerten nebst Standardabweichung der parasitologischen Ergebnisse, z. B. die Parasitierung des Alpha-Tiers gegenüber einem Jungtier, wurde über den  $t$ -Test (nach Student) ermittelt (Vogt 1994). Ein signifikanter Unterschied lag vor, wenn das Signifikanzniveau  $p \leq 0,05$  war.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Ergebnisse der Verhaltensaufnahme

##### 3.1.1 Häufigkeiten Rangordnungs-relevanter Verhaltensweisen der Erdmännchengruppe

Zur Ermittlung der Rangordnung über die Scan Sampling-Methode dienten v. a. die Verhaltensweisen des Drohens, Aufrichtens, Wegschiebens, Duckens, Allogroomings, Markieren und des Wachens, da sie täglich relativ häufig erfolgten. Verhaltensweisen wie das „Umgreifen von hinten“ oder „Kopulationsversuche“ wurden kaum bzw. gar nicht beobachtet und somit nicht für die Rangordnung berücksichtigt.

In den insgesamt 30 Stunden Beobachtungszeit führten „Power“ mit 27 und „Angie“ mit 22 Drohungen die meisten Drohgesten aus und mussten die wenigsten Drohgesten hinnehmen (Abb. 3.1.1). Am wenigsten drohten „Lenny“ und „Dumbo“ mit acht und „Carla“ mit drei Drohungen, und am meisten wurden „Klumpi“ und „Dumbo“ bedroht. Dabei erfolgten die wenigsten Drohungen zwischen dem Zwillingspaar „Lenny“ und „Carla“ und die meisten zwischen „Power“ und „Klumpi“. Das „Aufrichten“ als Dominanzgeste wurde von den Verhaltensweisen, die zur Ermittlung der Rangordnung genutzt wurden, am seltensten beobachtet. „Klumpi“ richtete sich am häufigsten auf und v. a. gegen „Dumbo“, und gegen „Carla“ war diese Geste seltener gerichtet.

Als Dominanzgeste wurde am häufigsten von „Angie“ weg geschoben, gefolgt von „Klumpi“, wobei meistens „Dumbo“ weg geschoben wurde (Abb. 3.1.1). Im Rahmen der Unterwerfung duckten sich meistens „Klumpi“ und „Lenny“, die sich beide 35-mal duckten, gefolgt von „Carla“ und „Dumbo“. Dieses Verhalten trat 62-mal und damit am häufigsten gegenüber „Angie“ auf, gefolgt von „Power“ und „Klumpi“ (Abb. 3.1.1). Das gegenseitige Groomen (Allogrooming) als Komfortverhalten trat 15-mal und am häufigsten zwischen „Klumpi“ und „Angie“ auf, wobei es stets von „Klumpi“ ausging. Insgesamt empfing „Angie“ meistens das Groomverhalten und „Klumpi“ und „Carla“ mit drei Groomingaktionen am seltensten (Abb. 3.1.1).

Als Zeichen der Dominanz markierte „Angie“ 55-mal. Sie markierte somit am häu-

figsten mit der Anal- oder Wangendrüse, gefolgt von Power. Die anderen Mitglieder markierten hingegen kaum oder gar nicht (Abb. 3.1.1). Da das Verhalten des Aufrichtens eher selten auftrat, wurde auf die graphische Darstellung verzichtet (Tab. 3.1.1). Dies erfolgte etwas häufiger bei „Klumpi“. Als Indikator eines niedrigen Ranges wachte meistens „Carla“, sowohl am Gitter und am Boden, als auch auf dem Dach der Unterkunft bzw. Schlaf- und Raststätte. Sie wachte 40-mal, gefolgt von „Power“ und „Lenny“. „Angie“ wurde keimale beim Wachen beobachtet (Abb.3.1.1).

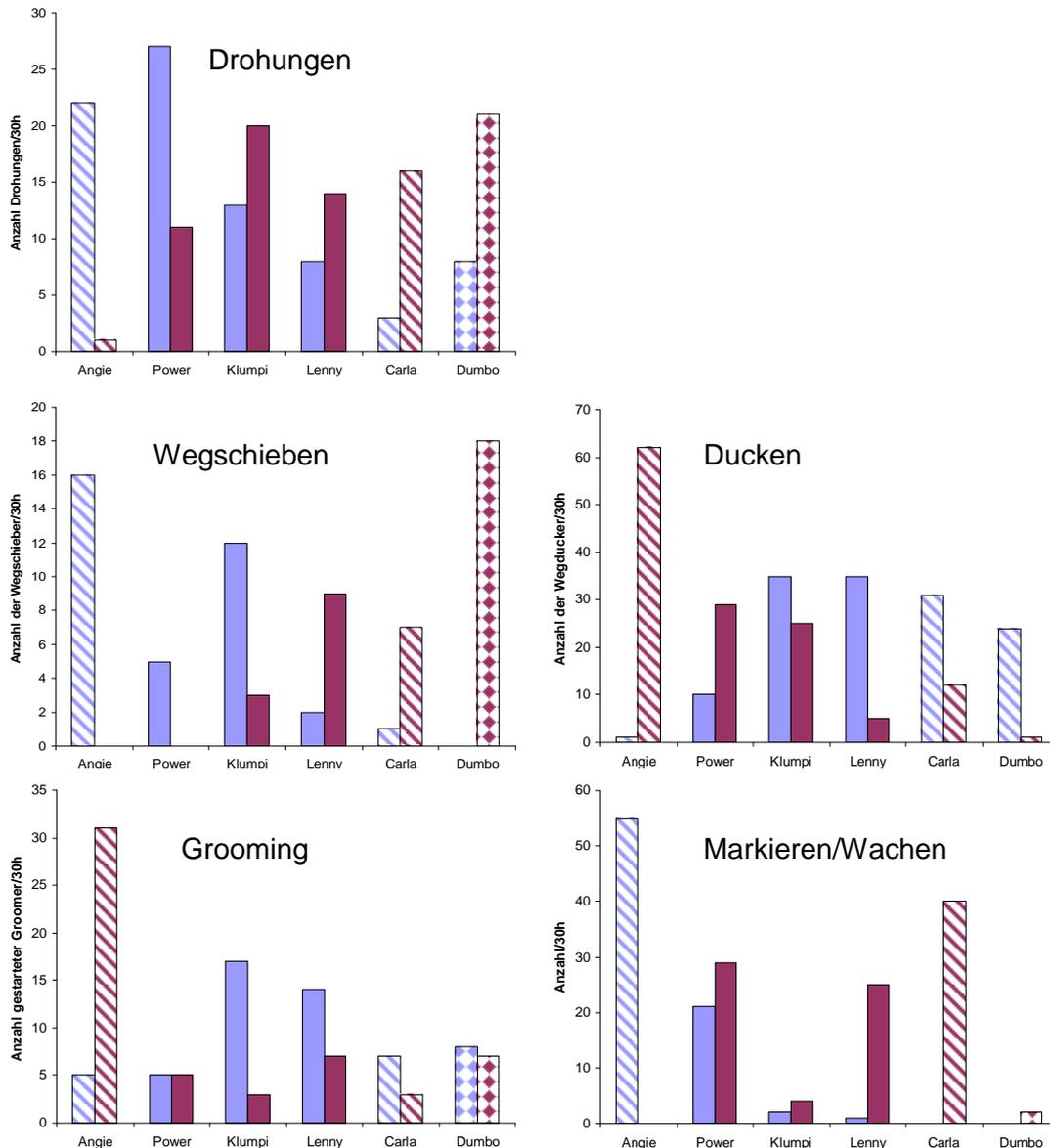


Abb. 3.1.1: Anzahl ausgeführter (blau) und hingenommener (lila) Drohungen; Anzahl ausgeführter (blau) und hingenommener (lila) Wegschieb-Verhaltensweisen; Anzahl ausgeführter (blau) und hingenommener (lila) Ducker; Anzahl der ausgeführten (blau) und erhaltener (lila) Groomingaktionen; Anzahl des Markierens (blau) und Wachens (lila). Ohne Schraffur: Männchen; schraffiert: Weibchen; kariert: Jungtier

Tab 3.1.1: Anzahl der Verhaltensweise des Aufrichtens in 30h

	Aufrichten durch					
	Angie	Power	Klumpi	Lenny	Carla	Dumbo
Angie		0	0	0	0	0
Power	0		0	0	0	0
Klumpi	0	0		0	0	0
Lenny	0	0	0		0	0
Carla	1	0	2	0		0
Dumbo	0	2	3	1	1	

### 3.1.2 Rangordnung und Soziogramm der Erdmännchengruppe

Über die Häufigkeiten der ausgeführten und hingenommenen, für die Rangordnung relevanten Verhaltensweisen ergab sich folgende Rangordnung innerhalb der Erdmännchengruppe (Tab.3.1.2).

Tab. 3.1.2: Rangordnung der einzelnen Verhaltensweisen innerhalb der Erdmännchengruppe

Verhalten		Rang					
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\epsilon$	Z
<b>Drohgesten</b>	ausgeführt	Power	Angie	Klumpi	Lenny	Carla	
					Dumbo		
	empfangen	Angie	Power	Lenny	Carla	Klumpi	Dumbo
<b>Wegschieben</b>	ausgeführt	Angie	Klumpi	Power	Lenny	Carla	Dumbo
					Dumbo		
	empfangen	Angie	Klumpi	Carla	Lenny	Dumbo	
<b>Ducken</b>	ausgeführt	Power			Dumbo		
		Angie	Power	Dumbo	Carla	Klumpi	
					Lenny		
	empfangen	Angie	Power	Klumpi	Carla	Lenny	Dumbo
<b>Markieren</b>		Angie	Power	Klumpi	Carla	Lenny	Dumbo

Im Rahmen der Dominanzgesten drohte „Angie“ hinter „Power“ am häufigsten. Sie schob meistens weg und duckte sich am wenigsten vor anderen Tieren. Außerdem markierte sie am häufigsten. „Angie“ empfing die wenigsten Drohgesten und wurde zusammen mit „Power“ am wenigsten weg geschoben. Des Weiteren wurde sie am häufigsten gegenüber „Angie“ geduckt (Tab. 3.1.2). Bei „Angie“ handelte es sich demnach um das Alpha-Tier ( $\alpha$ ) der Erdmännchengruppe. „Power“ drohte am

häufigsten, lag jedoch bei den ausgeführten Wegschiebern an dritter Stelle hinter „Angie“ und „Klumpi“. Er duckte sich nach „Angie“ am seltensten weg und markierte hinter „Angie“ am häufigsten. „Power“ empfing nach „Angie“ die wenigsten Drohgesten und wurde zusammen mit „Angie“ am wenigsten weg geschoben. Die anderen Tiere duckten sich vor ihm nach „Angie“ am häufigsten weg (Tab 3.2.1). „Power“ war innerhalb der Hierarchie eindeutig das Beta-Tier ( $\beta$ ), das zusammen mit „Angie“ das Königspaar bildete.

„Klumpi“ drohte hinter dem Königspaar am häufigsten und schob hinter „Angie“ am meisten weg. Er duckte sich jedoch zusammen mit „Lenny“ am meisten vor anderen Tieren. Er markierte hinter dem Königspaar am häufigsten, empfing allerdings nach „Dumbo“ die meisten Drohgesten. Die anderen Tiere duckten sich vor ihm – abgesehen vom Königspaar – am häufigsten weg. „Klumpi“ war also innerhalb der Hierarchie an dritter Stelle der Erdmännchengruppe und bildete das Gamma-Tier ( $\gamma$ ).

Das Zwillingsspaar „Lenny“ und „Carla“ lag in der Hierarchie sehr eng beieinander. „Lenny“ drohte und schob häufiger weg. Er duckte sich jedoch häufiger vor anderen Tieren weg, markierte aber öfter als „Carla“. „Lenny“ wurde seltener bedroht als „Carla“, empfing aber mehr Wegschieber und „Lenny“ gegenüber wurde sich seltener weg geduckt, als gegenüber „Carla“. Dennoch war „Lenny“ von beiden das ranghöhere Tier, da er mehr drohte als „Carla“. Deshalb wurde er als Delta-Tier ( $\delta$ ) und „Carla“ als Epsilon-Tier ( $\epsilon$ ) klassifiziert.

Das rangniederste Zeta-Tier ( $\zeta$ ) war somit das Jungtier „Dumbo“, der nach „Carla“ am wenigsten drohte und am seltensten andere Tiere weg schob. Zusammen mit „Lenny“ duckte er sich meistens weg und markierte zu keiner Zeit. Gleichzeitig wurde „Dumbo“ am häufigsten bedroht und weg geschoben und ihm gegenüber wurde sich am wenigsten weg geduckt.

Die Rangordnung der Erdmännchengruppe lautete demnach:

Angie > Power > Klumpi > Lenny > Carla > Dumbo

Die Rangordnung korrelierte mit den körperlichen Eigenschaften der Tiere. So war „Angie“ deutlich größer als das andere Weibchen „Carla“ und körperlich unverseht. „Power“ war deutlich das kräftigste Erdmännchen und ebenfalls körperlich unverseht. „Klumpi“ war wiederum etwas kräftiger als „Lenny“. „Carla“ und „Lenny“ hatten eine ähnliche Statur, sie lagen innerhalb der Rangordnung sehr nah beieinan-

der „Dumbo“ war als Jungtier am kleinsten. Neben der Körpergröße spiegelten Verstümmelungen die Rangfolge wider. „Lenny“, „Carla“ und „Dumbo“ fehlte der Schwanz, und „Klumpis“ rechter Fuß war verstümmelt.

Auch das Soziogramm bestätigte die über das Ethogramm erkennbare Rangordnung (Abb. 3.1.2). Hierbei wurde dominantes Verhalten durch rote und unterwürfiges Verhalten durch blaue Pfeile repräsentiert (Abb. 3.1.4).

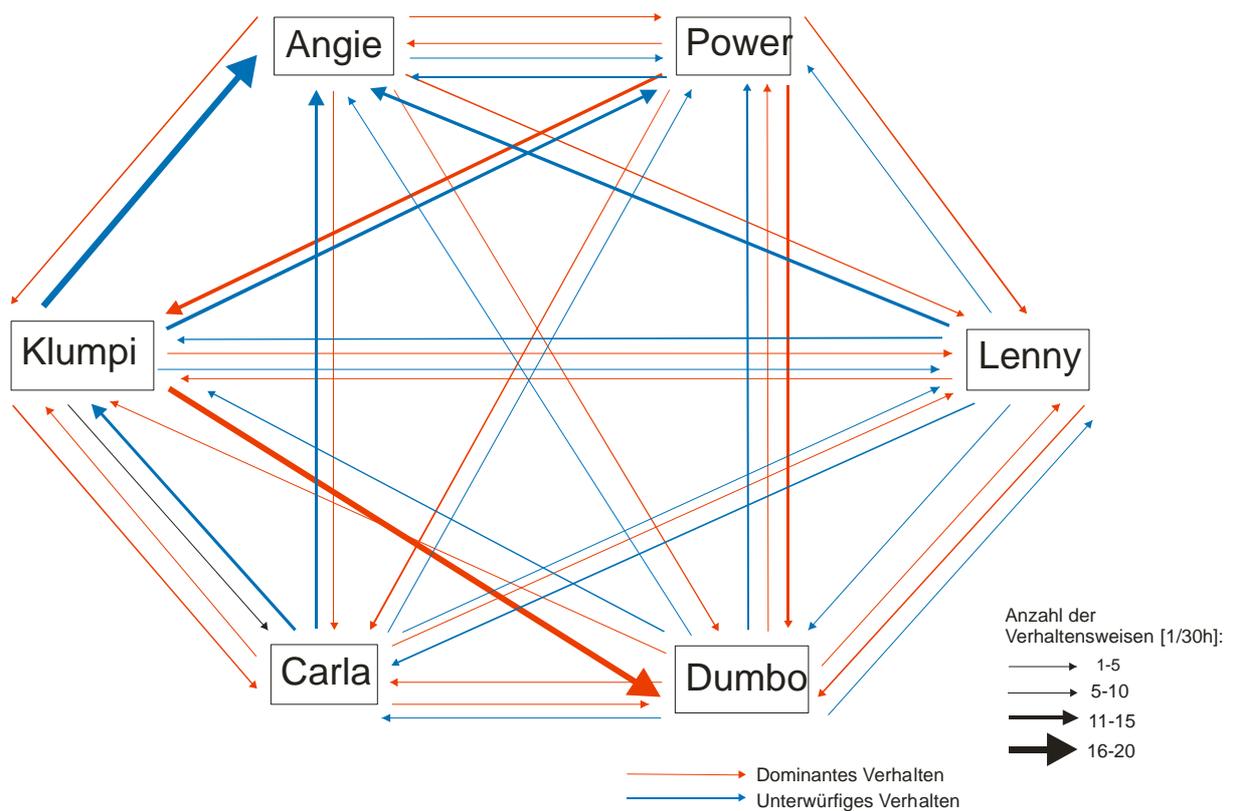


Abb. 3.1.2: Soziogramm der Erdmännchengruppe des Zoologischen Gartens Wuppertal

### 3.1.3 Rangordnungs-relevante Verhaltensweisen der Weißlippenhirschgruppe

Zur Erstellung der Rangordnung wurden folgende Verhaltensweisen als relevant klassifiziert und protokolliert (Tab. 3.1.3).

Tab. 3.1.3: Für die Rangordnung der Weißlippenhirsche relevante Verhaltensweisen

Verhaltenselemente	Sammelemente	Elemente	Varianten
Territorialverhalten	Markieren	Mit Augendrüse	
Dominanzverhalten	Aggressives Verhalten	Wegschieben	vom Futterplatz von willkürlichem Ort
Komfortverhalten	Pflegeverhalten	Beißen Putzen	Autogrooming Allogrooming

Für die Rangordnung wurden die Verhaltensweisen „Wegschieben“ und „Beißen“ als Dominanzverhalten zusammengefasst, da das „Beißen“ eher selten auftrat und es meist dem gleichen Zweck diente, den Kontrahenten vom Futterplatz zu vertreiben. Unterwürfiges Verhalten lag selten vor, außer der „Flucht“ als Reaktion auf aggressives Verhalten des Kontrahenten. Dies wurde im Dominanzverhalten einbezogen.

Zur Ermittlung der Rangordnung über die Scan Sampling-Methode waren aggressive Gesten des Wegschiebens und Beißens sowie das soziale Verhalten des Allogroomings entscheidend. Nur der junge Bock „Mirko“ markierte einmal einen Ast des Holzhaufens mit seiner Augendrüse. Generell fielen die Beobachtungsperioden ereignisarm aus, was die für die Rangordnung relevanten Verhaltensweisen betraf. So ruhten, schliefen oder wiederkäuten die Tiere einen großen Teil der Beobachtungszeit. Beim Äsen an den Heuraufen wurden die meisten relevanten Verhaltensweisen aufgenommen, die meist darin bestanden, den Kontrahenten von der Futterstelle zu vertreiben. Dies erfolgte meist in Form des Wegschiebens und eher selten als Beißen. Das Grooming als soziale Interaktion und Komfortverhalten untereinander erfolgte durch gegenseitiges Putzen oder durch Auflegen des Kopfes auf den Rücken eines anderen Gruppenmitgliedes.

Meistens führte „Wuppi“ Dominanzgesten aus. Es folgten „Kerbe“, „Berlinerin“ und „Rotterdamerin“ und letztendlich „Mirko“. Bei beiden Jungtieren trat dieses Verhalten nicht auf. Bei den hingegenommenen Dominanzgesten, meist in Form des Vertreibens von den Heuraufen, musste der junge Bock „Mirko“ 30 und somit die meisten dieser Gesten hinnehmen. Es folgten mit deutlichem Abstand „Wuppi“,

„Rotterdamerin“ und „Jungtier 1“, die sehr eng beieinander lagen und letztlich „Berlinerin“, „Kerbe“ und „Jungtier 2“, die mit drei empfangenen Drohgesten auf einem Niveau lagen. Am häufigsten ging aggressives Verhalten von „Wuppi“ aus und war bei 16 von 17 aggressiven Gesten fast immer gegen „Mirko“ gerichtet. „Mirko“ war niemals gegen eine der Kühe aggressiv. Die beiden Jungtiere schoben lediglich einmal untereinander (Abb. 3.1.3 A).

Beim Pflegeverhalten des Allogroomings war meistens „Kerbe“ aktiv. Es folgten mit etwas Abstand „Wuppi“, „Mirko“ und anschließend „Berlinerin“ und „Rotterdamerin“, welche in ihrer Häufigkeit der gestarteten Groomingaktionen eng beieinander lagen. Die beiden Jungtiere unternahmen kein Grooming. Sechsmal und somit am meisten waren Groomingaktionen an „Berlinerin“ gerichtet, gefolgt von „Jungtier 1“ und dann „Kerbe“. Alle drei Tiere lagen wiederum in ihren Häufigkeiten nah beieinander. Zwei und somit etwas weniger Groominginteraktionen waren an „Wuppi“ und „Jungtier 2“ adressiert und „Rotterdamerin“ lag auch noch etwas dahinter. Auffällig war, dass der junge Bock nicht gegroomt wurde. Meistens groomten sich „Berlinerin“ und „Kerbe“ (Abb. 3.1.3 B).

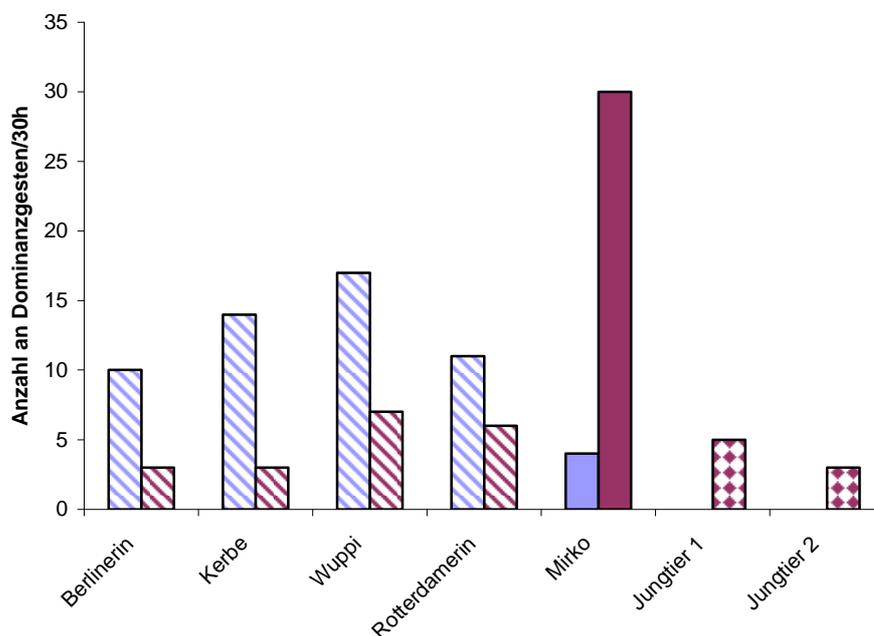


Abb. 3.1.3 A: Anzahl ausgeführter (blau) und hingenommener (lila) Dominanzgesten innerhalb der Weißlippenhirschgruppe. Ohne Schraffur: Männchen; schraffiert: Weibchen; kariert: Jungtier

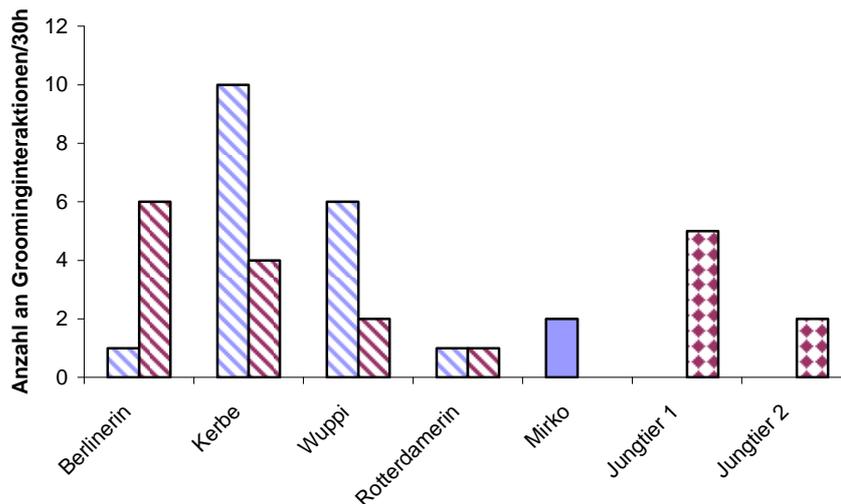


Abb. 3.1.3 B: Anzahl ausgeführter (blau) und empfangener (lila) Groomingaktionen innerhalb der Weißlippenhirschgruppe. Ohne Schraffur: Männchen; schraffiert: Weibchen; kariert: Jungtier

### 3.1.4 Rangordnung und Soziogramm der Weißlippenhirsche

Besonders die Häufigkeit empfangener und ausgeführter aggressiver Verhaltensweisen erlaubte eine Auflistung der Hirsche in einer Rangordnung. Die vier Hirschkühe unterschieden sich in ihrem Rang nur wenig. Deshalb muss ihr Verhalten separat verglichen werden. „Berlinerin“ und „Kerbe“ wurden gleich häufig dominiert, „Kerbe“ dominierte jedoch häufiger als „Berlinerin“. Untereinander hat „Kerbe“ die „Berlinerin“ einmal mehr dominiert (Tab. 3.1.4). Letztere groomte dreimal mit „Kerbe“, umgekehrt „Kerbe“ nur einmal mit „Berlinerin“. Letztlich lag „Kerbe“ also in der Hierarchie vor „Berlinerin“. „Rotterdamerin“ zeigte sich innerhalb der vier Kühe lediglich gegen „Wuppi“ aggressiv, wurde aber gleichzeitig von „Berlinerin“ und „Kerbe“ dominiert. „Rotterdamerin“ lag somit in der Hierarchie vor „Wuppi“, jedoch hinter „Berlinerin“ und „Kerbe“ (Tab. 3.1.4). „Wuppi“ zeigte zwar am häufigsten aggressives Verhalten, dominierte dabei aber meist „Mirko“. Sie wurde innerhalb der vier Hirschkühe meistens dominiert. „Wuppi“ dominierte nur einmal „Kerbe“, wurde jedoch von allen anderen Kühen dominiert. „Wuppi“ lag also in der Hierarchie vor „Mirko“ und den beiden Jungtieren, bildete aber das letzte Glied innerhalb der Kühe (Tab. 3.1.4). Demnach war „Kerbe“ das Alpha-Tier ( $\alpha$ ), „Berlinerin“ das Beta-Tier ( $\beta$ ), „Rotterdamerin“ das Gamma-Tier ( $\gamma$ ) und „Wuppi“ das Delta-Tier ( $\delta$ ).

Die beiden Jungtiere lagen in der Rangordnung hinter den vier Kühen sehr nah

beieinander und vor dem jungen Bock. Sie wurden deutlich weniger dominiert und öfter gegroomt. Da „Jungtier 1“ einmal „Jungtier 2“ dominierte, wurden sie als Epsilon-Tier ( $\epsilon$ ) bzw. Zeta-Tier( $\zeta$ ) klassifiziert. Der junge Bock lag in der Rangordnung hinter allen anderen Tieren. So wurde „Mirko“ meistens dominiert und niemals gegroomt. Keine seiner aggressiven Verhaltensweisen war gegen eine der Hirschkühe gerichtet (Tab. 3.1.4). Er war somit das Eta-Tier ( $\eta$ ).

Tab. 3.1.4: Rangordnung der einzelnen Verhaltensweisen innerhalb der Weißlippenhirschgruppe

Verhalten		Rang						
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\epsilon$	$\zeta$	$\eta$
<b>Dominanzgesten</b>	ausgeführt	Wuppi	Kerbe	Rotterdamerin	Berlinerin	Mirko	Jungtier 1	Jungtier 2
	empfangen	Kerbe	Jungtier 1	Rotterdamerin	Wuppi	Mirko		
		Berlinerin						
		Jungtier 2						
<b>Grooming</b>	ausgeführt	Kerbe	Wuppi	Mirko	Rotterdamerin	Jungtier 2		
	empfangen	Berlinerin	Jungtier 1	Kerbe	Wuppi	Rotterdamerin	Mirko	
					Jungtier 2			

Somit ergab sich für die Weißlippenhirschgruppe folgende Rangordnung:

Kerbe > Berlinerin > Rotterdamerin > Wuppi > Jungtier 1 > Jungtier 2 > Mirko

Das Soziogramm der Gruppe der Weißlippenhirsche (Abb. 3.1.4), bei dem aggressives bzw. dominantes Verhalten durch rote Pfeile und das Pflegeverhalten des Groomens durch gelbe Pfeile wiedergegeben wird, verdeutlicht diese Hierarchie.

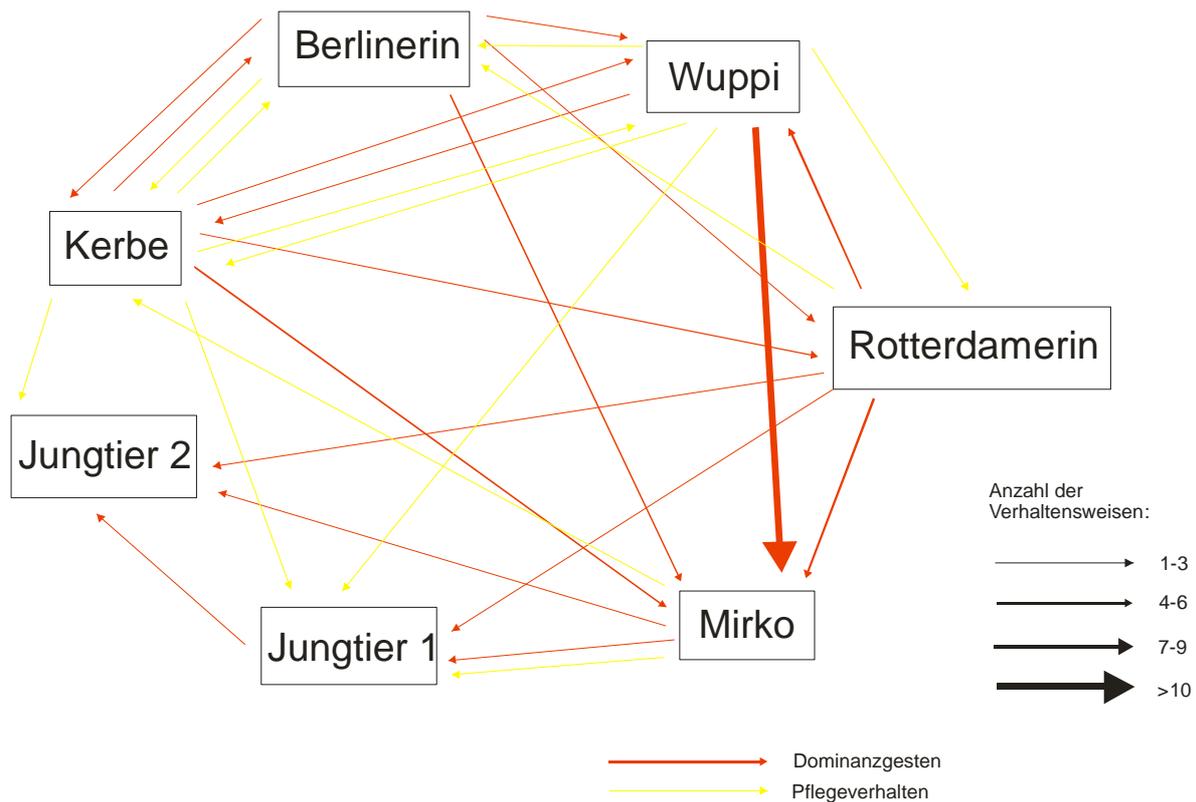


Abb. 3.1.4: Soziogramm der Weißlippenhirsche des Zoologischen Gartens Wuppertal

## 3.2 Ergebnisse zur Parasitierung

### 3.2.1 Parasitierung der Erdmännchengruppe

Der Parasitenbefall der Erdmännchengruppe wurde mit Proben vom Januar 2011 und 2012 untersucht. Einen Monat später trat 2012 oft aggressives Verhalten innerhalb der Erdmännchengruppe auf und führte zur erneuten Sammlung von Proben. Es wurden ausschließlich *Isospora*-Oocysten gefunden (Abb. 3.2.1 A), keine anderen Coccidien oder Helminthen.

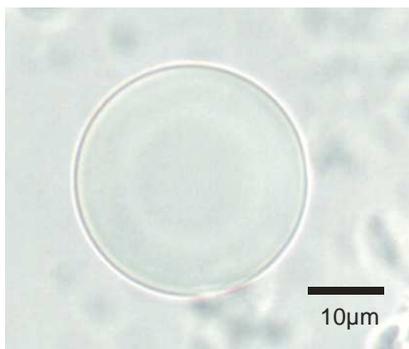


Abb. 3.2.1 A: unsporulierte *Isospora*-Oocyste aus der Kotprobe von Lenny vom 07.03.2012

Um zu überprüfen, ob die Parasitierung der einzelnen Individuen mit der Rangordnung korrelierte, wurden zunächst 50 Kotproben vom Januar **2011** über die Flotationsmethode auf Parasiten untersucht und der Befall quantifiziert (Kapitel 2.6). Die mittlere Parasitierung der einzelnen Individuen war beim ranghöchsten Tier „Angie“ mit 3.388 Oocysten/g Kot am niedrigsten und beim rangniedersten Tier „Dumbo“ mit 117.612 Oocysten/g Kot mit großem Abstand am höchsten. Nach „Dumbo“ hatte „Carla“ die höchste mittlere Parasitierung. Bei „Lenny“, „Klumpi“ und „Power“ war die mittlere Parasitierung zunehmend geringer. Mit abnehmendem Rang der Tiere stieg demnach die individuelle mittlere Parasitierung der Tiere (Abb. 3.2.1 B).

Der statistische Vergleich der mittleren Parasitierungen der einzelnen Gruppenmitglieder zeigte aber – mit Ausnahme des Vergleiches von „Angie“ und „Lenny“ ( $p=0,037$ ) – keine signifikanten Unterschiede. Sehr hohe Standardabweichungen entstanden durch sehr hohe Schwankungen der Parasitierung der einzelnen Tiere. So wies beispielsweise „Dumbo“ eine minimale bzw. maximale Parasitierung von 8.526 bzw. 412.460 Oocysten/g Kot auf. Mehr oder minder starke Schwankungen der individuellen Parasitierung im Laufe des Beprobungszeitraums traten bei allen Erdmännchen auf (Abb. 3.2.1 C, D).

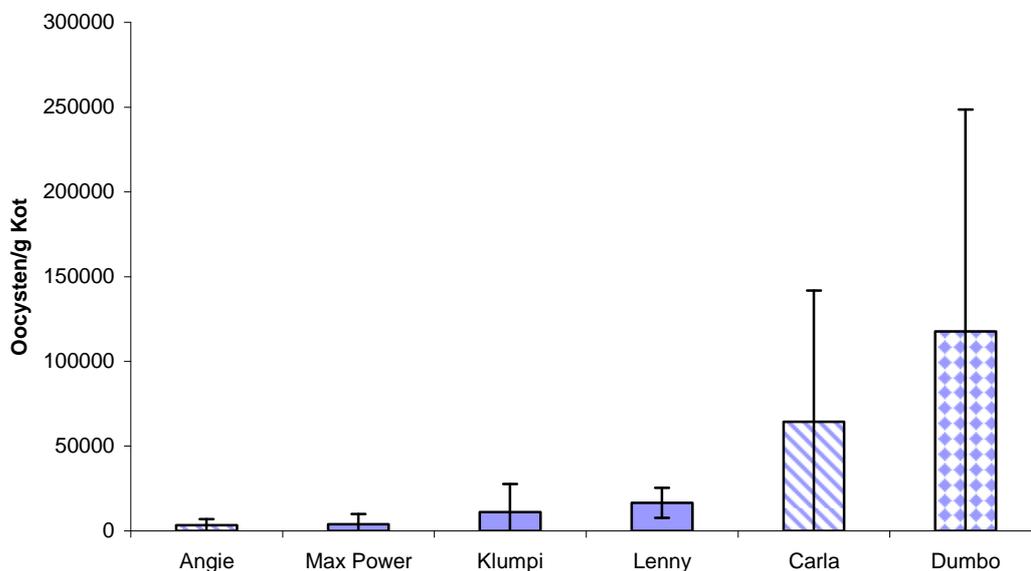


Abb. 3.2.1 B: Mittlere Parasitierungen der Mitglieder der Erdmännchengruppe mit *Isoospora* sp. im Januar 2011. Ohne Schraffur: Männchen; schraffiert: Weibchen; kariert: Jungtier

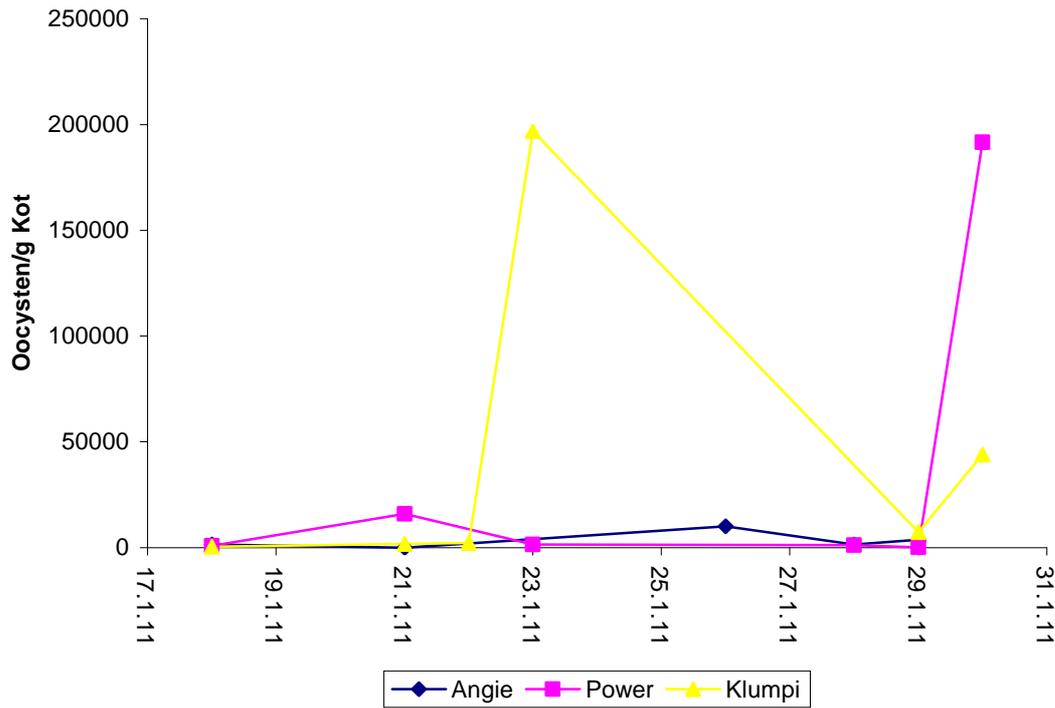


Abb. 3.2.1 C: Verlauf der individuellen Parasitierungen der Erdmännchen „Angie“, „Power“ und „Klumpi“

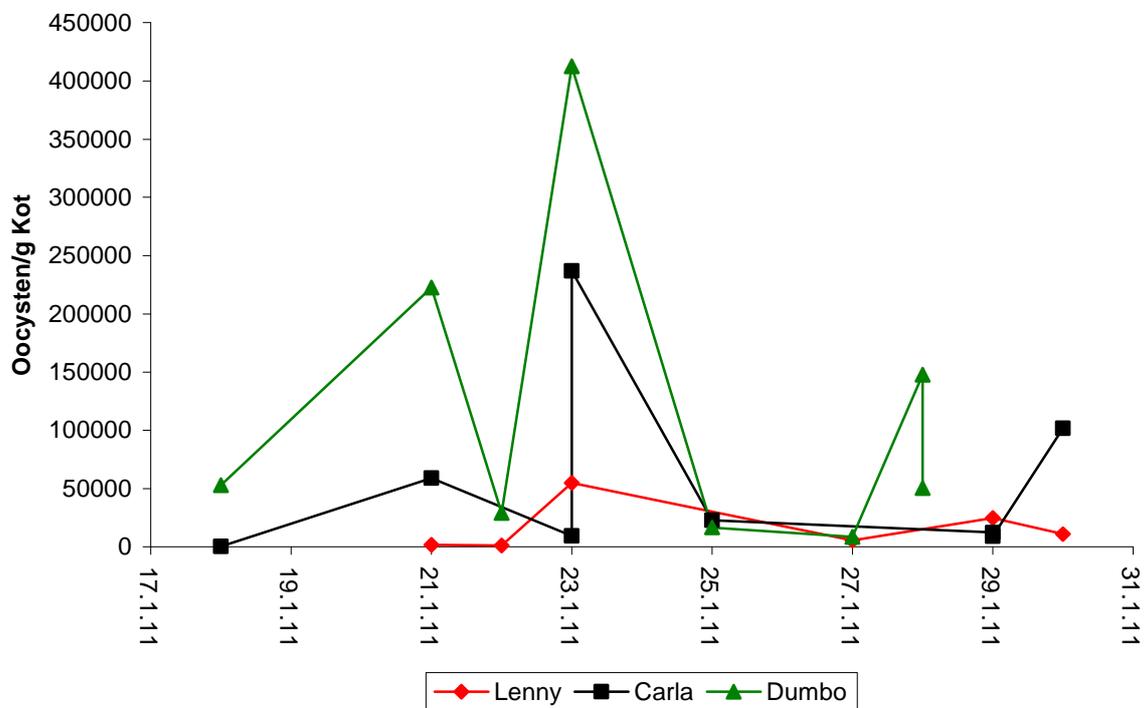


Abb. 3.2.1 D: Verlauf der individuellen Parasitierungen der Erdmännchen „Lenny“, „Carla“ und „Dumbo“

Anfang **2012** wurde die Beprobung der Erdmännchen wiederholt. Bei der zweiten Beobachtungsperiode lag ein besonderes Augenmerk auf dem Jungtier „Dumbo“. Da es 2011 eine deutlich höhere Parasitierung aufwies als der Rest der Gruppe, wurde eine altersabhängige Abschwächung der Parasitierung überprüft. Auch 2012 wurden ausschließlich *Isospora*-Oocysten im Kot der Erdmännchen gefunden.

Die mittlere Parasitierung der Gruppenmitglieder im Januar 2012 war – ohne Einbezug stressreicher Ereignisse – tendenziell beim Königspaar am geringsten. So lag bei „Power“ mit 669 Oocysten/g Kot die geringste Parasitierung vor, dahinter lag „Angie“. Dann folgte „Carla“. Sie wies entgegen der Rangordnung mit 1.832 Oocysten/g Kot einen Trend der niedrigsten Parasitierung hinter dem Königspaar auf. „Klumppi“ hatte ungefähr gleich viele Oocysten im Kot wie „Lenny“, jedoch mehr als das Königspaar und „Carla“. Dumbo wies innerhalb der Gruppe mit 14.361 Oocysten/g Kot eine höhere Parasitendichte als „Lenny“ auf und hatte somit tendenziell die höchste mittlere Parasitierung mit *Isospora* sp. (Abb. 3.2.1 E). Dabei lag nie statistische Signifikanz zwischen den mittleren Parasitierungen von „Angie“ und „Carla“ ( $p=0,029$ ), „Power“ und „Klumppi“ ( $p=0,042$ ) und „Power“ und „Carla“ ( $p=0,002$ ) vor.

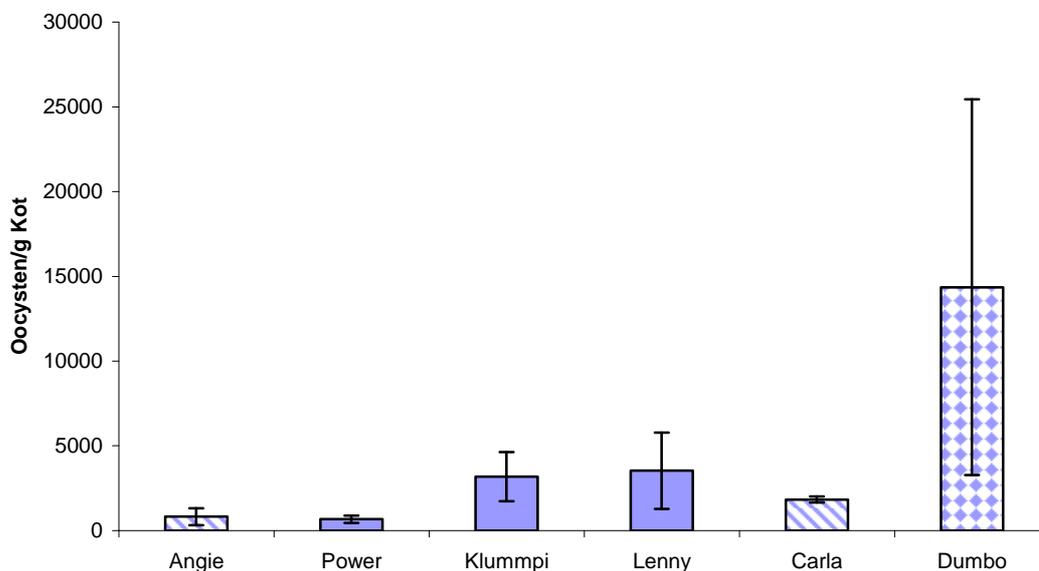


Abb.

3.2.1 E: Mittlere Parasitierung der Mitglieder der Erdmännchengruppe mit *Isospora* sp. im Januar 2012. Ohne Schraffur: Männchen; schraffiert: Weibchen; kariert: Jungtier

Am 28.02.2012 fand das erste stressreiche Ereignis statt. In der Mittagszeit fingen „Angie“ und „Carla“ an zu kämpfen. Dies kommt gelegentlich im Rahmen von Hierarchiekämpfen vor, ist aber in der Regel schnell wieder vorbei. „Carla“ biss sich jedoch im Laufe des Kampfes in den Halsbereich von „Angie“ fest. Es griffen dann noch „Klumpi“ und „Dumbo“ in den Kampf ein und bissen ebenfalls immer wieder in die Halsgegend von „Angie“. Dieser Kampf dauerte etwa zehn Minuten und hätte vermutlich ohne Eingreifen des Tierpflegepersonals tödlich für „Angie“ geendet. „Angie“ lag nach dem Kampf blutend am Boden und erholte sich nach tierärztlicher Behandlung und Separation zusammen mit „Power“ vom Rest der Gruppe jedoch schnell wieder.

Bei allen Individuen der Erdmännchengruppe, mit Ausnahme von „Dumbo“, waren nach dem Kampf zwischen „Angie“ und „Carla“ die mittleren Parasitierungen angestiegen (Abb. 3.2.1 F). Besonders bei „Angie“ schien die Parasitierung nach dem Kampf und der anschließenden Trennung stärker zu sein, wobei sich beide Intensitäten statistisch nicht signifikant unterschieden (Abb. 3.2.1 F). Bei „Angie“ stieg die Anzahl an Parasiten von 821 auf 58.807 Oocysten/g Kot an. Bei der anderen Hauptprotagonistin des Kampfes, „Carla“, lag nach dem Kampf ein deutlicher Anstieg der individuellen mittleren Parasitierung vor, die sich statistisch signifikant von der Parasitierung vor dem Kampf unterschied ( $p=0,039$ ). Die Parasitierung stieg bei ihr von 1.832 auf 9.898 Oocysten/g Kot an. Bei anderen Tieren mit einem offensichtlich deutlichen Anstieg der individuellen mittleren Parasitierung nach dem Kampf lag keine statistische Signifikanz der Differenz vor (Abb. 3.2.1 F).

Am 14.03.2012 fand das nächste stressreiche Ereignis statt. Es verlief im Grunde ähnlich wie der Kampf zwischen „Angie“ und „Carla“, nur waren diesmal „Klumpi“ und „Lenny“ die Kontrahenten. Hierbei wurde kein Tier nennenswert verletzt, da ein weiteres mal rechtzeitig durch das Tierpflegepersonal eingegriffen werden konnte. Daraufhin wurde „Lenny“ vom Rest der Gruppe separiert. Es lagen nun eine Gruppe mit „Klumpi“, „Carla“ und „Dumbo“ vor sowie eine mit den zuvor separierten „Angie“ und „Power“ und „Lenny“, der bei zwei weiteren Erdmännchen des Zoologischen Gartens Wuppertal untergebracht wurde. Nach diesem Kampf schien die mittlere Parasitierung bei „Klumpi“ und „Lenny“ stärker zu sein und bei den anderen Erdmännchen geringer (Abb. 3.2.1 F). Die Parasitierungen vor dem ersten Kampf von „Angie“ und „Carla“ und nach dem zweiten Kampf von „Klumpi“ und „Lenny“ unterschieden sich aber nicht statistisch signifikant (Abb. 3.2.1 F).

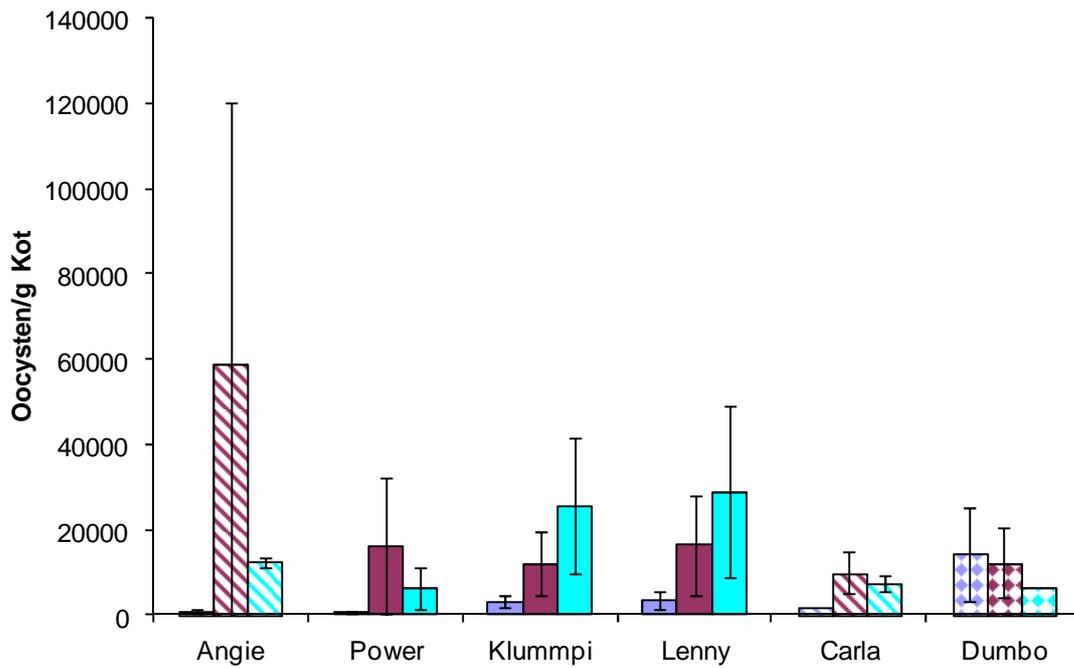


Abb. 3.2.1 F: Mittlere Parasitierung der Erdmännchengruppe vor (blau) und nach den Kämpfen: „Angie gegen „Carla“ (lila) und „Klumpi“ gegen „Lenny“ (türkis). Ohne Schraffur: Männchen; schraffiert: Weibchen; kariert: Jungtier

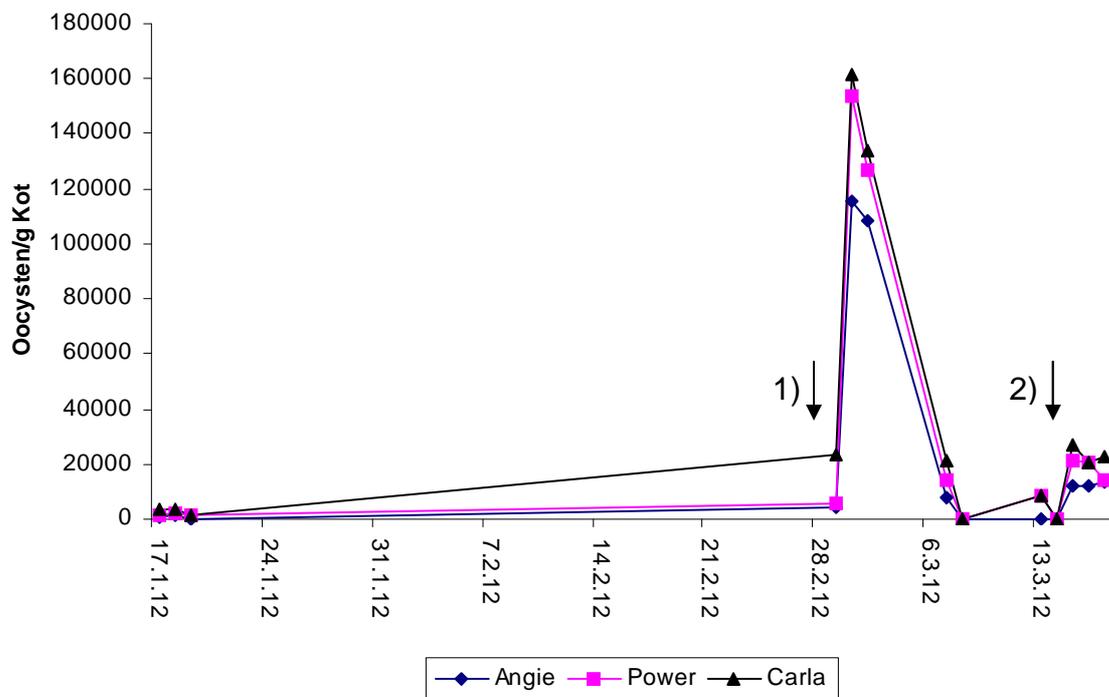


Abb. 3.2.1 G: Anzahl der Parasiten 2012 bei „Angie“, „Power“ und „Carla“. Die Pfeile markieren die Tage der jeweiligen Kämpfe: 1) Kampf von „Carla“, „Klumpi“ und „Dumbo“ gegen „Angie“; 2) Kampf von „Klumpi“ gegen „Lenny“

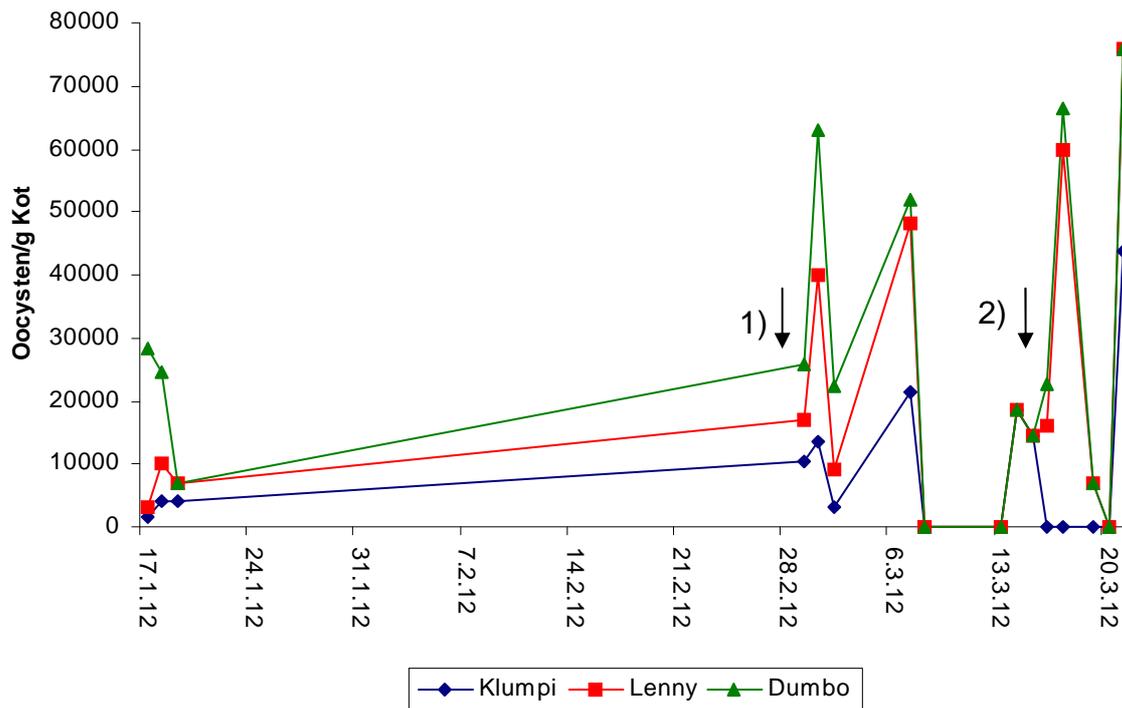


Abb. 3.2.1 H: Anzahl der Parasiten 2012 von „Klumpi“, „Lenny“ und „Dumbo“. Die Pfeile markieren die jeweiligen Tage der Kämpfe: 1) Kampf von „Carla“, „Klumpi“ und „Dumbo“ gegen „Angie“; 2) Kampf von „Klumpi“ gegen „Lenny“

Die Einzelwerte der jeweiligen Tage verstärken diesen Eindruck der Zunahme der Parasitierung nach dem ersten Kampf, bei dem in erster Linie „Carla“ aber auch „Klumpi“ und „Dumbo“ die Königin „Angie“ angegriffen haben (Abb. 3.2.1 G, H). Nach dem zweiten Kampf zwischen „Klumpi“ und „Lenny“ stieg die Parasitierung nur bei diesen beiden an den folgenden Tagen an. Beim Rest der Gruppe nahm die Parasitierung nach dem ersten Kampf zwischen „Angie“ und „Carla“ zunehmend ab (Abb. 3.2.1 G, H).

Beim **Vergleich der mittleren Parasitierungen von 2011 und 2012** wurden nur Parasitierungen von 2012 berücksichtigt, die vor dem ersten stressreichen Ereignis am 28.02.2012 vorlagen. Bei allen Erdmännchen lagen die Werte der mittleren Parasitierungen 2012 gegenüber 2011 deutlich niedriger. Bei „Angie“ war die Parasitierung von 3.388 auf 831 Oocysten/g Kot auf ein Viertel zurückgegangen, bei „Power“ sogar auf etwa ein Fünfzigstel, bei „Klumpi“ von 42.119 auf 3.175 Oocysten/g Kot, bei „Lenny“ auf etwa ein Viertel, bei „Carla“ von 72.225 auf 1.901 Oocysten/g Kot und bei „Dumbo“ von 127.169 auf 7.583 Oocysten/g Kot auf etwa ein Siebzehntel (Abb. 3.2.1 J). Die Werte der beiden Jahre unterschieden sich aber nicht statistisch signifikant.

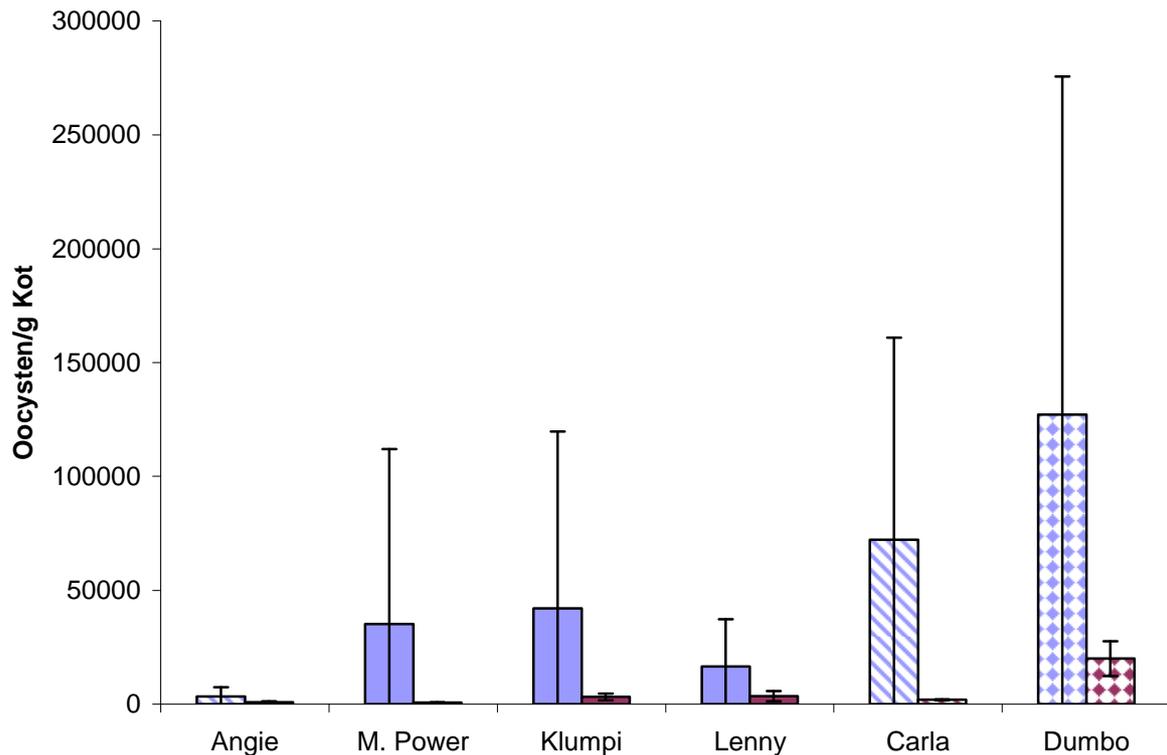


Abb. 3.2.1 J: Mittlere Parasitierungen der Mitglieder der Erdmännchengruppe von 2011 (blau) und 2012 (lila), ohne Einbezug stressreicher Ereignisse. Ohne Schraffur: Männchen; schraffiert: Weibchen; kariert: Jungtier

Ein Vergleich der individuellen Parasitierung zwischen den **Geschlechtern** wurde beim Königspaar und bei den Zwillingen „Lenny“ und „Carla“ vorgenommen, da beide Vergleichspaare in der Rangordnung sehr nah beieinander lagen. Beim Königspaar lag 2011 der Trend einer erhöhten Intensität mit Parasiten beim Weibchen „Angie“ vor und 2012 war die Parasitierung tendenziell bei „Power“ erhöht. Beim Zwillingenpaar lag 2011 beim Männchen „Lenny“ und 2012 beim Weibchen „Carla“ der Trend einer erhöhten Parasitierung vor (Tab. 3.2.1 A). Diese Unterschiede in den Parasitierungen waren jedoch nicht statistisch signifikant.

Tab. 3.2.1 A: Mittlere Parasitierungen [Oocysten/g Kot] und Standardabweichungen bei „Angie“, „Power“, „Lenny“ und „Carla“

	Angie	Power	Lenny	Carla
<b>2011</b>	3472	35258	16550	74286
	±3256	±76810	±20853	±75200
<b>2012</b>	821	669	3531	1901
	±496	±222	±2260	±191

### 3.2.2 Parasitierung der Weißlippenhirschgruppe

Für die quantitative Bestimmung der Befallsintensitäten der jeweiligen Tiere wurde die Parasitierung mit *Isospora* sp. über die im Fezes vorhandenen Überdauerungsstadien bestimmt. 2011 wurden Proben im Zeitraum vom 22.02. bis 26.03.2011 und ein Jahr später vom 17.01. bis 20.01.2012 gesammelt. Es wurden neben *Isospora*-Oocysten (Abb. 3.2.2 A) bei der Untersuchung der Kotproben noch weitere Parasiten-Überdauerungsstadien gefunden. Es lagen zum Teil noch Infektionen mit *Eimeria* sp. (Coccidia) (Abb. 3.2.2 B), *Ancylostoma* sp. (Nematoda) (Abb. 3.2.2 C) und *Trichuris* sp. (Nematoda) vor, die jedoch nicht quantitativ ausgewertet wurden, weil sie sehr unregelmäßig auftraten.

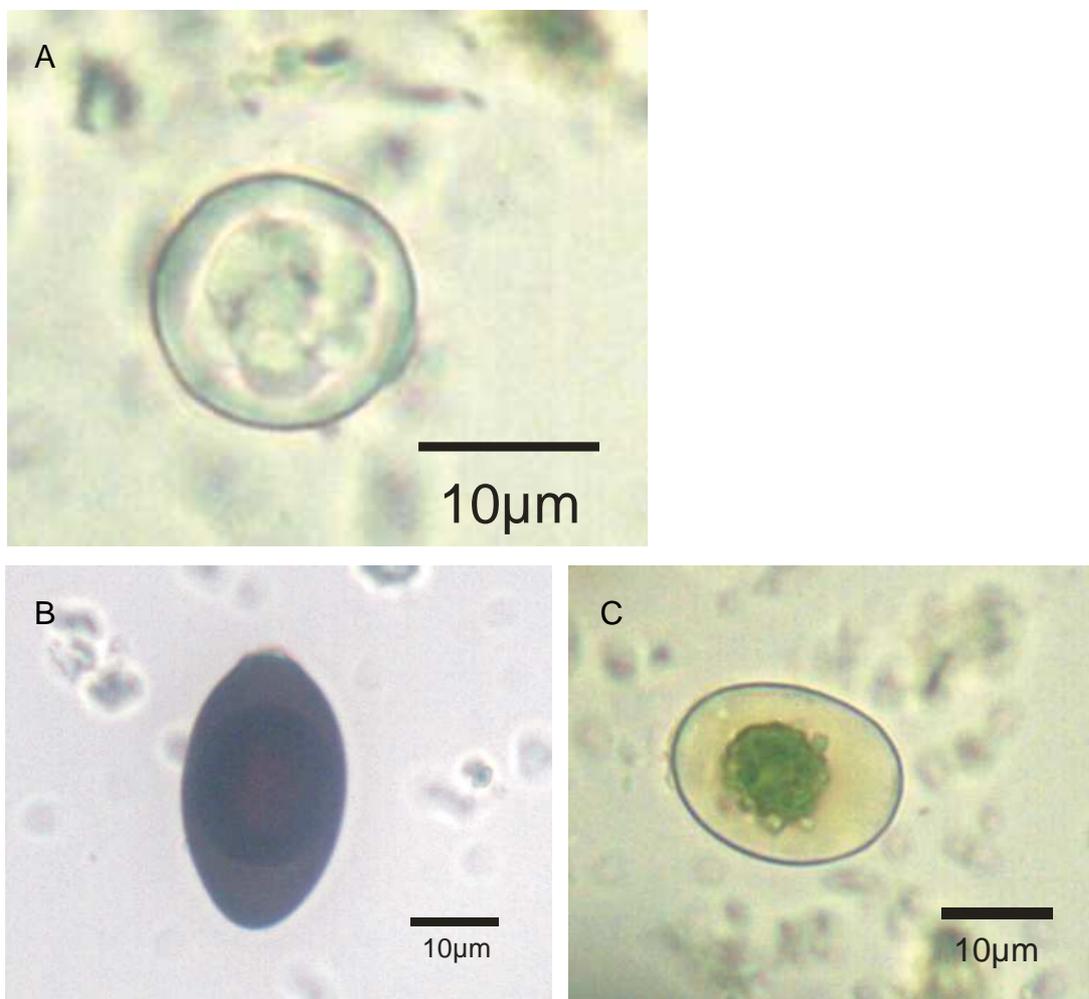


Abb. 3.2.2: Parasiten der Weißlippenhirsche. A: sporulierte *Isospora*-Oocyste aus dem Fezes von Kerbe vom 20.01.2012; B: *Eimeria* sp. aus dem Fezes von Berlinerinnen vom 21.03.2011; C: *Ancylostoma* sp. aus dem Fezes von Kerbe vom 20.01.2012

Um zu überprüfen, ob die Parasitierung der einzelnen Individuen mit der Rangordnung korrelierte, wurden **2011** zunächst insgesamt 78 Kotproben der Weißlippenhirschgruppe quantitativ auf *Isospora* sp. untersucht. Dabei wiesen alle vier Hirschkühe eine höhere mittlere Parasitierung mit *Isospora* sp. auf als der junge Bock und die beiden Jungtiere (Abb. 3.2.2 D). Innerhalb der vier Kühe waren bei „Wuppi“ mit 1.072 die meisten Oocysten/g im Kot. Es folgte „Rotterdamerin“ mit mehr Parasiten als „Berlinerin“. „Kerbe“ hatte mit 786 Oocysten/g Kot die wenigsten *Isospora*-Oocysten in den Kotproben der vier Hirschkühe. Beim jungen Bock „Mirko“ waren im Mittel mit 492 weniger *Isospora*-Oocysten/g im Kot als bei den vier Hirschkühen, jedoch mehr als bei den beiden Jungtieren. Unter den Jungtieren lag wiederum beim jüngeren Tier mit 175 Oocysten/g Kot eine geringere *Isospora*-Oocysten-Dichte in den untersuchten Kotproben vor (Abb. 3.2.2 D). Besonders prägnant unterschieden sich die Parasitierungen der Hirschkühe zu den Jungtieren und zum jungen Bock. Innerhalb der adulten Hirschkühe fielen die Unterschiede in der mittleren Parasitierung wiederum nicht so deutlich aus (Abb. 3.2.2 D). Statistische Signifikanz zwischen den Parasitierungen lag jeweils zwischen den vier Hirschkühen und „Jungtier 2“ sowie zwischen „Kerbe“ und „Mirko“ und zwischen „Kerbe“ und „Jungtier 2“ (Tab. 3.2.2 A) vor.

Bei keinem der Tiere verlief die Parasitierung konstant. So schwankte die Anzahl an *Isospora*-Oocysten der verschiedenen Kotproben bei den einzelnen Individuen bisweilen sehr stark, so dass bei allen Tieren immer wieder starke Anstiege bzw. Rückgänge der individuellen Parasitierungen vorlagen (Abb. 3.2.2 E, F). Daraus resultierten zum Teil sehr hohe Standardabweichungen (Abb. 3.2.2.1 D).

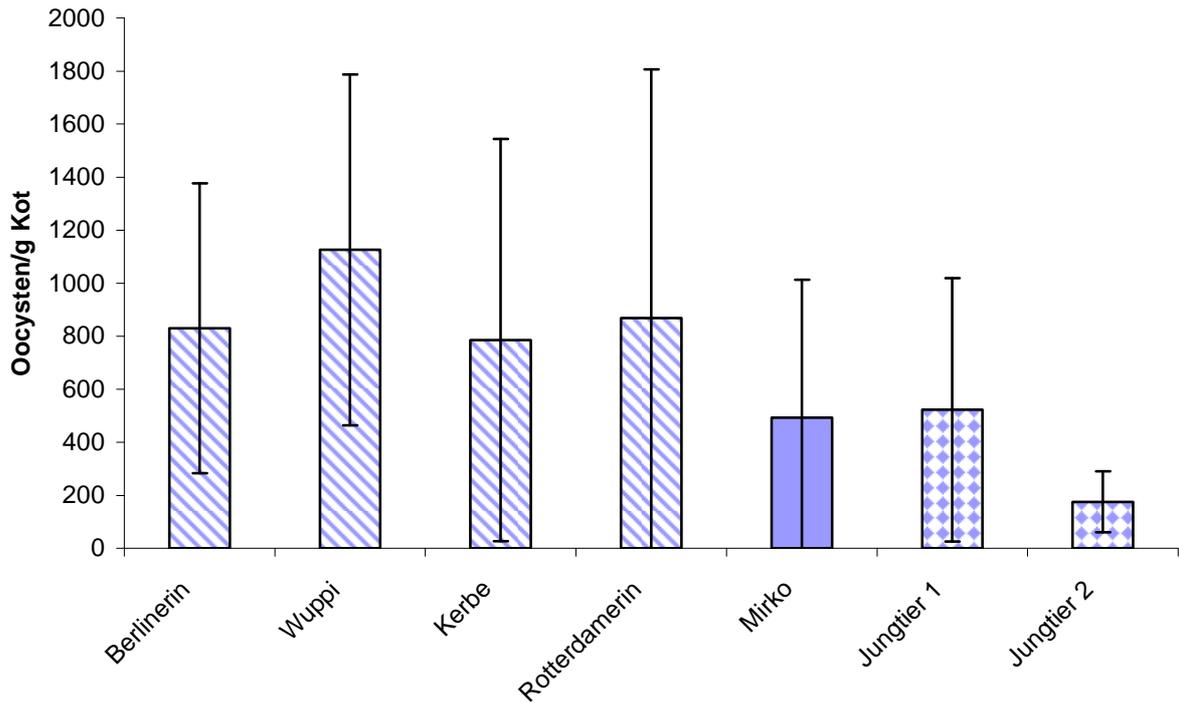


Abb. 3.2.2 D: Mittlere Parasitierungen der Mitglieder der Weißlippenhirschgruppe mit *Isospora* sp. im Februar/März 2011. Ohne Schraffur: Männchen; schraffiert: Weibchen; kariert: Jungtier

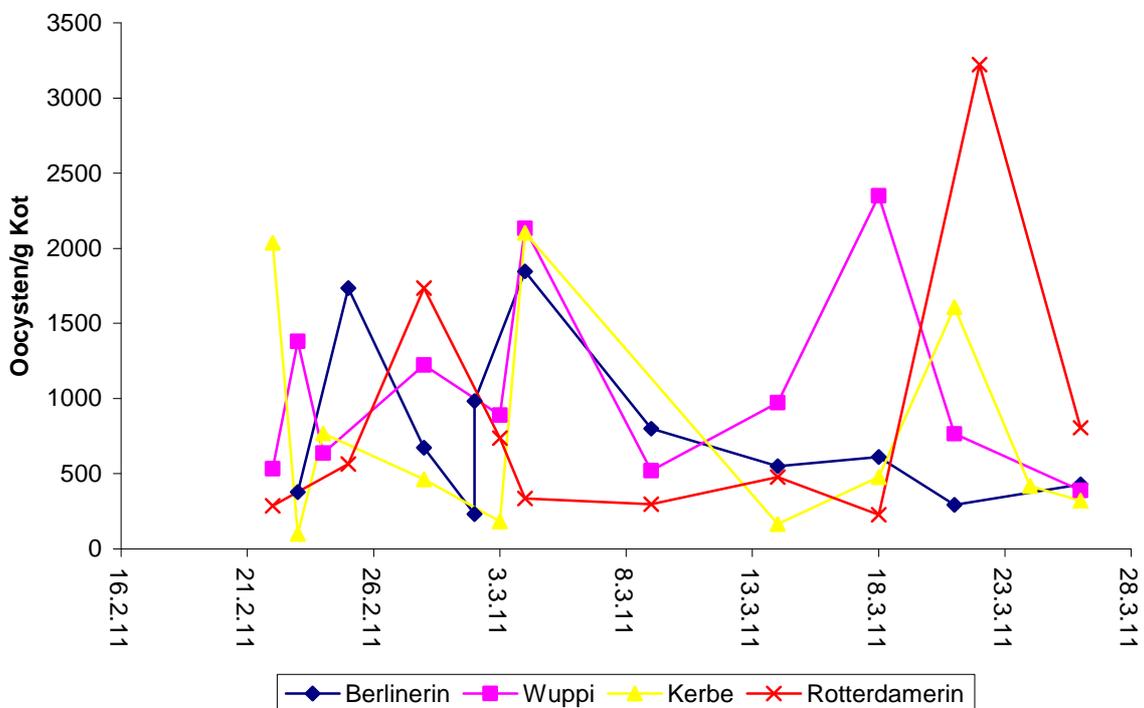


Abb. 3.2.2.1 E: Verlauf der individuellen Parasitierungen der Weißlippenhirschkühe „Berlinerin“, „Kerbe“, „Wuppi“ und „Rotterdamerin“

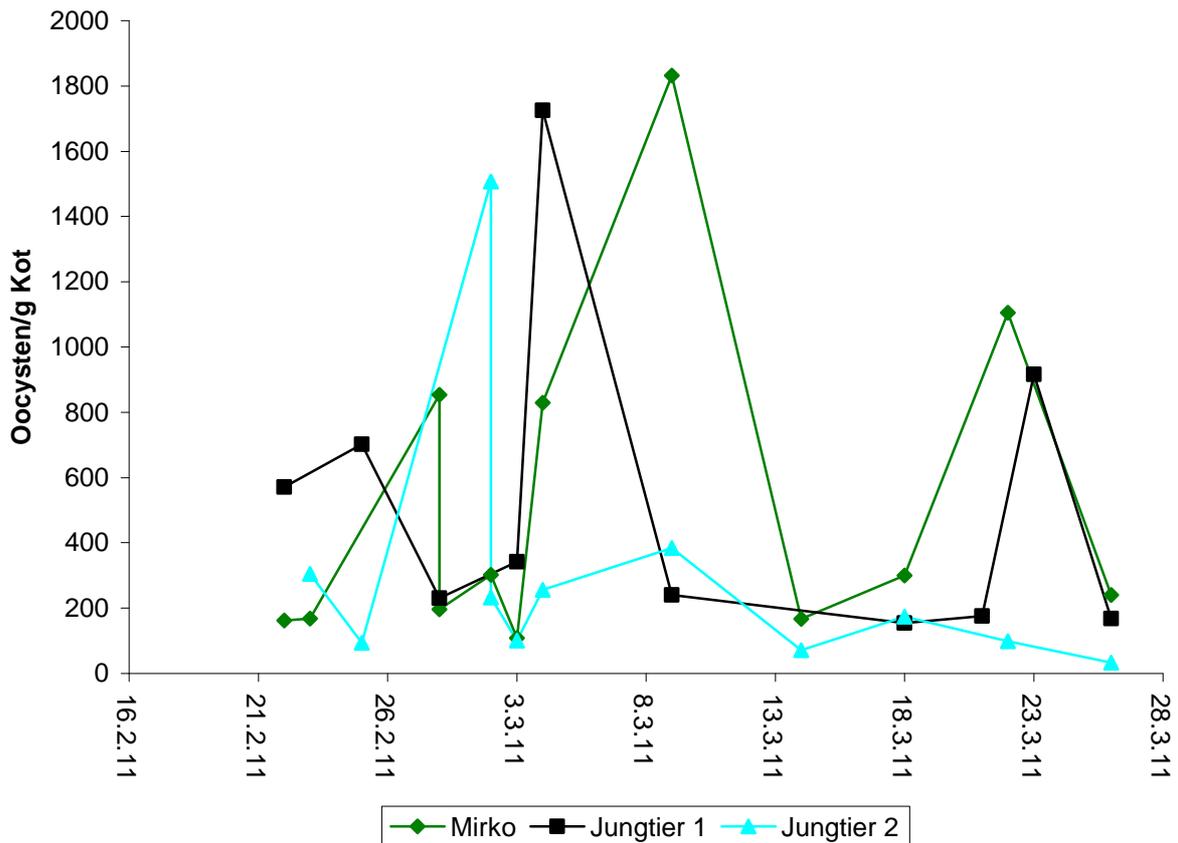


Abb. 3.2.2.1 F: Verlauf der individuellen Parasitierungen der Weißlippenhirsche „Mirko“, „Jungtier 1“ und „Jungtier 2“

Tab. 3.2.2 A: p-Werte zwischen den mittleren Parasitierungen der Weißlippenhirsche 2011 über  $t$ -Test (nach Student). Signifikante p-Werte sind fett gedruckt.

	Kerbe	Wuppi	Rotterdamerin	Mirko	Jungtier 1	Jungtier 2
Berlinerin	0,3360	0,8800	0,9109	0,1731	0,2051	<b>0,0042</b>
Kerbe		0,3540	0,5758	<b>0,0354</b>	<b>0,0422</b>	<b>0,0010</b>
Wuppi			0,8273	0,3105	0,3559	<b>0,0239</b>
Rotterdamerin				0,2853	0,3206	<b>0,0447</b>
Mirko					0,8938	0,0868
Jungtier 1						0,0565

Bei den 14 Kotproben von **2012** lag gegenüber 2011 nach wie vor der Trend vor, dass die adulten Hirschkühe eine höhere mittlere Parasitierung aufwiesen, als der junge Bock und das verbliebene Jungtier (Abb. 3.2.2 H). Innerhalb der Hirschkühe war die Parasitierung bei der „Rotterdamerin“ mit 1.248 Oocysten/g Kot am höchsten und bei „Kerbe“ mit 497 Oocysten/g Kot am niedrigsten. „Berlinerin“ lag mit ihrer mittleren Parasitierung zwischen den beiden Tieren. Der junge Bock „Mirko“ hatte eine niedrigere mittlere Parasitierung als die drei Hirschkühe, jedoch eine höhere als

das verbliebene „Jungtier 1“ mit 117 Oocysten/g Kot (Abb. 3.2.2 H). Dabei unterschieden sich die Parasitierungen zwischen jeweils allen Tieren und dem verbliebenen Jungtier sowie zwischen „Rotterdamerin“ und „Mirko“ und „Kerbe“ und „Rotterdamerin“ signifikant bis höchst signifikant (Tab. 3.2.2 B).

Besonders bei „Jungtier 1“ war die mittlere Parasitierung mit *Isospora* sp. 2012 im Vergleich zum Vorjahr mit 175 auf 115 Oocysten/g Kot zurückgegangen. Mit Ausnahme von „Rotterdamerin“, bei der ein Anstieg der mittleren Parasitierung im Vergleich zum Vorjahr vorlag, waren die Parasitierungen im Mittel bei allen Tieren zurückgegangen (Abb. 3.2.2 H). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Parasitierungen beider Jahre lag bei keinem Tier vor.

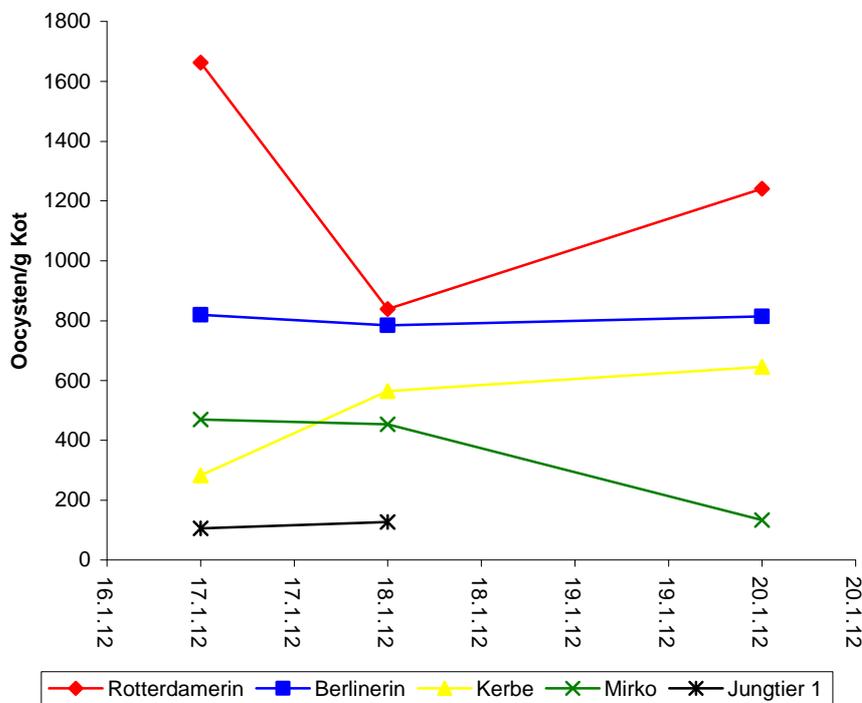


Abb. 3.2.2 G: Verlauf der individuellen Parasitierungen der Weißlippenhirsche

Tab. 3.2.2 B: p-Werte zwischen den mittleren Parasitierungen der Weißlippenhirsche 2012 über *t*-Test (nach Student). Signifikante p-Werte sind fett gedruckt.

	Berlinerin	Kerbe	Rotterdamerin	Mirko	Jungtier 1
Berlinerin		0,269	0,141	0,092	<b>0,017</b>
Kerbe			<b>0,023</b>	0,332	<b>0,011</b>
Rotterdamerin				<b>0,009</b>	<b>0,005</b>
Mirko					<b>0,025</b>

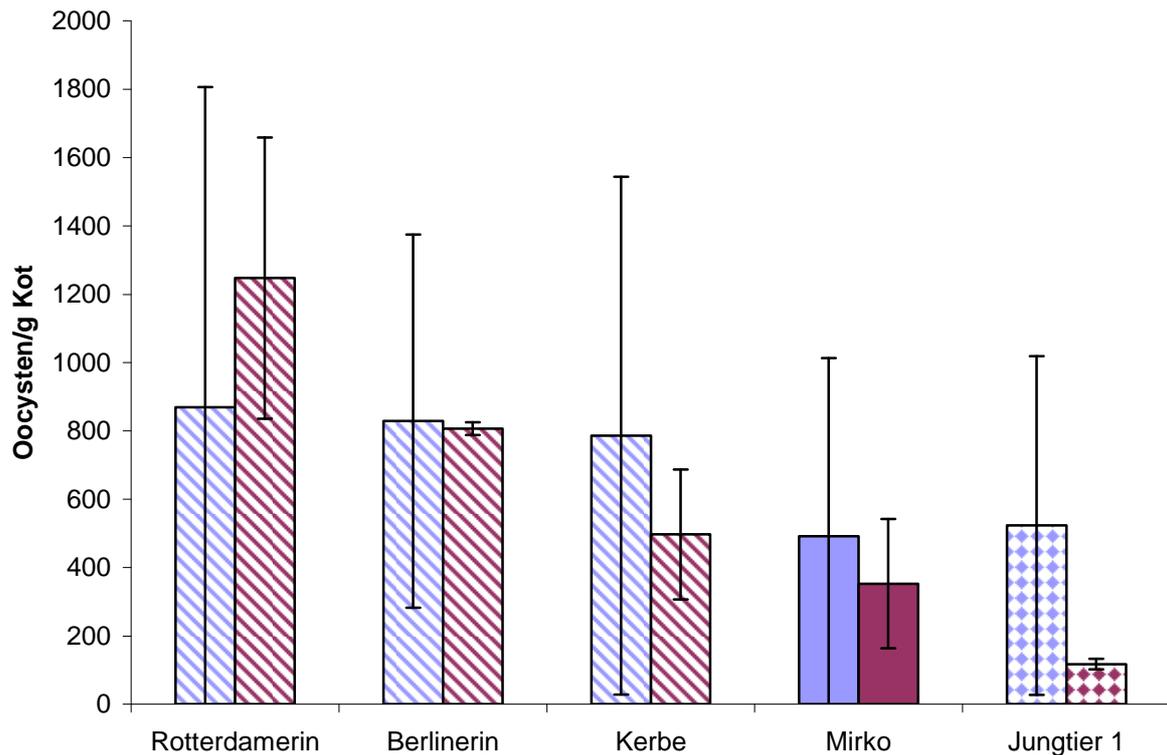


Abb. 3.2.2 H: Vergleich der mittleren Anzahl an Oocysten/g Kot der Weißlippenhirsche der Jahre 2011 (blau) und 2012 (lila). Ohne Schraffur: Männchen; schraffiert: Weibchen; kariert: Jungtier

Ein Vergleich der Parasitierungen in Abhängigkeit des **Alters**, zwischen den adulten Hirschkühen und dem jungen Bock sowie zwischen den adulten Hirschkühen und den Jungtieren wurde für den Beprobungszeitraum 2011 vorgenommen, da hier deutlich mehr Proben vorlagen, mehr Tiere lebten und der Beprobungszeitraum über einen längeren Zeitraum andauerte als 2012. Am deutlichsten war der Unterschied der mittleren Parasitierungen zwischen den Jungtieren und den adulten Hirschkühen (Abb. 3.2.2 J). Die Parasitierungen unterschieden sich hier höchst signifikant ( $p < 0,001$ ). Die Parasitierungen des jungen Bocks und der Adulten unterschieden sich zwar deutlich, jedoch nicht signifikant (Abb. 3.2.2 J).

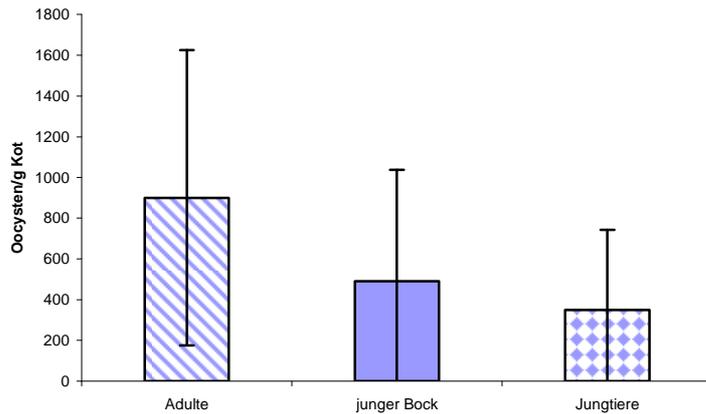


Abb. 3.2.2 J: Mittlere Parasitierungen sowie Standardabweichungen der adulten Hirschkühe, dem jungen Bock und der Jungtiere. Ohne Schraffur: Männchen; schraffiert: Weibchen; kariert: Jungtier

Um zu überprüfen, wie aussagekräftig das Auszählen von 40 Gesichtsfeldern einer Kotprobe war, wurden 40 Gesichtsfelder desselben Deckgläschens einer Kotprobe der Weißlippenhirsche fünfmal ausgezählt und die jeweilige Anzahl an *Isospora*-Oocysten miteinander verglichen. Das fünffache Auszählen desselben Deckgläschens ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Anzahlen an Oocysten der Probe (Tab. 3.2.2 C). Die p-Werte rangierten hier von  $p(\min)=0,586$  bis  $p(\max)=1$  (siehe Anhang).

Tab. 3.2.2 C: Durchschnittliche Anzahl an Oocysten/Gesichtsfeld und Standardabweichungen nach fünffacher Auszählung von 40 Gesichtsfelder desselben Präparats sowie die Anzahl an Oocysten/g Kot

Anzahl Oocysten/Gesichtsfeld				
0,875	0,98	0,93	0,95	0,88
±0,79	±0,83	±0,94	±0,85	±0,72
Oocysten/g				
230	257	244	250	230

Außerdem wurde überprüft, inwieweit das Auszählen der Oocysten von drei Gramm bzw. drei bis fünf Kotproben des gesamten Kothaufens einer Defäkation aussagekräftig ist. Dazu wurden in zehnmal drei Kotproben des gesamten Kothaufens die Parasitierung mit *Isospora* sp. ausgezählt und die jeweilige Anzahl an Oocysten verglichen. Die Anzahl an Oocysten pro Gesichtsfeld in verschiedenen Proben desselben Kotes unterschied sich nicht. Die p-Werte rangierten von  $p(\min)=0,338$  bis  $p(\max)=1$  (siehe Anhang).

Tab. 3.2.2 D: Durchschnittliche Anzahl an Oocysten/Gesichtsfeld und Standardabweichungen nach Auszählung von zehn Proben desselben Kothaufens sowie die Anzahl an Oocysten/g Kot

Anzahl Oocysten/Gesichtsfeld									
0,75	0,68	0,65	0,7	0,65	0,68	0,8	0,7	0,68	0,6
±0,87	±0,69	±0,74	±0,79	±0,86	±0,94	±1,04	±0,91	±0,80	±0,81
Oocysten/g									
342	308	297	319	297	308	365	319	308	274

### 3.2.3 Parasitierung bei Diamanttäubchen

Die 16 ausgewerteten Kotproben des Diamanttäubchenpaares stammten vom Zeitpunkt als das Küken schlüpfte, über den Tod des Kükens und einer erneuten Eiablage. Das Männchen wies eine durchgehend niedrigere Parasitierung mit *Isoospora* sp. auf als das Weibchen (Abb. 3.2.3 A), wobei die mittlere Anzahl beim Männchen mit  $926 \pm 416$  Oocysten/g Kot signifikant niedriger ( $p < 0,05$ ) als die des Weibchens mit  $1.575 \pm 527$  Oocysten/g Kot war (Abb. 3.2.3 C). Außerdem stiegen die Parasitierungen bei beiden Individuen, jedoch beim Weibchen deutlicher nach Schlupf und Tod des Kükens sowie kurz nach der Eiablage (Abb. 3.2.3 A).

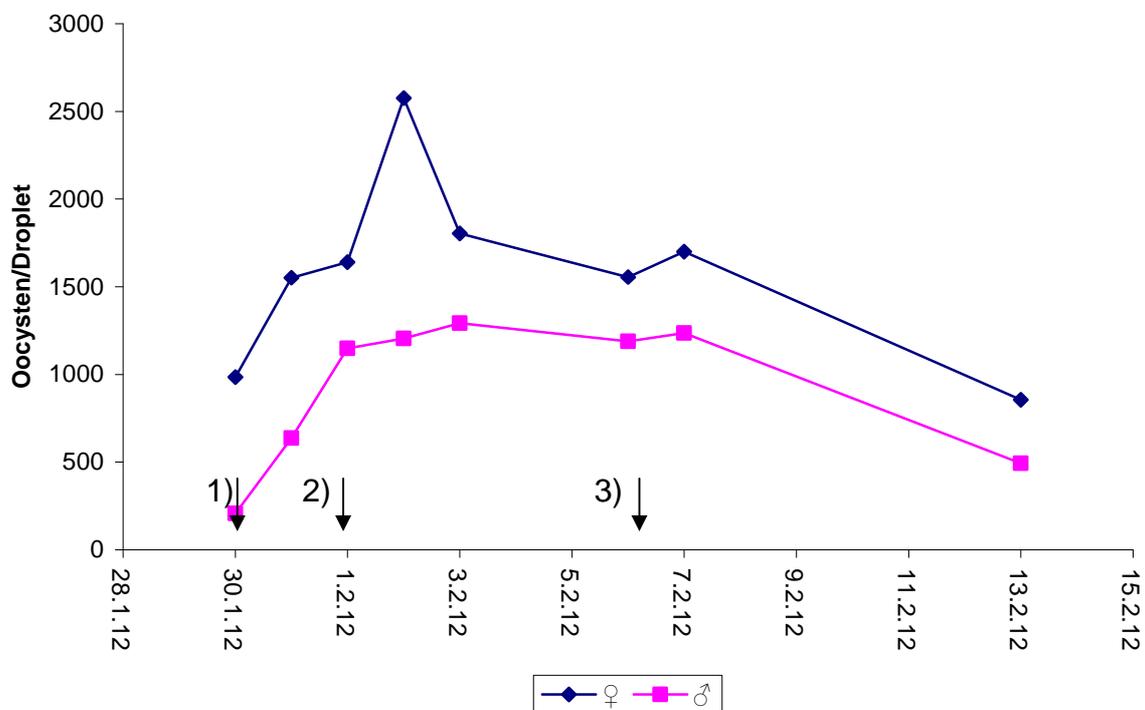


Abb. 3.2.3 A: Verlauf der individuellen Parasitierung des Diamanttäubchenpaares. Die Pfeile markieren die oben aufgeführten Ereignisse. 1) Schlupf des Kükens; 2) Tod des Kükens; 3) Eiablage

Bei den Tieren, die als Referenz zu dem brütenden Pärchen isoliert wurden, wiesen die beiden Weibchen (Iso ♀) im individuellen Verlauf der Parasitierung (Abb. 3.2.3 B) sowie im Mittel mit  $975 \pm 151$  Oocysten/g Kot (Abb. 3.2.3 C) statistisch signifikant höhere ( $p < 0,05$ ) Parasitierung mit *Isospora* sp. auf, als das isolierte Männchen (Iso ♂) mit  $706 \pm 17$  Oocysten/g Kot.

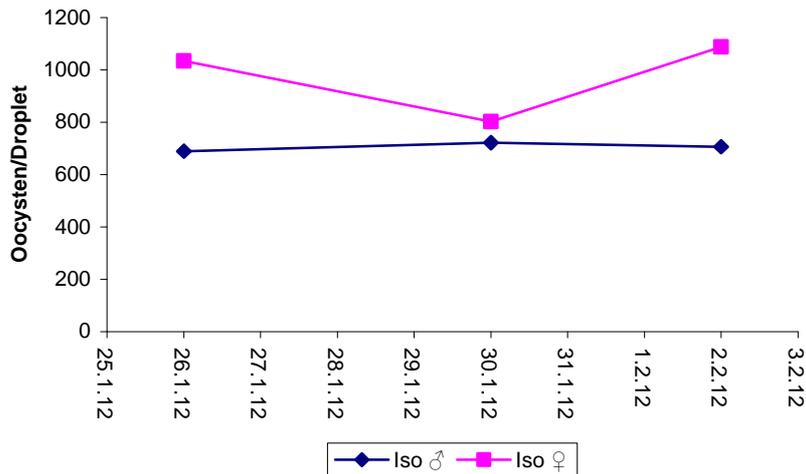


Abb. 3.2.3 B: Verlauf der individuellen Parasitierung der isolierten Individuen

Im Vergleich zu den isolierten Tieren wiesen die brütenden Diamanttäubchen eine höhere mittlere Parasitierung mit *Isospora* sp. auf (Abb. 3.2.3 C). Außerdem war die Anzahl an Oocysten/g Kot bei den Männchen der Diamanttäubchen stets geringer als bei den Weibchen (Abb. 3.2.3 C). Dabei unterschieden sich jeweils die Parasitierungen zwischen den Geschlechtern bei den brütenden und den isolierten Tieren signifikant.

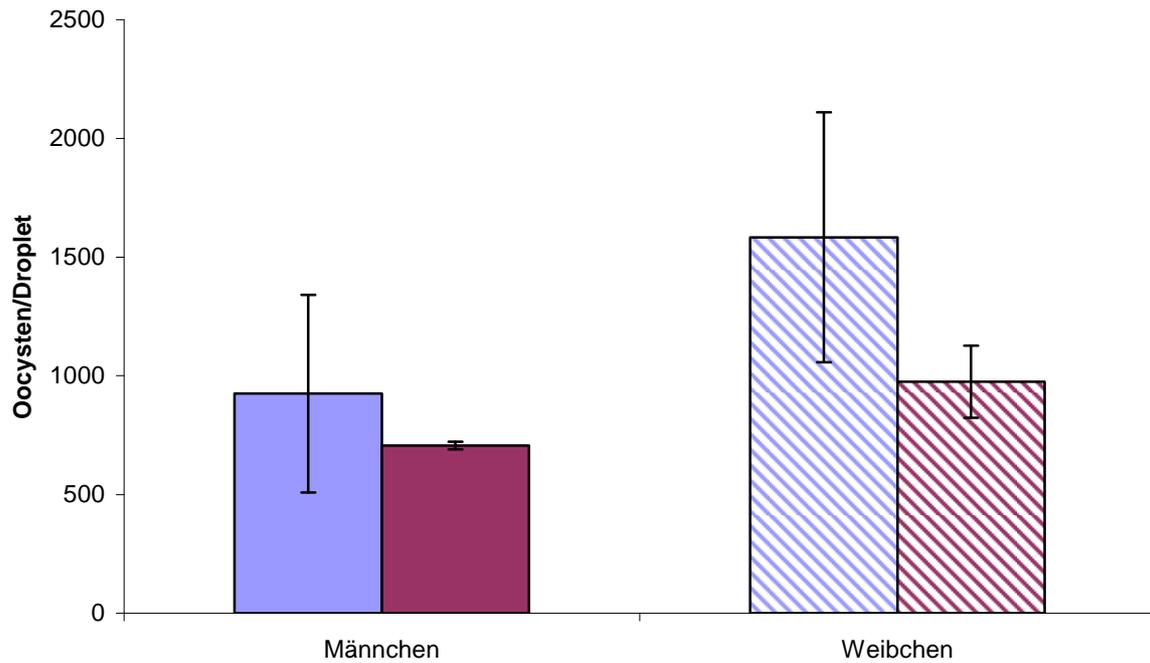


Abb. 3.2.3 C: Mittlere Parasitierungen und Standardabweichungen der isolierten (lila) und brütenden (blau) Männchen (ohne Schraffur) und Weibchen (schraffiert)

### 3.3 Ergebnisse zum Stresshormontiter

#### 3.3.1 Stresshormontiter

Da bei den Kot- und Blutproben erst in Kürze die Stresshormontiter vom Labor des Instituts für Medizinische Biochemie der Veterinärmedizinischen Universität Wien bestimmt werden, konnten diese Werte nicht in die Arbeit mit aufgenommen werden.

## 4. Diskussion

### 4.1 Methodische Probleme

Ein relativ kleines methodisches Problem stellte die **Auswahl der Tiere** dar. Da die Erdmännchen des Zoologischen Gartens Wuppertal bereits Fokus einer psychoneuroimmunologischen Studie waren (Stadler 2006), mussten diese vorab nicht auf eine Parasitierung hin untersucht werden. Hier wurde die Rangordnung bzw. der soziale Status sowie das Geschlecht als psychoneuroimmunologischer Faktor untersucht. Bei der Auswahl weiterer Tiere, die ebenfalls in einer sozialen Gruppe leben, wurde die Weißlippenhirschgruppe des Zoologischen Gartens Wuppertal ausgewählt, da sie in Vorversuchen konstant mit Coccidien infiziert waren. Bei ihnen wurden ebenfalls die Rangordnung sowie das Alter als psychoneuroimmunologischer Faktor angesehen. Die zunächst eingeplante Brunft fiel weg, als der Platzhirsch verstarb. Als dritte Tierart, bei der eine konstante Parasitierung vorlag, wurden die Diamanttäubchen ausgewählt, um bei ihnen die Brutzeit als psychoneuroimmunologischen Faktor einzubeziehen.

Bei allen Tieren wurde vor Beginn der Studie eine **Gewöhnungszeit** berücksichtigt. Bei den Erdmännchen war dies wichtig, da diese sehr schreckhaft waren und bei ungewohnten Geräuschen oder Personen der Wächter Alarm gab und die gesamte Gruppe sofort in den schützenden Bau oder in den die Gehege verbindenden Durchgang flüchteten. Dies wäre besonders bei der Verhaltensaufnahme störend, da hierdurch natürliche Verhaltensweisen häufig unterbrochen oder unterdrückt würden. Auch bei der Gruppe der Weißlippenhirsche dienten die ersten Tage der Studie der Gewöhnung, da auch sie sich als ängstlich erwiesen und erst nach einigen Tagen an den Zaun kamen, wenn man sie mit Erdnüssen anlockte. Bei den Diamanttäubchen diente die Anfangsphase in erster Linie dazu, ein passendes Fokuspärchen zu finden, welches über eine gut einsehbare Niststelle verfügte

Das **individuelle Erkennen** der Tiere war in der Gewöhnungszeit möglich. Bei den Erdmännchen gelang dies über biologische Merkmale, wie Geschlecht oder Statur der Tiere, Dicke des Schwanzes oder markante Färbungen im Fell sowie etwaige Verstümmelungen, v. a. das Fehlen des Schwanzes. Bei den Hirschen war es zunächst schwierig, aber dann dienten verschiedene Stellen von Schrammen im Fell zur Unterscheidung. Bei den beiden Jungtieren war es besonders schwierig, da

diese sich sehr ähnelten. Hier erlaubte die Körpergröße eine Unterscheidung, da das ältere Jungtier etwas größer war. Das Erkennen der Diamanttäubchen erfolgte beim Männchen über die Anordnung der Punkte auf den Flügeln. Das Weibchen wurde zur besseren Unterscheidung beringt.

Die **Kotprobengewinnung** stellte nur anfänglich ein Problem dar. Erdmännchen müssen sich sicher fühlen, um ungestört zu defäkieren (Rasa 1984), was nach der Gewöhnungszeit auch gut funktionierte. Zunächst wurden die Kotproben zu Beginn direkt eingesammelt und ins Kühlhaus des Zoos gebracht. Wenn in dieser Zeit ein weiteres Tier defäkierte, war eine Zuordnung der Probe nicht möglich. Zur Umgehung dieses Problems wurden die Proben dann umgehend eingesammelt aber vorerst in einer Kühlbox auf Eis aufbewahrt. Anschließend wurden alle Proben ins Kühlhaus gebracht. Problematisch war das Defäkationsverhalten von „Carla“. Sie defäkierte im Jahr 2011 nicht, wenn ein Beobachter zugegen war. Waren alle Kotproben, mit Ausnahme der von „Carla“ gesammelt, musste der Beobachter für ein paar Minuten den Observationsbereich verlassen. In dieser Zeit defäkierte „Carla“ und die Probe wurde anschließend eingesammelt.

Bei den Weißlippenhirschen war die Kotprobengewinnung etwas komplizierter. Das Einsammeln der Proben war nicht unmittelbar nach der Kotablage möglich, da der junge Bock sich beim Betreten des Außengeheges sofort aggressiv verhielt, auch wenn die Zoomitarbeiter es versuchten. Deshalb wurden in einer Skizze des Geheges die Positionen des Kotes der einzelnen Tiere vermerkt. Die Kotproben wurden dann in der Mittagszeit eingesammelt, wenn die Tiere zum Äsen in den Stallungen waren.

Bei den Diamanttäubchen war die Kotprobengewinnung zunächst ein großes Problem, da es schwierig war, auf dem mit Vogelkot übersäten Grund die richtige Probe zu finden. Hier erwies sich ein Lot als hilfreich. So musste man sich lediglich die Stelle am Ast merken, von wo aus das Diamanttäubchen defäkiert hatte. Anschließend wurde das Lot an die entsprechende Stelle des Astes gehalten und das Gewicht zeigte auf die richtige Probe.

Das größte methodische Problem stellte die **Stresshormonanalyse** dar. Stress beeinflusst das Wohlbefinden und die Gesundheit von Tieren (Stadler 2006) und äußert sich z. B. in einer Unterdrückung der Fortpflanzung oder einer Reduktion der Immunität (Charmandari et al. 2005). Somit ist die Untersuchung von häufigem oder chronischem Stress besonders wichtig. Da eine konventionelle Blutentnahme für das

entsprechende Tier sehr stressreich ist, direkt die Stresshormonkonzentration beeinflusst und die Werte im Blut circadianen Schwankungen unterliegen (Young et al. 2004), ist auch eine quantitative Bestimmung über den Fezes zu berücksichtigen. Des Weiteren spiegeln die Stresshormonkonzentrationen des Blutes nur den Stress zum Zeitpunkt der Beprobung wider, während die Werte der Abbauprodukte der Stresshormone im Fezes eine Langzeitbelastung reflektieren, was jedoch eine regelmäßige/tägliche Beprobung voraussetzt (Touma et al. 2004; Young et al. 2004). Außerdem müssen interspezielle Unterschiede der Abbauprodukte berücksichtigt werden (Touma et al. 2004). Die Zeit bis zum Nachweis von Stressphänomenen im Kot kann ebenfalls sehr unterschiedlich sein. Bei einigen Singvögeln geschieht dies innerhalb von Minuten. Bei einigen Säugern kann dies einige Tage dauern (Touma et al. 2004; Scheiber et al. 2005).

Bei der Bestimmung der Metabolite der Stresshormone können Standardabweichungen von sechs bis zehn Prozent auftreten (Millspaugh und Washburn 2004). Dies verstärkt sich bei fehlender Routine deutlich (persönliche Mitteilung von Dipl.-Biol. A. Stadler). Deshalb wurde neben Kostengründen auf eine eigene quantitative Analyse verzichtet. Die Proben wurden nach Absprache mit dem Kurator des Zoologischen Gartens Wuppertal zur Veterinärmedizinischen Universität Wien gesandt, wo sie entsprechend auf Stresshormone analysiert werden sollten. Der Nachweis von Stresshormonmetaboliten bei Carnivoren, darunter auch Erdmännchen, war dort bereits erfolgreich durchgeführt worden. Dabei wurde die Ausscheidung an Metaboliten über den Fezes nach einer ACTH-Injektion verfolgt (Young et al. 2004).

Eine weitere Problematik bei tagaktiven Tieren stellt die circadiane Rhythmik der Ausscheidung an Stresshormonmetaboliten im Fezes dar, mit einem Peak zum Ende der Dunkelphase hin (Touma und Palme 2005). Deshalb wurden die Kotproben immer zur ungefähr gleichen Zeit von 9 bis etwa 15 Uhr gewonnen, so dass bei allen Tieren die gleichen Voraussetzungen gelten.

Auch die Bestimmung der Intensität von **Parasitierungen** birgt Probleme. Bei den Erdmännchen waren in den Proben von 2011 die individuellen Parasitierungen sehr unterschiedlich. Besonders beim Jungtier der Erdmännchengruppe war ein Auszählen aller Parasiten bei Einsatz von mehr als einem Gramm Kot nicht möglich. Waren sehr viele Oocysten am Deckgläschen gebunden, konnte ein vollständiges Auszählen der Probe nicht erfolgen. Deshalb wurden bei sehr hoher Oocystendichte alternativ 40 Gesichtsfelder ausgezählt und auf das gesamte Deckgläschen hochgerechnet.

Dies ließ sich sehr gut durchführen, da die Validierungsreihe, bei der dasselbe Deckgläschen fünfmal ausgezählt wurde, keine signifikanten Unterschiede in der Parasitenzahl ergab. Auch die Menge an Kot zur Analyse der individuellen Parasitierungen der Tiere musste angepasst werden. Die ursprünglich 5g Kot, die zur Analyse auf Parasiten eingesetzt werden (Mehlhorn et al. 1986a), wurden bei den Erdmännchen mit einem einzigen Kothaufen oft nicht erreicht. Außerdem sollte bei einigen Proben etwa die Hälfte für eine Analyse auf Stresshormone reserviert werden. Durch Entnahme des immer gleichen Abschnittes des jeweiligen Kothaufens wurden gleiche Voraussetzungen sowohl für die Analyse an Parasiten als auch für die Analyse an Stresshormonen aller Proben geschaffen. Insbesondere bei der Analyse der Stresshormonmetabolite sollte aber der gesamte Kothaufen in die Analyse mit einbezogen werden, weil bei Afrikanischen Elefanten Stresshormonabbauprodukte im Kot sehr ungleich verteilt waren (Millspaugh und Washburn 2004).

Bei den Weißlippenhirschen stellte eher das große Volumen der Kothaufen ein Problem dar. Sie waren so groß, dass oft nicht alles eingesammelt werden konnte. Bei ihnen erwiesen sich für eine Analyse auf Parasiten der Einsatz von etwa vier bis fünf Kotkügelchen als ideal. Diese wurden stets zufällig von möglichst verschiedenen Stellen im gesamten Kothaufen entnommen. Außerdem wurde eine separate Versuchsreihe angelegt, um zu überprüfen, ob sich die Verteilung der Parasiten innerhalb des Kothaufens signifikant unterschied. Bei der Auszählung verschiedener Anteile desselben Kothaufens lagen aber keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl an Oocysten vor.

Die Kotballen der Diamanttäubchen waren hingegen wegen des geringen Volumens problematisch. Bei ihnen musste für eine Analyse alles eingesetzt werden. Deshalb erfolgte hierbei auch die Umrechnung auf Oocysten pro Droplet (Dolnik 2006). Für eine Analyse von Stresshormonmetaboliten musste also im Rahmen der Beprobung ein weiterer Kothaufen gesammelt werden, was eine deutliche Verlängerung der Beobachtungszeiten mit sich brachte.

Bei der quantitativen Analyse der Parasiten im Kot sind zur Aufarbeitung/Isolation mehrere Möglichkeiten der Zusammensetzung des Flotationsmediums beschrieben. Die besten Ergebnisse wurden bei Erdmännchen mit einer gesättigten Natriumchlorid-/Zinkchlorid-Lösung erzielt (Stadler 2006). Diese wurde hier ebenfalls verwendet. Ein rasches Auszählen der aufbereiteten Probe ist erforderlich, da die Parasiten im Flotationsmedium einem starken osmotischen Druck ausgesetzt sind

und absterben können und lysiert werden (Matern 1995; Dolnik 2006).

Die **Blutprobengewinnung** wurde oft parallel zur Kotbeprobung durchgeführt und sollte insbesondere an stressreichen Tagen Aufschluss über Korrelationen von Stresshormonen im Blut und deren Metabolite im Fezes geben (von Helversen et al. 1986; Voigt 2003). Außerdem sollte ein Zusammenhang von akutem Stress (Kampf bei Erdmännchen, Brut bei Diamanttäubchen), den daraus resultierenden Stresshormonen bzw. deren Abbauprodukte und der intestinalen Parasitierung mit Coccidien untersucht werden.

Die bei den Erdmännchen eingesetzte Methodik des Unterbaus für die Behausung (Stadler 2006) erwies sich als sehr schwierig und langwierig. Für eine sichere Beprobung wurden zunächst Tiere isoliert, indem ein Stein den Durchgang zwischen beiden Gehegen versperrte. Die Isolation führte aber zu enormem Stress. Das isolierte Tier rannte permanent auf und ab, gab Alarmsignale von sich und wachte lange Zeit am Zaun. Dies änderte sich auch nach einigen Stunden nicht, sodass das zu beprobende Erdmännchen zu keiner Zeit auf dem Unterbau lag. Dies wurde mit allen Individuen an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Zeiten mit jeweils dem gleichen unbefriedigenden Ergebnis durchgeführt. Auch die Isolierung von zwei Erdmännchen minimierte den Stress nicht. Deshalb fand eine im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methode Anwendung, bei der die Erdmännchen beim Wachen auf dem Zaun des Geheges unbemerkt beprobt wurden. Dies sollten die Proben mit der größten Aussagekraft sein.

Die Blutentnahme bei den Weißlippenhirschen erwies sich als deutlich einfacher. So musste man die Tiere lediglich mit Erdnüssen ans Gitter locken und ihnen unbemerkt die Raubwanze aufsetzen. Dabei erwiesen sich besonders Schrammen im Fell als hilfreich, da die Raubwanze hier idealen Zugang zur Haut des Tieres hatte und sich eine optimale Anstichstelle suchte (Friend und Smith 1977). Da sich die Hirsche meist auf dem Außengelände aufhielten, war aber die Außentemperatur ein einschränkender Faktor und die ersten Bemühungen im Frühjahr 2012 waren wegen der niedrigen Temperaturen erfolglos (Stadler et al. 2011).

Das künstliche Ei zur Blutprobengewinnung bei ornithologischen Studien wird häufig eingesetzt (Arnold et al. 2008). Vor der Beprobung der Diamanttäubchen wurde überprüft, ob die Tiere fremde Gegenstände in ihrem Nest/Gelege akzeptieren. Während Kohlmeisen alles aus dem Nest entfernen (Bähnisch 2011), ließen sich die Tauben durch Eingabe von Materialien nicht vom Brüten abbringen. Zunächst

wurde ein Stoffsäckchen für die Beprobung verwendet, in welches die Wanze platziert wurde und das ein Anstechen durch das Gewebe erlaubte (Stadler et al. 2011). Dies führte bei Wanzen im dritten und vierten Nymphenstadium zu keinem Ergebnis. Auch eine kleine Pappschachtel, die ein kleines mit Gaze verschlossenes Fenster enthielt, führte zu keinem Erfolg. Als letztes fanden künstliche Eier verschiedener Größe Anwendung. Dabei wurden N3 und N4 der Wanzen eingesetzt, ebenfalls erfolglos. Eine mögliche Ursache könnte eine zu große Distanz vom Ei zur Haut des Vogels für den Saugrüssel der Wanze gewesen sein. Eventuell bieten Raubwanzen im fünften Nymphenstadium eine Möglichkeit.

## 4.2 Verhalten

Die Verhaltensaufnahme der **Erdmännchengruppe** diene zunächst der Erstellung eines Ethogramms. Ein Ethogramm berücksichtigt normalerweise alle auftretenden Verhaltensweisen, die das grundlegende Verhaltensrepertoire einer Art ausmachen (Kappeler 2009a). Da die Verhaltensaufnahme jedoch in erster Linie der Erstellung einer Rangordnung diene, wurden nur Verhaltensweisen ins Ethogramm übernommen, die für die Rangordnung von Relevanz waren. Dies waren hauptsächlich die aggressiven Verhaltensweisen Drohen, Aufrichten, Wegschieben, Beißen, Kampf, Futterneid und die unterwürfigen Verhaltensweisen Ducken und Rückenlage. Das Pflegeverhalten des Groomens ging ebenso wie das Territorialverhalten Markieren und das Sozialverhalten Wache halten mit in die Erstellung der Rangordnung ein.

Besonders die aggressiven Verhaltensweisen Drohen, Wegschieben sowie die unterwürfige Geste Wegducken gaben Aufschluss über die Rangordnung innerhalb der Erdmännchengruppe. Die Geste des Duckens wurde am häufigsten beobachtet. Dies kam meistens vor, wenn sich z. B. zwei Erdmännchen frontal im Verbindungsgang entgegen kamen. Das rangniedere Tier duckte sich dann weg und ließ das ranghöhere Tier passieren. Bei den aggressiven Gesten des Drohens und des Wegschiebens hatte das Drohen zur Beurteilung des Rangs den höheren Stellenwert (Rasa 1984) und wurde auch öfter beobachtet als das Wegschieben. Aber auch das Wegschieben wurde häufig beobachtet, vor allem beim Kampf um Essen aber auch bei anderen Gegenständen, die das Interesse der Erdmännchen auf sich zogen. Bei der Erstellung war es auch wichtig, an wen etwaige Gesten gerichtet waren. So haben „Angie“ und „Carla“ in der Beobachtungszeit jeweils nur einen Aufrichter ausge-

führt. Jedoch hat „Angie“ keinen Aufrichter hinnehmen müssen, während „Carla“ diese Geste dreimal hinnehmen musste, einmal von „Angie“. Das ranghöhere Tier war also „Angie“.

Problematisch waren die Auswertungen nur, wenn beide Tiere in der Hierarchie sehr eng beieinander lagen. Bei Jungtieren ist durchaus fraglich, wie auftretende aggressive Verhaltensweisen zu interpretieren sind, da Jungtiere häufig das Verhalten der Adulten imitieren und diese Verhaltensweisen so spielerisch lernen (Kappeler 2009b). Häufig treten bei Erdmännchen kleinere Kämpfe auf, die zum Großteil aus Drohgesten bestehen und in der Regel mit einer Unterwerfung des rangniederen Tieres enden. Kämpfe finden generell in der Gruppe zwischen zwei älteren Individuen gleichen Geschlechts statt (Dennis und McDonald 2009). Auch Kämpfe, an denen mehrere Erdmännchen beteiligt sind, kommen vor. Allerdings handelt es sich dabei um rangniedere Tiere, die sich aus ihrer ursprünglichen Gruppe entfernt haben und sich gewaltsam einer anderen Gruppe bemächtigen wollen (Dennis und McDonald 2009). In der vorliegenden Arbeit entwickelte sich eine Rauferei zwischen „Carla“ und „Angie“ zu einem Kampf um die Stellung des Alpha-Weibchens, der Königin der Gruppe. Da sich nach Separation des Königspaares um „Carla“ als Königin eine neue Gruppe formierte, diente der Kampf zwischen „Klumpi“ und „Lenny“ vermutlich dem Ausfechten der Vormachtstellung als König und somit als reproduzierendes Männchen.

Die Verhaltensaufnahme bei den **Weißlippenhirschen** diente ebenfalls der Erstellung einer Rangordnung. Hierbei wurden ebenfalls die für die Rangordnung relevanten Verhaltensweisen in ein Ethogramm aufgenommen. Dabei treten aggressive Verhaltensweisen bei Hirschen eher selten auf. Zwischen männlichen Rivalen kommt es zwar zu Kämpfen um die Stellung des Platzhirsches. Meist ist jedoch das Impo- niiergehabe für die Feststellung des Ranges ausreichend (Bützler 1974). Aggressionen im sozialen Gefüge beeinflussen aber regelmäßig den Futterzugang (Landete- Castillejos et al. 2010). Unter den vier Hirschkühen war die Interpretation der Verhaltensweisen besonders schwierig, da sie in der Häufigkeit ihrer Verhaltensweisen eng beieinander lagen. Außerdem spiegelt die Häufigkeit nicht unbedingt den Rang wider. Obwohl „Wuppi“ im Beobachtungszeitraum das aggressivste Tier war, war sie innerhalb der vier Hirschkühe das rangniederste Tier, da fast alle ihrer Drohgesten an den jungen Bock „Mirko“ adressiert waren. Der junge Bock hat wiederum keine seiner Dominanzgesten an eine der vier Kühe gerichtet, sondern alle an die Jung-

tiere. Auch bei den Hirschen stellt sich die Frage, wie aussagekräftig dominante oder aggressive Verhaltensweisen von Jungtieren für die Rangordnung sind und ob es nicht eine Nachahmung des Verhaltens der Adulten ist, um es spielerisch zu erlernen (Kappeler 2009b).

### 4.3 Stress

Stress kann immunsuppressiv wirken und Stresshormone (Glucocorticoide) modulieren das Immunsystem (Peng et al. 1989; Ader et al. 1990). Die Auswirkungen von Stress hängen von mehreren Faktoren ab, z. B. dem „genetischem Make Up“ des Wirtes, dem Typ und der Quantität des Stressors und dem Zeitpunkt des Auftretens (Dhabar und McEwen 1996). Stresshormontiter werden von psychoneuroimmunologischen Faktoren beeinflusst, wie dem Alter der Tiere, dem Geschlecht, dem sozialen Rang sowie der Aufzucht der Jungen bzw. dem Brüten.

Ein wichtiger Stressfaktor ist die **Haltungsdichte**. Bei einer Reihe geselliger Wirbeltiere führt Isolation sowohl zu Änderungen im Verhalten als auch zu hormonellen Veränderungen und kann somit als stressig bezeichnet werden (Hennessy 1996). Letzteres zeigt sich bei Mäusen in einer erhöhten Tumormetastasis (Wu et al. 2000). Die soziale Isolation führt bei männlichen Ratten und beim Menschen zu einer erhöhten Cortisolsekretion, unter basalen und Stress-stimulierten Umständen zu einem reduzierten Titer an Corticosteron im Plasma (Sánchez et al. 1998; Grant et al. 2009). Langzeit-Isolation führt bei Ratten zu einem erhöhten Gewicht der Thymus, ohne das Gewicht der Nebenniere zu beeinflussen (Sánchez et al. 1998). Soziale Isolation vermittelt beim Menschen eine Stress-induzierte Dysregulation kardiovaskulärer, metabolischer und neuroendokriner Prozesse (Grant et al. 2009). Die Umgebung kann aber auch immunomodulatorisch wirken. Beim europäischen Star (*Sturnus vulgaris*) sind isolierte Tiere aktiver und weisen einen höheren Corticosterontiter auf, als Tiere in gewohnter Umgebung (Apfelbeck und Raess 2008). In der vorliegenden Arbeit ist bei den Diamanttäubchen eine Beeinflussung der Titer an Glucocorticoiden durch Isolation und die fremde Umgebung bei den Referenztieren nicht auszuschließen. Bei Diamanttäubchen kommen aber durchaus Einzelgänger vor (Gibbs et al. 2001).

Eine beengte Haltung kann ebenfalls die Konzentrationen an Stresshormonen modulieren. Beim amerikanischen Alligator weisen solche Tiere einen höheren

Plasma Corticosterontiter auf, die einer höheren Haltungsdichte unterliegen (Elsley et al. 1990). Sowohl ein erhöhter Titer an Cortisol als auch eine Schwächung des alternativen Komplementpfades wurde bei juvenilen Goldbrassen (*Sparus aurata*) unter einer erhöhten Haltungsdichte nachgewiesen (Montero et al. 1999). Bei Legehennen haben Tiere, die alleine in einem Käfig gehalten werden, einen höheren Serum Cholesterol- jedoch einen verminderten Plasma Corticosterontiter als solche Hennen, die zu fünf in einem Käfig gehalten werden (Onbaşilar und Aksoy 2005).

Somit könnte auch die erhöhte Haltungsdichte der Erdmännchen dieser Arbeit gegenüber der Gruppe des Gehege 1 zu so genanntem „crowding stress“ geführt haben. Den Erdmännchen der aktuellen Studie standen im Innenbereich etwa 4,4m<sup>2</sup> zur Verfügung, während der Gruppe von 2005 der Außenbereich mit einer Fläche von 105m<sup>2</sup> zur Verfügung stand. Somit könnte dieser Umstand in der vorliegenden Arbeit einen erhöhten Glucocorticoidlevel und als Konsequenz ein geschwächtes Immunsystem der Erdmännchen induziert haben, was letztendlich zu einer erhöhten Anzahl an Parasiten im Kot gegenüber der anderen Gruppe führte.

Die Auswirkungen des **Alters** zeigen ältere Ratten, deren Glucocorticoidspiegel höher ist als bei jüngeren Ratten (Sapolsky 1991). Aber auch zwischen den **Geschlechtern** variieren bei verschiedenen Tierarten die Titer an Stresshormonen im Blut sowie deren Metabolite im Fezes (Touma und Palme 2005). Dies betrifft sowohl den Grundlevel an Glucocorticoiden als auch die Reaktivität der HPA-Achse als Antwort auf einen Stressor (Touma und Palme 2005). Grundtiter an Glucocorticoiden sind bei Weibchen nach einer Stimulation der HPA-Achse höher als bei Männchen (Kitay 1961, 1963; Kant et al. 1983; Haleem et al. 1988; Heinsbroek et al. 1991). Andererseits sind die Konzentrationen von ACTH und Cortisol bei Männern bis zu zweimal höher als bei Frauen (Kirschbaum et al. 1992). 17 $\beta$ -Estradiol erhöht die basale Glucocorticoidsekretion des adrenocorticalen Systems der Ratte, jedoch nicht die ACTH-stimulierte Corticosteronsekretion. Hingegen inhibiert Testosteron die ACTH-stimulierte Corticosteronsekretion, jedoch nicht die basale Sekretion (Novak et al. 1995). Beim Fitis (*Phylloscopus trochilus*) liegt im südlichen Schweden eine erhöhte adrenocorticale Antwort des Männchens auf Stress vor, und auch das Maximum der Konzentration an Corticosteron nach dem Fangen der Tiere ist bei den Männchen höher (Silverin et al. 1997).

Auswirkungen des **sozialen Status** auf die Hormontiter differieren bei den verschiedenen in sozialen, kooperativen Gruppen lebenden Arten. Bei gesunden

Mäusen differieren die Corticosterontiter von dominanten und rangniederen Tieren nicht (Gourbal et al. 2002). Bei Afrikanischen Wildhunden (*Lycaon pictus*) und Wölfen (*Canis lupus*) weisen ranghöhere Tiere einen höheren Titer an Glucocorticoiden auf als die rangniederen Tiere (Sands und Creel 2004). Bei Zwergmangusten (*Helogale parvula*) haben nur ranghöhere Weibchen einen höheren Grundtiter an Glucocorticoiden, während sich der Grundtiter bei Männchen nicht in Abhängigkeit vom Rang der Tiere unterscheidet (Creel 2005). Umgekehrt verhält es sich hingegen beim Nacktmull (*Heterocephalus glaber*), bei dem in rangniederen Tieren ein höherer Titer an Glucocorticoiden vorliegt (Creel 2005). Beim Rhesusaffen (*Macaca mulatta*) besitzen dominante Tiere ebenfalls einen geringeren Titer an Glucocorticoiden als rangniedere Tiere (Sassenrath 1970). Auch bei frei lebenden Erdmännchen weisen dominante Männchen und Weibchen eine höhere Cortisol-Konzentration auf (Carlson et al. 2004). Der Grundtiter wird aber durch Aggressionen innerhalb des sozialen Gefüges, wie das Verlieren eines Kampfes, rasch erhöht (Creel 2005). Oft führt bei demjenigen sozialen Rang, der die meisten Stressoren erhält, der Stress zu Krankheiten (Sapolsky 2005).

In sozialen Gruppen steigt der Stress in der **Fortpflanzungszeit**. Bei der Brunft von männlichen Rentieren (*Rangifer t. tarandus*) ist die Glucocorticoidkonzentration erhöht (Klein und Nelson 1999). Die Brutzeit induziert beim Rotfußtölpel (*Sula sula*) einen signifikant höheren Titer an Corticosteron während der gesamten elterlichen Zeit, welche die Brut und die Aufzucht beinhaltet, als während der nicht elterlichen Phase (Lormée et al. 2003). Im Blut von Trauerschnäppern (*Ficedula hypoleuca*) liegt eine Reduktion des Corticosteron-bindenden Proteins während der Brutsaison vor (Silverin 1986). Corticosteroide binden an dieses Protein, werden so vermutlich biologisch inaktiv und können die Zielzellen/-kompartimente nicht mehr erreichen (Slaunwhite et al. 1962; Hoffman et al. 1969). Als Konsequenz liegt eine erhöhte Corticosteronkonzentration vor (Silverin 1986). Eine Corticosteron-Antwort auf „handling-stress“ beim Langflügel Sturmvogel (*Pterodroma macropetra gouldi*) fällt signifikant stärker während der Bebrütung aus als während anderer Brutphasen (Adams et al. 2005). Der Grundlevel an Corticosteron ist ebenfalls beim Star (*Sturnus vulgaris*) während der Jungenaufzucht am höchsten (Love et al. 2004) und bei der Carolinataube (*Zenaida macroura*) positiv mit dem elterlichen Aufwand und dem Nestlingsgewicht verbunden (Miller et al. 2009). Beim Schneesturmvogel (*Pagodroma nivea*) hingegen ist die Corticosteron-Antwort bei brütenden Vögeln

nicht beeinflusst (Angelier et al. 2009).

Da im Rahmen der vorliegenden Arbeit bei allen Proben die Konzentrationen an Stresshormonen wegen der Erkrankung von Mitarbeitern des Institutes in Wien nicht bestimmt werden konnten, ist eine Korrelation zwischen der Konzentration an Stresshormonen und psychoneuroimmunologischen Faktoren der entsprechenden Tiere nicht möglich.

#### 4.4 Intensitäten der Parasitierungen

Bei immunsuppressiven Auswirkungen der psychoneuroimmunologischen Faktoren sollte sich dies in einer stärkeren Parasitierung manifestieren. Deshalb sind dieselben Faktoren wie bei den Stresshormonen auch bei der Parasitierung relevant. Auswirkungen des **Alters** zeigen sich bei Schafen, bei denen vier Monate alte Lämmer mehr Eier gastrointestinaler Nematoden im Kot enthalten als 28 Monate alte Tiere (Douch und Morum 1993). Bei Hunden und Katzen sind ebenfalls jüngere Tiere anfälliger für Endoparasiten (Gates und Nolan 2009). In der vorliegenden Arbeit enthielt der Kot des einzigen Jungtieres der Erdmännchengruppe 2011 eine durchgehend höhere Dichte an *Isospora*-Oocysten als der Kot der adulten Gruppenmitglieder. Da diese Parasitierung im darauf folgenden Jahr deutlich abnahm, ist es ein Beispiel für eine höhere Parasitierung mit *Isospora* sp. bei Jungtieren, die mit zunehmenden Alter abnimmt. Bei den Weißlippenhirschen trat das entgegengesetzte Phänomen auf: Im Kot der beiden Jungtiere sowie des jungen Bocks lagen in beiden Beprobungszeiträumen deutlich weniger Parasiten vor als bei den adulten Hirschkühen.

Auswirkungen der **Geschlechter** variieren bei den einzelnen Arten. Bei Berggorillas (*Gorilla gorilla beringei*) fanden sich keine Unterschiede (Sleeman et al. 2000), wohl aber bei anderen Säugern. Wenn eine Testosteron-vermittelte Immunsuppression beim Männchen vorliegt, sind Weibchen gegen parasitische Infektionen resistenter als Männchen (Morales-Montor et al. 2004). Dabei sind Prävalenz und Intensität einer Infektion für Protozoen, Nematoden, Trematoden, Cestoden und Arthropoden beim Männchen oft höher als beim Weibchen (Klein 2004). So sind männliche Mäuse anfälliger für eine Infektion mit dem Malariaerreger als Weibchen und weisen ein höheres Risiko auf an der Infektion zu sterben (Zhang et al. 2000, Krücken 2005a, 2005b; Cernetich et al. 2006). Eine Infektion mit *Echinococcus*

*granulosus* führt bei männlichen Mäusen nach 21 Tagen zu mehr und größeren Cysten (Frayha et al. 1971), und bei Infektionen mit Helminthen besitzen Männchen mehr und größere Helminthen als Weibchen (Poulin 1996). Beim Menschen tritt die viszerale Leishmaniasis durch *Leishmania donovani* häufiger bei Männern als bei Frauen auf (Grevelink und Lerner 1996). Entgegengesetzte Effekte treten nach einer Infektion mit *Schistosoma mansoni* auf, die bei männlichen Mäusen zu weniger adulten Würmern führt als bei weiblichen Mäusen (Nakazawa et al. 1997). Außerdem ist die Resistenz für eine Infektion mit *Toxoplasma gondii* bei weiblichen Mäusen höher als bei männlichen (Walker et al. 1997). Beim Menschen liegt eine höhere Anfälligkeit für *Plasmodium malariae* für Frauen an der Ostküste Indiens vor (Dhangadamajhi et al. 2009).

In der vorliegenden Arbeit wies in der Erdmännchengruppe beim Königspaar das Weibchen „Angie“ 2011 eine niedrigere Parasitierung auf als das Männchen „Power“, während 2012 „Power“ weniger parasitiert war. Beim Zwillingsspaar „Carla“ und „Lenny“ verhielt es sich ähnlich: 2011 enthielt der Kot von „Carla“ mehr Parasiten und 2012 der Kot von „Lenny“. Eine Parasitierung in Abhängigkeit vom Geschlecht lag demnach bei den Erdmännchen nicht vor. Bei den Diamanttäubchen fanden sich im Kot des Männchens des brütenden Paares aber auch bei dem in isolierter Haltung durchweg weniger *Isospora* sp. als im Kot der Weibchen. Hierbei lag also eine erhöhte Parasitierung beim weiblichen Geschlecht vor.

Als Auswirkung der **Rangordnung** wird die deutlich höhere Wahrscheinlichkeit für Infektionen bei niedrigem sozialen Status aufgeführt (Cohen et al. 1997). Die Immunantwort auf eine Infektion mit dem Nematoden *Heligmosomoides polygyrus* fällt niedriger in ranghöheren Mäusen aus, wobei eine verringerte Antwortfähigkeit auf die Infektion mit einer erhöhten Konzentration an Corticosteron im Serum assoziiert ist (Barnard et al. 1998). Individuelle Unterschiede der Immunreaktivität und der Anfälligkeit scheinen bei Schweinen mit dem individuellen Status innerhalb eines sozialen Gefüges assoziiert zu sein (Hessing et al. 1994). Bei Javaneraffen (*Macaca fascicularis*) korreliert niedriger sozialer Status mit einer erhöhten Anfälligkeit für Atemwegsinfektionen (Cohen et al. 1997).

Die vorliegende Arbeit belegte besonders bei den Erdmännchen Auswirkungen des Ranges. Die Parasitierung nahm mit abnehmendem Rang zu. Das Königspaar besaß 2011 die geringste mittlere Parasitierung. Der Kot der Königin „Angie“ ( $\alpha$ ) enthielt weniger Parasiten als der Kot von „Power“ ( $\beta$ ) und der von „Klumpi“ ( $\gamma$ ) weniger

als der vom Zwillingpaar „Lenny“ ( $\delta$ ) und „Carla“ ( $\epsilon$ ). Trotz der Nähe in der Hierarchie wies „Lenny“ eine deutlich niedrigere Parasitierung mit *Isospora* sp. auf als „Carla“. Demnach korrelierte bei der Erdmännchengruppe 2011 eindeutig die Parasitierung negativ mit dem sozialen Status. Wegen der stressreichen Ereignisse, d. h. den Kämpfen in der Gruppe, wurden 2012 nur die Kotproben von drei Tagen in die Auswertung einbezogen. In diesem Jahr zeigte „Carla“ die niedrigste mittlere Parasitierung, wobei die des Königspaars fast gleich hoch war. Ansonsten nahm die Parasitierung ähnlich wie 2011 mit abnehmendem Rang zu. So wies „Klumpi“ weniger Parasiten als „Lenny“ auf und „Lenny“ wiederum weniger als „Dumbo“. Die beiden Kämpfe innerhalb des sozialen Gefüges hatten bei allen, aber besonders bei den jeweils am Kampf beteiligten Erdmännchen Anstiege der individuellen Parasitierung an den darauf folgenden Tagen zur Folge. Beim Vergleich der Parasitierung der Erdmännchen mit denen, die 2005 im Zoologischen Garten Wuppertal untersucht wurden, fällt eine deutlich niedrigere Anzahl an Parasiten bzw. Oocysten im Kot auf als bei den 2011 und 2012 erfassten Tieren. So betrug 2005 die höchste mittlere Parasitierung 6.679 Oocysten/g Kot („Garfield“) und die niedrigste 29 Oocysten/g Kot („Tinchen“) (Stadler 2006). Die Unterschiede der höchst und niedrigst infizierten Individuen von 2005 und 2011 sind statistisch höchst signifikant ( $p < 0,001$ ). Da die Gruppe 2011 und 2012 kein Außengehege zur Verfügung hatte, sollte ein solcher Faktor bei zukünftigen Unternehmungen einbezogen werden.

Bei den Weißlippenhirschen sollten wegen der Auswirkungen des Alters nur die vier Hirschkühe einbezogen werden. Ebenso wie bei den Erdmännchen nahm die Parasitierung mit abnehmendem Rang zu. Der Kot von „Kerbe“ ( $\alpha$ ) enthielt weniger Parasiten als der von der „Berlinerin“ ( $\beta$ ), und der wiederum weniger als der von der „Rotterdamerin“ ( $\gamma$ ). Die rangniederste Kuh „Wuppi“ ( $\delta$ ) wies unter den Kühen die höchste mittlere Parasitierung auf.

Bei Männchen beeinflusst die **Fortpflanzung** stark die Immunität. Energetische Kosten zu Gunsten der Pflege und für morphologische Veränderungen, um attraktiver für potentielle Partnerinnen zu erscheinen, reduzieren die immunologische Kompetenz gegenüber Krankheiten (Zuk et al. 1990; Klein et al. 1999). Eine Brunft-induzierte erhöhte Anfälligkeit für Nematoden liegt bei Rentieren (*Rangifer t. tarandus*) vor (Klein 1999). Aber auch die Weibchen sind während der Fortpflanzungs-/Brutzeit einer Reihe von Stressoren ausgesetzt, z. B. bei der Partnerauswahl, Schwangerschaft und Laktation (Klein 1999). So liegt in dieser Zeit eine reduzierte immunologi-

sche Funktionalität vor (Festa-Bianchet 1989). Bei Menschen und Tieren resultiert eine reduzierte Zell-vermittelte Immunantwort während der Schwangerschaft in einer erhöhten Anfälligkeit für Parasiten (Priddy 1997). Eine stärkere Parasitierung mit *Haemoproteus* sowie eine verminderte Antikörperantwort auf das „Newcastle disease virus“ (Newcastle Krankheit) korrelieren beim Halsbandschnäpper (*Ficedula albicollis*) mit dem Reproduktionsaufwand (Nordling et al. 1998).

Das Diamanttäubchenpärchen der vorliegenden Arbeit zeigte während der Brutzeit eine höhere mittlere Parasitierung mit *Isospora* sp. als die drei Tauben, die als Referenz isoliert gehalten wurden. Somit konnte hier eine Brut-induzierte erhöhte Anfälligkeit für Parasiten nachgewiesen werden. Während der Brut schienen Schlupf und Tod des Kükens und erneute Eiablage Stressoren zu sein. An den nachfolgenden Tagen dieser Ereignisse, waren jeweils rapide Anstiege in der individuellen Parasitierung des Pärchens zu verzeichnen.

In zukünftigen Untersuchungen sollten bei Erdmännchen durch Einbeziehung verschiedener Zoologischer Gärten Auswirkungen der Haltungsdichte verglichen werden. Bei Hirschgruppen sollte eine größere Gruppe mit Platzhirsch und Nebenbuhler einbezogen werden. Eine weitere Untersuchung zur Parasitierung bei Diamanttäubchen sollte erfolgen, da als Tendenz eine erhöhte Anfälligkeit der Männchen vorlag, was bisher eher selten beschrieben wurde. Des Weiteren ließen sich bei ihnen Anstiege in der Parasitierung aufgrund stressreicher Ereignisse gut nachvollziehen. Außerdem wäre ein weiterer Versuch der minimal-invasiven Blutentnahme via Raubwanze bei den Diamanttäubchen lohnenswert, da die Ansätze hier vielversprechend waren.

## 5. Zusammenfassung

Parasit-Wirt-Systeme werden von verschiedenen psychoneuroimmunologischen Faktoren beeinflusst. Diese Faktoren können das Gleichgewicht zu Gunsten oder Ungunsten des Wirtes bzw. Parasiten verschieben. Solche Faktoren sind Alter, Geschlecht, Rangordnung und Fortpflanzung. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Auswirkungen der entsprechenden Faktoren auf die Parasitierungen mit intestinalen Protozoen bei einer Erdmännchen- und Weißlippenhirschgruppe sowie den Diamanttäubchen des Zoologischen Gartens Wuppertal untersucht.

- Ein Einfluss des Alters auf das Immunsystem lag bei den Erdmännchen vor, bei denen das Jungtier eine deutlich höhere Parasitierung aufwies als die Adulten. Bei den Weißlippenhirschen waren es aber die jüngeren Tiere, die einen geringeren Befall mit intestinalen Protozoen aufwiesen, als die Adulten.
- Auswirkungen des Geschlechts auf die Parasitierung lagen bei den Erdmännchen nicht vor. Bei den Weißlippenhirschen war der Platzhirsch zu Beginn der Beobachtung verstorben. Bei den Diamanttäubchen enthielt der Kot des Männchens weniger Parasiten.
- Die Rangordnung als psychoneuroimmunologischer Faktor spiegelt sich besonders gut bei den Erdmännchen wider, bei denen eine zunehmende Parasitierung intestinaler Protozoen mit dem abnehmendem Rang der Tiere korrelierte. Ein ähnlicher Trend war ebenfalls bei den adulten Weißlippenhirschkühen zu beobachten.
- Die Diamanttäubchen besaßen in der Brutzeit eine stärkere Parasitierung mit *Isospora* sp. als außerhalb dieser Phase und als nicht brütende Tiere.
- Bei den Erdmännchen wirkten sich besonders deutlich spontan auftretende stressreiche Ereignisse aus und verstärkten die Parasitierung.

## 6. Literaturverzeichnis

- Adams L, Finn JA (1972)** Behavioral indices of adrenal gland weight in the California ground squirrel. *Ecology* 53:173–176
- Adams NJ, Cockrem JF, Taylor GA, Candy EJ, Bridges J (2005)** Corticosterone responses of grey-faced petrels (*Pterodroma macropetra gouldi*) are higher during incubation than during other breeding stages. *Physiol Biochem Zool* 78:69–77
- Ader R, Felten D, Cohen N (1990)** Interactions between the brain and the immune system. *Annu Rev Pharmacol Toxicol* 30:561–602
- Ahmed SA, Talal N (1990)** Sex hormones and the immune system – part 2. Animal data. *Baillieres Clin Rheumatol* 4:13–31
- Ahmed SA, Duphinée MJ, Talal N (1985a)** Effects of short-term administration of sex hormones on normal and autoimmune mice. *J Immunol* 134:204–210
- Ahmed SA, Penhale WJ, Talal N (1985b)** Sex hormones, immune response, and autoimmune diseases. Mechanisms of sex hormone action. *Am J Pathol* 121:531–551
- Ahmed SA, Dauphinée MJ, Montoya AI, Talal N (1989a)** Estrogen induces normal murine CD5<sup>+</sup> B cells to produce autoantibodies. *J Immunol* 142:2647–2653
- Ahmed SA, Aufdemorte TB, Chen J-R, Montoya AI, Olive D, Talal N (1989b)** Estrogen induces the development of autoantibodies and promotes salivary gland lymphoid infiltrates in normal mice. *J Autoimmun* 2:543–552
- Alexander J, Stimson WH (1988)** Sex hormones and the course of parasitic infections. *Parasitol Today* 4:189–193
- Alvarez-Mon M, Kehrl JH, Fauci AS (1985)** A potential role for adrenocorticotropin in regulating human B lymphocyte functions. *J Immunol* 135:3823–3826
- Angelier F, Moe B, Blanc S, Chastel O (2009)** What factors drive prolactin and corticosterone responses to stress in a long-lived bird species (snow petrel *Pagodroma nivea*)? *Physiol Biochem Zool* 82:590–602
- Apfelbeck B, Raess M (2008)** Behavioural and hormonal effects of social isolation and neophobia in a gregarious bird species, the European starling (*Sturnus vulgaris*). *Horm Behav* 64:435–441
- Arnold JM, Oswald SA, Voigt CC, Palme R, Braasch A, Bauch C, Becker PH (2008)** Taking the stress out of blood collection: comparison of field blood-sampling techniques for analysis of baseline corticosterone. *J Avian Biol* 39:588–592
- Baer GM, McLean RG (1972)** A new method of bleeding small and infant bats. *J Mammal* 53:231–232
- Bähnisch E (2011)** Parasitämie, Stress-Parameter und Fremdgerate von Kohlmeisen (*Parus major*) in unterschiedlichen Habitaten. Dissertation, Universität Duisburg-Essen

- Barnard CJ, Behnke JM, Gage AR, Brown H, Smithurst PR (1998)** The role of parasite-induced immunodepression, rank and social environment in the modulation of behaviour and hormone concentration in male laboratory mice (*Mus musculus*). *Proc Biol Sci* 265:693–701
- Becker PH, Voigt CC, Arnold JM, Nagel R (2005)** A non-invasive technique to bleed incubating birds without trapping: a blood-sucking bug in a hollow egg. *J Ornithol* 147:115–118
- Benten WPM, Lieberherr M, Giese G, Wrehlke C, Stamm O, Sekeris CE, Mossmann H, Wunderlich F (1999a)** Functional testosterone receptors in plasma membranes of T cells. *FASEB J* 13:123–133
- Benten WPM, Liebherr M, Stamm O, Wrehlke C, Guo Z, Wunderlich F (1999b)** Testosterone signalling through internalizable surface receptors in androgen receptor-free macrophages. *Mol Biol Cell* 10:3113–3123
- Berczi I (1998)** The stress concept and neuroimmunoregulation in modern biology. *Ann N Y Acad Sci* 851:3–12
- Bijlsma JWJ, Cutolo M, Masi AT, Chikanza IC (1999)** The neuroendocrine immune basis of rheumatic diseases. *Immunol Today* 20:298–301
- Blanchard RJ, McKittrick CR, Blanchard DC (2001)** Animal models of social stress: effect of behavior and brain neurochemical systems. *Physiol Beh* 73:261–271
- Braude S, Tang-Martinez Z, Taylor GT (1999)** Stress, testosterone, and the immunoredistribution hypothesis. *Behav Ecol* 10:345–350
- Bronson FH (1963)** Some correlates of interaction rate in natural populations of woodchucks. *Ecology* 4:637–643
- Bützler W (1974)** Kampf- und Paarungsverhalten, soziale Rangordnung und Aktivitätsperiodik beim Rothirsch (*Cervus elaphus* L.) Verlag PaulParey, Berlin
- Cannon WB (1927)** Bodily changes in pain, hunger, fear and rage. D. Appleton and Company, New York
- Cannon WB (1929)** Organization for physiological homeostasis. *Physiol Rev* 9:399–431
- Carlson AA, Young AJ, Russell AF, Bennett NC, McNeilly AS, Clutton-Brock T (2004)** Hormonal correlates of dominance in meerkats (*Suricata suricatta*). *Horm Behav* 46:141–150
- Carlson NR (2004)** Angststörung, Autismus, Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung und Störungen durch Stress. In: Carlsen NR (Ed.) *Physiologische Psychologie*. Pearson Education Deutschland, München: 681–693
- Carlsten H, Holmdahl R, Tarkowski A, Nilsson L-A (1989)** Oestradiol- and testosterone-mediated effects on the immune system in normal and autoimmune mice are genetically linked and inherited as dominant traits. *Immunology* 68:209–214

- Cernetich A, Garver LS, Jedlicka AE, Klein PW, Kumar N, Scott AL, Klein SL (2006)** Involvement of gonadal steroids and gamma interferon in sex differences in response to blood-stage malaria infection. *Infect Immun* 74:3190–3203
- Charmandari E, Tsigos C, Chrousos G (2005)** Endocrinology of the stress response. *Annu Rev Physiol* 67:259–284
- Christian JJ (1955)** Effect of population size on the adrenal glands and reproductive organs of male mice in populations of fixed size. *Am J Physiol* 182:292–300
- Clutton-Brock TH (2002)** Breeding together: kin selection and mutualism in cooperative vertebrates. *Science* 296:69–72
- Clutton-Brock TH, Maccoll A, Chadwick P, Gaynor D, Kansky R, Skinner JD (1999)** Reproduction and survival of suricates (*Suricata suricatta*) in the southern Kalahari. *Afr J Ecol* 37:69–80
- Clutton-Brock TH, Brotherton PNM, O’Rian MJ, Griffin AS, Gaynor D, Sharpe L, Kansky R, Manser MB, McIlrath GM (2000)** Individual contributions to babysitting in a cooperative mongoose, *Suricata suricatta*. *Proc Biol Sci* 267:301–305
- Cohen S, Line S, Manuck SB, Rabin BS, Heise ER, Kaplan JR (1997)** Chronic social stress, social status, and susceptibility to upper respiratory infections in nonhuman primates. *Psychosom Med* 59:213–221
- Cohn DA (1979)** High sensitivity to androgen as a contributing factor in sex differences in the immune response. *Arthritis Rheum* 22:1218–1233
- Creel S (2001)** Social dominance and stress hormones. *Trends Ecol Evol* 16:491–497
- Creel S (2005)** Dominance, aggression, and glucocorticoid levels in social carnivores. *J Mammal* 86:255–264
- Cutolo M, Accardo S, Villaggio B, Barone A, Sulli A, Coviello DA, Carabbio C, Felli L, Miceli D, Farruggio R, Carruba G, Castagnetta L (1996)** Androgen and estrogen receptors are present in primary cultures of human synovial macrophages. *J Clin Endocrinol Metab* 81:820–827
- Da Silva JAP (1999)** Sex hormones and glucocorticoids: interactions with the immune system. *Ann N Y Acad Sci* 876:102–117
- Davis LR (1973)** Techniques. In: Hammond DM und Long PL (Eds.) *The coccidia*. University Park Press, Baltimore: 426
- Daynes RA, Araneo BA (1989)** Contrasting effects of glucocorticoids on the capacity of T cells to produce the growth factors interleukin 2 and interleukin 4. *Eur J Immunol* 19:2319–2325
- Dennis N, McDonald D (2009)** *Meerkats*. A & C Black Publishers Ltd, London
- Dhabar FS (1998)** Stress-induced enhancement of cell-mediated immunity. *Ann N Y Acad Sci* 840:359–372

- Dhabar FS, McEwen BS (1996)** Stress-induced enhancement of antigen-specific cell-mediated immunity. *J Immunol* 156:2608–2615
- Dhabar FS, McEwen BS (1997)** Acute stress enhances while chronic stress suppresses cell-mediated immunity *in vivo*: a potential role for leukocyte trafficking. *Brain Behav Immun* 11:286–306
- Dhabar FS, Miller AH, McEwen BS, Spencer RL (1996)** Stress-induced in blood leukocyte distribution. Role of adrenal steroid hormones. *J Immunol* 157:1638–1644
- Dhangadamajhi G, Kar SK, Ranjit MR (2009)** High prevalence and gender bias in distribution of *Plasmodium malariae* infection in central east-coast India. *Trop Biomed* 26:326–333
- Dolnik O (2006)** The relative stability of chronic *Isospora sylvianthina* (Protozoa: Apicomplexa) infection in blackcaps (*Sylvia atricapilla*): evaluation of a simplified method of estimating isosporan infection intensity in passerine birds. *Parasitol Res* 100:155–160
- Douch PGC, Morum PE (1993)** The effect of age on the response of Romney sheep to gastrointestinal nematodes during grazing. *Int J Parasitol* 23:651–655
- Eichler S, Schaub GA (2002)** The effects of aposymbiosis and of an infection with *Blastocrithidia triatomae* (Trypanosomatidae) on the tracheal system of the reduviid bugs *Rhodnius prolixus* and *Triatoma infestans*. *J Insect Physiol* 44:131–140
- Eidinger D, Garrett TJ (1972)** Studies of the regulatory effects of the sex hormones on antibody formation and stem cell differentiation. *J Exp Med* 136:1098–1116
- Elsley RM, Joanen T, McNease L, Lance V (1990)** Stress and plasma corticosterone levels in the american alligator. Relationship with stocking density and nesting success. *Comp Biochem Physiol* 95:55–63
- Eriksson E, Royo F, Lyberg K, Carlsson H-E, Hau J (2004)** Effect of metabolic cage housing on immunoglobulin A and corticosterone excretion in faeces and urine of young male rats. *Exp Physiol* 89:427–433
- Faber H, Haid H (1995)** Hormone und Stress. In: Faber H, Haid H (Eds.) *Endokrinologie: Einführung in die Molekularbiologie und Physiologie der Hormone*. UTB, Stuttgart: 158–167
- Festa-Bianchet M (1989)** Individual differences, parasites, and the costs of reproduction for bighorn ewes (*Ovis canadensis*). *J Anim Ecol* 58:785–795
- Fox HS, Bond BL, Parslow TG (1991)** Estrogen regulates the IFN $\gamma$  promoter. *J Immunol* 146:4362–4367
- Frayha GJ, Lawlor WK, Dajani RM (1971)** *Echinococcus granulosus* in albino mice: effect of host sex and sex hormones on the growth of hydatid cysts. *Exp Parasitol* 29:255–262
- Friend WG, Smith JJB (1977)** Factors affecting feeding by bloodsucking insects. *Ann Rev Entomol* 22:309–331

- Gaillard RC, Spinedi E (1998)** Sex- and stress-steroids interactions and the immune system: evidence for a neuroendocrine-immunological sexual dimorphism. *Domest Anim Endocrinol* 15:345–352
- Gates MC, Nolan TJ (2009)** Endoparasite prevalence and recurrence across different age groups of dogs and cats. *Vet Parasitol* 166:153–158
- Gibbs D, Barnes E, Cox J (2001)** Pigeons and doves. A guide to the pigeons and doves of the world. Pica Press, Sussex: 311–312
- Goldstein DS, Frank SM (2001)** The wisdom of the body revisited: the adrenomedullary response to mild core hypothermia in humans. *Endocr Regul* 35:3–7
- Gourbal BEF, Lacroix A, Gabrion (2002)** Behavioural dominance and *Taenia crassiceps* parasitism in BALB/c male mice. *Parasitol Res* 88:912–917
- Grant N, Hamer M, Steptoe A (2009)** Social isolation and stress-related cardiovascular, lipid, and cortisol responses. *Ann Behav Med* 37:29–37
- Grevelink SA, Lerner EA (1996)** Leishmaniasis. *J Am Acad Dermatol* 34:257–272
- Griffin AS, Pemberton JM, Brotherton PNM, McIlrath G, Gaynor D, Kansky R, O'Rian J, Clutton-Brock TH (2003)** A genetic analysis of breeding success in the cooperative meerkat (*Suricata suricatta*). *Behav Ecol* 4:472–480
- Grossman CJ (1984)** Regulation of the immune system by sex steroids. *Endocr Rev* 5:435–455
- Grossman CJ (1985)** Interactions between the gonadal and the immune system. *Science* 227:257–261
- Guo Z, Krücken J, Benten WPM, Wunderlich F (2002a)** Estradiol-induced nongenomic calcium signaling regulates genotropic in macrophages. *J Biol Chem* 277:7044–7050
- Guo Z, Benten WPM, Krücken J, Wunderlich F (2002b)** Nongenomic testosterone calcium signalling. *J Biol Chem* 277:29600–29607
- Haleem DJ, Kennett G, Curzon G (1988)** Adaption of female rats to stress: shift to male pattern by inhibition of corticosterone synthesis. *Brain Res* 458:339–347
- Hammond WC (1973)** Life cycles and development of coccidia. In: Hammond DM und Long PL (Eds.) *The coccidia*. University Park Press, Baltimore: 46–72
- Harris RB, Pletscher DH, Loggers CO, Miller DJ (1999)** Status and trends of Tibetan plateau mammalian fauna, Yeniugou, China. *Biol Conserv* 87:13–19
- Heinsbroek RPW, van Haaren F, Feenstra MGP, Endert E, van de Poll NE (1991)** Sex- and time-dependent changes in neurochemical and hormonal variables induced by predictable and unpredictable footshock. *Physiol Behav* 49:1251–1256
- Hennessy MB (1996)** Hypothalamic-pituitary-adrenal responses to brief social separation. *Neurosci Biobehav Rev* 21:11–29

- Henry JP, Stephens PM, Ely DL (1986)** Psychosocial hypertension and the defence and defeat reactions. *J Hypertens* 4:687–697
- Hessing MJC, Scheepens CJM, Schouten WGP, Thielen MJM, Wiepkema PR (1994)** Social rank and disease susceptibility in pigs. *Vet Immunol Immunopathol* 43:373–387
- Hoffman W, Forbes TR, Westphal U (1969)** Biological inactivation of progesterone by interaction with corticosteroid-binding globulin and with albumin. *Endocrinology* 85:778–781
- Hoffmann H, Voigt CC, Thomsen R (2005)** Patentschrift: DE102004004066B32005.06.09  
Vorrichtung zur minimal-invasiven Blutentnahme bei Tieren mittels blutsaugender Raubwanzen. Deutsches Patent- und Markenamt
- Höhn E, Seidel G (1976)** Verfahren der graphischen Darstellung soziometrischer Daten. In: Höhn E, Seidel G (Eds.) *Das Soziogramm. Die Erfassung von Gruppenstrukturen*. Verlag für Psychologie, Göttingen: 26–42
- Hu S-K, Mitcho YL, Rath NC (1988)** Effect of estradiol on interleukin 1 synthesis by macrophages. *Int J Immunopharmac* 10:247–252
- Johnson HM, Smith EM, Torres BA, Blalock JE (1982)** Regulation of the *in vitro* antibody response by neuroendocrine hormones. *Proc Natl Acad Sci U S A* 79:4171–4174
- Johnson HM, Torres BA, Smith EM, Dion LD, Blalock JE (1984)** Regulation of lymphokine ( $\gamma$ -interferon) production by corticotropin. *J Immunol* 132:246–250
- Kant GJ, Lenox RH, Bunnell BN, Mougey EH, Pennington LL, Meyerhoff JL (1983)** Comparison of stress response in male and female rats: pituitary cyclic amp and plasma prolactin, growth hormone and corticosterone. *Psychoneuroendocrinology* 8:421–428
- Kappeler P (2009a)** Verhaltensbiologie: Inhalte und Geschichte. In: Kappeler P (Ed.) *Verhaltensbiologie*. Springer-Verlag, Berlin: 15–19
- Kappeler P (2009b)** Jungenaufzucht. In: Kappeler P (Ed.) *Verhaltensbiologie*. Springer-Verlag, Berlin: 403–472
- Keller SE, Schleifer SJ, Miller NE, Stein M (1981)** Suppression of Immunity by stress: effect of a graded stress series of stressors on lymphocyte stimulation in the rat. *Science* 213:1397–1400
- Kirschbaum C, Wüst S, Hellhammer D (1992)** Consistent sex differences in cortisol response to psychological stress. *Psychosom Med* 54:648–657
- Kitay JI (1961)** Sex differences in adrenal cortical secretion in the rat. *Endocrinology* 68:818–824
- Kitay JI (1963)** Pituitary-adrenal function in the rat after gonadectomy and gonadal hormone replacement. *Endocrinology* 73:253–260

- Kittas C, Henry L (1979)** Effect of sex hormones on the immune system of guinea-pigs and the development of toxoplasmic lesions in non-lymphoid organs. *Clin Exp Immunol* 36:16–23
- Klein SL, Gamble HR, Nelson RJ (1999)** Role of steroid hormones in *Trichinella spiralis* infection among voles. *Am J Physiol* 277:1362–1367
- Klein SL (2004)** Hormonal and immunological mechanisms mediating sex differences in parasite infection. *Parasite Immunol* 26:247–164
- Klein SL, Nelson RJ (1999)** Influence of social factors on immune function and reproduction. *Rev Reprod* 4:168–178
- Kollien AH, Schaub GA (1998)** The development of *Trypanosoma cruzi* (Trypanosomatidae) in the reduviid bug *Triatoma infestans* (Insecta): influence of starvation. *J Euk Microbiol* 45:59–63
- Koolhaas JM, Meerlo P, De Boer SF, Strubbe SF, Bohus B (1997)** The temporal dynamics of the stress response. *Neurosci Biobehav Rev* 21:775–782
- Krücken J, Dkhil MA, v. Braun J, Schroetel RMU, El-Khadragy M, Carmeliet P, Mossmann H, Wunderlich F (2005a)** Testosterone suppresses protective responses of the liver to blood-stage malaria. *Infect Immun* 37:436–443
- Krücken J, v. Braun J, Dkhil MA, Grunwald A, Wunderlich F (2005b)** Deletion of LT $\beta$ R augments male susceptibility to *Plasmodium chabaudi*. *Parasite Immunol* 27:205–212
- Landete-Castillejos T, Ceacero F, García AJ, Estevez JA, Gallego L (2010)** Direct versus indirect effects of social rank, maternal weight, body condition and age on milk production in Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*). *J Dairy Res* 77:77–84
- Leslie DM, Jr. (2010)** *Przewalskium albirostre* (Artiodactyla: Cervidae). *Mamm Spec* 42:7–18
- Levine ND (1985)** Phylum II. Apicomplexa. In: Lee JJ, Hunter SH, Bovee (Eds.) An illustrated guide to the protozoa. Allen Press, Inc., Lawrence, KS 66044 USA: 323–352
- Lindsay DS, Dubey JP, Blagburn BL (1997)** Biology of *Isospora* spp. From humans, nonhuman primates, and domestic animals. *Clin Microbiol Rev* 10:19–34
- Lormée H, Jouventin P, Trouve C, Chastel O (2003)** Sex-specific patterns in baseline corticosterone and body condition changes in breeding Red-footed boobies *Sula sula*. *Ibis* 145:212–219
- Louch CD, Higginbotham M (1967)** The relation between social rank and plasma corticosterone levels in mice. *Gen Comp Endocrinol* 8:441–444
- Love OP, Breuner CW, Vézina F, Williams TD (2004)** Mediation of corticosterone-induced reproductive conflict. *Horm Behav* 46:59–65
- Lucius R, Loos-Frank B (2008)** Parasitische Protozoen. In: Lucius R, Loos-Frank B (Eds.) *Biologie von Parasiten*. Springer-Verlag, Berlin: 199–200

- Manogue KR, Leshner AI, Candland DK (1975)** Dominance status and adrenocortical reactivity to stress in squirrel monkey (*Saimiri sciureus*). *Primates* 16:457–463
- Manser MB (1999)** Response of foraging group members to sentinel calls in suricates, *Suricata suricatta*. *Proc R Soc Lond B* 266:1013–1019
- Manser MB (2001)** The acoustic structure of suricates' alarm calls varies with predator type and the level of response urgency. *Proc R Soc Lond B* 268:2315–2324
- Manser MB, Seyfarth RM, Cheney DL (2002)** Suricate alarm calls signal predator class and urgency. *Trends Cogn Sci* 6:55–57
- Marquardt WC (1973)** Host and site specificity in the coccidia. In: Hammond DM und Long PL (Eds.) *The coccidia*. University Park Press, Baltimore: 35–39
- Matern B (1995)** Parasitologische Überwachung der Tiere. In: Göltenboth R, Klös HG (Eds.) *Krankheiten der Zoo- und Wildtiere*. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin: 10
- Mehlhorn H (2001)** Baupläne und Biologie der Tiere. In: Mehlhorn H (Ed.) *Grundriss der Zoologie*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 66–71
- Mehlhorn H, Piekarski G (2002a)** Das Phänomen Parasitismus. In: Mehlhorn H, Piekarski G (Eds.) *Grundriß der Parasitenkunde. Parasiten des Menschen und der Nutztiere*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 1–12
- Mehlhorn H, Piekarski G (2002b)** Protozoen/Protisten. In: Mehlhorn H, Piekarski G (Eds.) *Grundriß der Parasitenkunde: Parasiten des Menschen und der Nutztiere*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 74–146
- Mehlhorn H, Piekarski G (2002c)** Helminthes. In: Mehlhorn H, Piekarski G (Eds.) *Grundriß der Parasitenkunde: Parasiten des Menschen und der Nutztiere*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 319–325
- Mehlhorn H, Düwel D, Raether W (1986a)** Untersuchungsmethoden. In: Mehlhorn H, Düwel D, Raether W (Eds.) *Diagnose und Therapie von Parasitosen von Haus-, Nutz- und Heimtieren*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 1–5
- Mehlhorn H, Düwel D, Raether W (1986b)** Parasiten der Hunde und Katzen. In: Mehlhorn H, Düwel D, Raether W (Eds.) *Diagnose und Therapie von Parasitosen von Haus-, Nutz- und Heimtieren*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 21–48
- Mehlhorn H, Düwel D, Raether W (1986c)** Parasiten der Wiederkäuer. In: Mehlhorn H, Düwel D, Raether W (Eds.) *Diagnose und Therapie von Parasitosen von Haus-, Nutz- und Heimtieren*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 155–162
- Mehlhorn H, Düwel D, Raether W (1986d)** Parasiten der Vögel. In: Mehlhorn H, Düwel D, Raether W (Eds.) *Diagnose und Therapie von Parasitosen von Haus-, Nutz- und Heimtieren*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 271–287

- Meiser CK, Schaub GA (2011)** Xenodiagnosis. In: Mehlhorn H (Ed.) Parasitology research monographs. Vol. 1, Nature helps... How plants and other organisms contribute to solve health problems. Springer-Verlag, Berlin: 273–299
- Miller DA, Vleck CM, Otis DL (2009)** Individual variation in baseline and stress-induced corticosterone and prolactin levels predicts parental effort by nesting mourning doves. *Horm Behav* 56:457–464
- Millspaughn JJ, Washburn BE (2004)** Use of fecal glucocorticoid metabolite measures in conservation biology research: considerations for application and interpretation. *Gen Com Endocrinol* 138:189–199
- Miura S, Ohtaishi N, Kaji K, Wu J, Zheng S (1989)** The threatened white-lipped deer *Cervus albirostris*, Gyaring lake, Qinghai province, China and its conservation. *Biolog Conserv* 47:237–244
- Miura S, Kaji K, Ohtaishi N, Koizumi T, Tokida K, Wu J (1993)** Social organization and mating behavior of white-lipped deer in the Quinghai-Xizang Plateau, China. In: Ohtaishi N, Sheng H (Eds.) *Deer of China*. Elsevier, Amsterdam: 220–234
- Montero D, Izquierdo MS, Tort L, Robaina L, Vergara JM (1999)** High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiol Biochem* 20:53–60
- Morales-Montor J, Chavarria A, De León MA, Del Castillo LI, Escobedo EG, Sánchez EN, Vargas JA, Hernández-Flores M, Romo-González, Larralde C (2004)** Host gender in parasitic infections of mammals: an evaluation of the female host supremacy paradigm. *J Parasitol* 90:531–546
- Morato RG, Bueno MG, Malmheister P, Verreschi ITN, Barnabe RC (2004)** Changes in the fecal concentrations of cortisol and androgen metabolites in captive male jaguars (*Panthera onca*) in response to stress. *Braz J Med Biol Res* 37:1903–1907
- Nakazawa M, Fantappie MR, Freeman G, Eloi-Santos S, Olsen NJ, Kovacs WJ, Secor WE, Colley DG (1997)** *Schistosoma mansoni*: susceptibility differences between male and female mice can be mediated by testosterone during early infection. *Exp Parasitol* 85:233–240
- Nilsson N, Carlsten H (1994)** Estrogen induces suppression of natural killer cell cytotoxicity and augmentation of polyclonal B cell activation. *Cell Immunol* 158:131–139
- Nordling D, Andersson M, Zohari S, Gustafsson L (1998)** Reproductive effort reduces specific immune response and parasite resistance. *Proc R Soc Lond B* 265:1291–1298
- Onbaşılı EE, Aksoy FT (2005)** Stress parameters and immune response of layers under different cage floor and density conditions. *Livest Prod Sci* 95:255–263

- Ottenweller JE, Tapp WN, Creighton D, Natelson (1988)** Aging, stress, and chronic disease interact to suppress plasma testosterone in syrian hamster. *J Gerontol* 43:M175–180
- Paavonen T, Andersson LC, Adlercreutz (1981)** Sex hormone regulation of *in vitro* immune response. Estradiol enhances human B cell maturation via inhibition of suppressor T cells in pokeweed mitogen-stimulated cultures. *J Exp Med* 154:1935–1945
- Palme R (2005)** Measuring fecal steroids: guidelines for practical applications. *Ann N Y Acad Sci* 1046:75–80
- Palme R, Rettenbacher S, Touma C, El-Bahr SM, Möstl E (2005)** Stress hormones in mammals and birds: comparative aspects regarding metabolism, excretion, and noninvasive measurement in fecal samples. *Ann N Y Acad Sci* 1040:162–171
- Peng X, Lang CM, Drozdowicz, Ohlsson-Wilhelm BM (1989)** Effect of cage population density on plasma corticosterone and peripheral lymphocyte populations of laboratory mice. *Lab Anim* 23:302–306
- Pergola C, Rogge A, Dodt G, Northoff H, Weinigel C, Barz D, Rådmark O, Sautebin L, Werz O (2011)** Testosterone suppresses phospholipase D, causing sex differences in leukotriene biosynthesis in human monocytes. *FASEB J* 25:3377–3387
- Piccinni M-P, Giudizi M-G, Biagiotti R, Beloni L, Giannarini L, Sampognaro S, Parronchi P, Manetti R, Annunziato F, Livi C, Romagnani S, Maggi E (1995)** Progesterone favors development of human T helper cells producing Th2-type cytokines and promotes both IL-4 production and membrane CD 30 expression in established Th1 cell clones. *J Immunol* 155:128–133
- Polan ML, Loukides JL, Nelson P, Carding S, Diamond M, Walsh A, Bottomly K (1989)** Progesterone and estradiol modulate interleukin-1 $\beta$  messenger ribonucleic acid levels in cultured human peripheral monocytes. *J Clin Endocrinol Metab* 88:1200–1206
- Poulin R (1996)** Helminth growth in vertebrate hosts: does host sex matter? *Int J Parasitol* 26:1311–1315
- Priddy KD (1997)** Immunologic adaptations during pregnancy. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 26:388–394
- Rasa AE (1984)** Die perfekte Familie. Leben und Sozialverhalten der afrikanischen Zwergmungos. DVA Verlag, Stuttgart
- Rivier C, Vale W (1984)** Influence of corticotropin-releasing factor on reproductive functions in the rat. *Endocrinology* 114:914–921
- Roberts CW, Satoskar A, Alexander J (1996)** Sex steroids, pregnancy-associated hormones and immunity to parasitic infection. *Parasitol Today* 12:382–388
- Rowell TE (1974)** The concept of social dominance. *Behav Biol* 11:131–154

- Russell AF, Brotherton PNM, McIlrath GM, Sharpe LL, Clutton-Brock TH (2003)** Breeding success in cooperative meerkats: effect of helper number and maternal state. *Behav Ecol* 14:486–492
- Russell AF, Carlson AA, McIlrat GM, Jordan NR, Clutton-Brock TH (2004)** Adaptive size modification by dominant female meerkatss. *Evolution* 58:1600–1607
- Saino N, Møller AP, Bolzern AM (1995)** Testosterone effects on the immune system and parasite infestations in the barn swallow (*Hirundo rustica*): an experimental test of the immunocompetence hypothesis. *Behav Ecol* 6:397–404
- Sánchez MM, Aguado F, Sánchez-Toscano F, Saphier D (1998)** Neuroendocrine and immunocytochemical demonstrations of decreased hypothalamo-pituitary-adrenal axis responsiveness to restraint stress after long-term social isolation. *Endocrinology* 139:579–587
- Sands J, Creel S (2004)** Social dominance, aggression and faecal glucocorticoid levels in a wild population of wolves, *Canis lupus*. *Anim Behav* 67:387–396
- Sapolsky RM (1991)** Do glucocorticoid concentrations rise with age in the rat? *Neurobiol Aging* 13:171–174
- Sapolsky RM (2005)** The influence of social hierarchy on primate health. *Science* 308:648–652
- Sassenrath EN (1970)** Increased adrenal responsiveness related to social stress in rhesus monkeys. *Horm Behav* 1:283–298
- Schaub GA (1989)** *Trypanosoma cruzi*: quantitative studies of development of two strains in small intestine and rectum of the vector *Triatoma infestans*. *Exp Parasitol* 68:260–273
- Schaub GA (2001)** Kissing bugs. In: Mehlhorn H (Ed.) *Encyclopedic reference of parasitology*. Vol. 1 Biology, structure, function. 2<sup>nd</sup> ed. *Parasitology in Focus*. Springer-Verlag, Heidelberg: 326–329
- Scheiber IBR, Kralj S, Kotrschall K (2005)** Sampling effort/frequency necessary to infer individual acute stress responses from fecal analysis in Greylag geese (*Anser anser*). *Ann N Y Acad Sci* 1046:154–167
- Schuster JP, Schaub GA (2001a)** *Trypanosoma cruzi*: the development of estrus cycle and parasitemia in female mice maintained with or without male pheromones. *Parasitol Res* 87:985–993
- Schuster JP, Schaub GA (2001b)** Experimental Chagas disease: the influence of sex and psychoneuroimmunological factors. *Parasitol Res* 87:994–1000
- Selye H (1936)** A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature* 138:32
- Silverin B (1986)** Corticosterone-binding proteins and behavioral effects of high plasma levels of corticosterone during the breeding period in pied flycatcher. *Gen Comp Endocrinol* 64:67–74

- Silverin B, Arvidsson B, Wingfield J (1997)** The adrenocortical response to stress in breeding willow warblers *Phylloscopus trochilus* in Sweden: effect of latitude and gender. *Funct Ecol* 11:376–384
- Slaunwhite WR, Lockie GN, Back N, Sandberg AA (1962)** Inactivity *in vivo* of transcortin-bound cortisol. *Science* 135:1062–1063
- Sleeman JM, Meader LL; Mudakikwa AB, Foster JW, Patton S (2000)** Gastrointestinal parasites of mountain gorillas (*Gorilla gorilla beringei*) in the Parc National des Volcanos, Rwanda. *J Zoo Wildl Med* 31:322–328
- Sleigh MA (1989)** Spore-forming parasitic protozoa. In: Sleigh MA (Ed.) *Protozoa and other protists*. Hodder & Staughton, London: 229–243
- Solomon GB (1969)** Host hormones and parasitic infection. *Int Rev Trop Med* 3:101–158
- Sorachi K-i, Kumagai S, Sugita M, Yodoi J, Imura H (1993)** Enhancing effect of 17 $\beta$ -estradiol on human NK cell activity. *Immunol Lett* 36:31–36
- Stadler A (2006)** Einfluss des Geschlechts und psychoneuroimmunologischer Faktoren auf die Parasitierung von Zootieren. Diplomarbeit, Fakultät Biologie und Biotechnologie, Ruhr-Universität Bochum
- Stadler A, Lawrenz A, Schaub GA (2007)** Der Einsatz von Raubwanzen zur Gewinnung von Blutproben bei Zootieren. *Zeitschr Kölner Zoo* 50:163–173
- Stadler A, Lawrenz A, Schaub GA (2009)** Der Einsatz der südamerikanischen Raubwanze *Dipetalogaster maxima* in Zoologischen Gärten zur Gewinnung von Blutproben. *Tierärztl Umschau* 64:147–153
- Stadler A, Meiser CK, Schaub GA (2011)** „Living syringes“: use of haematophagous bugs as blood samplers from small and wild animals. In: Mehlhorn H (Ed.) *Parasitology research monographs*. Vol. 1, Nature helps... How plants and other organisms contribute to solve health problems. Springer-Verlag, Berlin: 243–271
- Stefanski V, Hendrichs H, Ruppel HG (1989)** Social stress and activity of the immune system in guinea pigs. *Naturwissenschaften* 76:225–226
- Thomsen R, Voigt CC (2006)** Non-invasive blood sampling from primates using laboratory-bred blood-sucking bugs (*Dipetalogaster maximus*; Reduviidae, Heteroptera). *Primates* 47:397–400
- Thomsen R, Voigt CC (2008)** Patent Application Publication: US 2008/0221536 A1 Device for carrying out the minimally invasive withdrawal of blood from animals by using blood-sucking assassin bugs. United States of America Patent Office
- Touma C, Palme R (2005)** Measuring fecal glucocorticoid metabolites in mammals and birds: the importance of validation. *Ann N Y Acad Sci* 1046:54–74

- Touma C, Palme R, Sachser N (2004)** Analyzing corticosterone metabolites in fecal samples of mice: a noninvasive technique to monitor stress hormones. *Horm Behav* 45:10–22
- Van de Crommenacker J, Richardson DS, Koltz AM, Hutchings K, Komdeur J (2012)** Parasitic infection and oxidative status are associated and vary with breeding activity in Seychelles warbler. *Proc R Soc B* 279:1466–1476
- Van Hoegaerden M, Chabaud B, Akue JP, Ivanoff B (1987)** Filariasis due to *Loa loa* and *Mansonella perstans*: distribution in the region of Okondja, Haut-Ogooué Province, Gabon, with parasitological and serological follow-up over one year. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 81:441–446
- Vogt H (1994)** Signifikanztests. In: Vogt H (Ed.) *Grundkurs Mathematik für Biologen*. Teubner Studienbücher, Stuttgart: 330–338
- Vogt CC, von Helversen O, Michener RH, Kunz TH (2003)** Validation of a non-invasive blood-sampling technique for doubly-labelled water experiments. *J Exp Zool A Comp Exp Biol* 296:87–97
- Voigt CC, Faßbender M, Dehnhard, Wibbelt G, Jewgenow K, Hofer H, Schaub GA (2004)** Validation of a minimally invasive blood-sampling technique for the analysis of hormones in domestic rabbits, *Oryctolagus cuniculus* (Lagomorpha). *Gen Comp Endocrinol* 135:100–107
- Von Helversen O, Reyer H-U (1984)** Nectar intake and energy expenditure in a flower visiting bat. *Oecologia* 63:178–184
- Von Helversen O, Volleth M, Núñez J (1986)** A new method for obtaining blood from a small mammal without injuring the animal: use of triatomid bugs. *Experientia* 42:809–810
- Waldenstedt L, Elwinger K, Lundén A, Thebo P, Bedford MR, Uggla A (2000)** Intestinal digesta viscosity decreases during coccidial infection in broilers. *Br Poult Sci* 41:459–464
- Walker W, Roberts CW, Ferguson DJP, Jebbari H, Alexander J (1997)** Innate immunity to *Toxoplasma gondii* is influenced by gender and is associated with differences in interleukin-12 and gamma interferon production. *Infect Immun* 65:1119–1121
- Wang Y, Campbell HD, Young IG (1993)** Sex hormones and dexamethasone modulate interleukin-5 gene expression in T lymphocytes. *J Steroid Biochem Molec Biol* 44:203–210
- Watts AG, Swanson LW (1989)** Diurnal variations in the content of precorticotropin-releasing hormone messenger ribonucleic acids in the hypothalamic paraventricular nucleus of rats of both sexes as measured by *in situ* hybridization. *Endocrinology* 125:1734–1738
- Wu W, Yamaura T, Murakami K, Murata J, Matsumoto K, Watanabe H, Saiki I (2000)** Social isolation stress enhanced liver metastasis of murine colon 26-L5 carcinoma cells by suppressing immune response in mice. *Life Sci* 66:1827–1838

- Young KM, Walker SL, Lanthier C, Waddell WT, Monfort SL, Brown JL (2004)** Noninvasive monitoring of adrenocortical activity in carnivores by fecal glucocorticoid analyses. *Gen Comp Endocrinol* 137:148–165
- Young AJ, Carlson AA, Monfort SL, Russell AF, Bennett NC, Clutton-Brock TH (2006)** Stress and the suppression of subordinate reproduction in cooperatively breeding meerkats. *Proc Natl Acad Sci U S A* 32:12005–12010
- Young AJ, Monfort SL, Clutton-Brock TH (2008)** The causes of physiological suppression among female meerkats: a role for subordinate restraint due to the threat of infanticide? *Horm Behav* 53:131–139
- Zhang H, Z-H, Chen L, Saito S, Kanagaea O, Sendo F (2000)** Possible Modulation by male sex hormone of Th1/Th2 function against *Plasmodium chabaudi chabaudi* AS infection in mice. *Exp Parasitol* 96:121–129
- Zhang H, Zhao J, Wang P (2001)** Effect of testosterone on *Leishmania donovani* infection of macrophages. *Parasitol Res* 87:674–676
- Zuk M, McKean KA (1996)** Sex differences in parasitic infections: patterns and processes. *Int J Parasitol* 26:1009–1024
- Zuk M, Johnsen TS, Maglarty T (1995)** Endocrine-immune interactions, ornaments and mate choice in red jungle fowl. *Proc R Soc Lond B* 260:205–210

## 7. Abkürzungsverzeichnis

Abb.:	Abbildung
ACTH:	adrenocorticotropes Hormon/Adrenocorticotropin
bzw.:	beziehungsweise
cm:	Zentimeter
CRF:	Corticotropin-Releasing-Factor
d. h.:	das heißt
DTH:	delayed-type hypersensitivity
et al.:	et alii
g:	Gramm
$g$ :	Gravitation ( $9,81\text{ms}^{-2}$ )
h:	Stunde
HPA:	hypothalamo-pituitary-adrenal
$\text{IFN}_\gamma$ :	Interferon-Gamma
IL:	Interleukin
kg:	Kilogramm
LH:	Luteinisierendes Hormon
m:	Meter
$\text{m}^2$ :	Quadratmeter
ml:	Milliliter
MHC:	Major Histocompatibility Complex
N1-N5:	Nymphenstadien 1-5
NaCl:	Natriumchlorid
opg:	Oocysten pro Gramm (oocystes per gramm)
p:	Signifikanzniveau
sp.:	Species
spp.:	Species pluralis
Stand.abw.:	Standardabweichung
Tab.:	Tabelle
v. a.:	vor allem
z. B.:	zum Beispiel
$\text{ZnCl}_2$ :	Zinkchlorid
$^\circ\text{C}$ :	Grad Celsius

## 8. Anhang

### 8.1 Verhaltensaufnahme

#### 8.1.1 Verhalten der Erdmännchen

Tab. 8.1.1.1: Anzahl der Drohungen [30h<sup>-1</sup>]. Kursiv: Weibchen

	Drohungen von					
	<i>Angie</i>	Power	Klumpi	Lenny	<i>Carla</i>	Dumbo
Angie		1	0	0	0	0
Power	9		0	0	0	2
Klumpi	6	10		2	1	1
Lenny	3	4	2		1	4
Carla	2	6	5	0		1
Dumbo	2	6	6	6	1	

Tab. 8.1.1.2: Anzahl der Verhaltensweisen des Aufrichtens [30h<sup>-1</sup>]. Kursiv: Weibchen

	Aufrichten von					
	<i>Angie</i>	Power	Klumpi	Lenny	<i>Carla</i>	Dumbo
Angie		0	0	0	0	0
Power	0		0	0	0	0
Klumpi	0	0		0	0	0
Lenny	0	0	0		0	0
Carla	1	0	2	0		0
Dumbo	0	2	3	1	1	

Tab. 8.1.1.3: Anzahl der Verhaltensweisen des Duckens [30h<sup>-1</sup>]. Kursiv: Weibchen

	Ducken von					
	<i>Angie</i>	Power	Klumpi	Lenny	<i>Carla</i>	Dumbo
Angie		10	20	12	13	4
Power	1		12	5	5	6
Klumpi	0	0		8	11	6
Lenny	0	0	2		2	3
Carla	0	0	1	6		5
Dumbo	0	0	0	1	0	

Tab. 8.1.1.4: Anzahl von Groominteraktionen [ $30\text{h}^{-1}$ ]. Kursiv: Weibchen

	<b>Grooming durch</b>					
	<i>Angie</i>	Power	Klumpi	Lenny	<i>Carla</i>	Dumbo
Angie		4	12	4	4	4
Power	2		0	2	1	0
Klumpi	0	1		1	1	0
Lenny	3	0	1		0	3
Carla	0	0	1	1		1
Dumbo	0	0	0	6	1	

Tab. 8.1.1.5: Anzahl des Markierens und Wachens [ $30\text{h}^{-1}$ ]. Kursiv: Weibchen

	<i>Angie</i>	Power	Klumpi	Lenny	<i>Carla</i>	Dumbo
Markieren	55	21	2	1	0	0
Wachen	0	29	4	25	40	2

## 8.1.2 Verhalten der Weißlippenhirsche

Tab. 8.1.2.1: Anzahl ausgeführter und hingenommener Dominanzgesten der Weißlippenhirschgruppe [ $30\text{h}^{-1}$ ]. Kursiv: Weibchen

	<b>Dominanzgeste von</b>						
	<i>Berlinerin</i>	<i>Kerbe</i>	<i>Wuppi</i>	<i>Rotterdamerin</i>	Mirko	Jungtier 1	Jungtier 2
Berlinerin		3	0		0	0	0
Kerbe	2		1		0	0	0
Wuppi	2	1			4	0	0
Rotterdamerin	2	4	0			0	0
Mirko	4	6	16		4	0	0
Jungtier 1	0	0	0		2	3	0
Jungtier 2	0	0	0		1	1	1

Tab. 8.1.2.2: Anzahl des Groomverhaltens innerhalb der Weißlippenhirschgruppe [30h<sup>-1</sup>]. Kursiv: Weibchen

	<b>Grooming durch</b>						
	<i>Berlinerin</i>	<i>Kerbe</i>	<i>Wuppi</i>	<i>Rotterdamerin</i>	Mirko	Jungtier 1	Jungtier 2
Berlinerin		3	2	1	0	0	0
Kerbe	1		2	0	1	0	0
Wuppi	0	2		0	0	0	0
Rotterdamerin	0	0	1		0	0	0
Mirko	0	0	0	0		0	0
Jungtier 1	0	3	1	0	1		0
Jungtier 2	0	2	0	0	0	0	

## 8.2 Parasitierungen

### 8.2.1 Parasitierungen der Erdmännchen

Tab. 8.2.1.1: Parasitierungen, Mittelwerte und Standardabweichungen der Erdmännchengruppe 2011. Kursiv: Weibchen

	<i>Angie</i>	M. Power	Klumpi	Lenny	<i>Carla</i>	Dumbo
18.01.2011	1477	952	385	1704	316	53047
19.01.2011				1013		
20.01.2011				55119		
21.01.2011	54	16038	1837		59218	222552
22.01.2011			2265			29160
23.01.2011		1509	196902		236837	412460
24.01.2011						
25.01.2011					22904	16732
26.01.2011	10096					
27.01.2011				5456		8526
28.01.2011	1547	1268				147709
29.01.2011	3765	222	7401	24984	12223	
30.01.2011		191561	43922	11022	101854	
Mittelwert	3388	35258	42119	16550	16550	127169
Stand.abw.	3978	76810	77613	20853	88711	148483

Tab. 8.2.1.2: Parasitierungen der Erdmännchengruppe 2012 sowie Ereignisse und deren Konsequenzen. Kursiv: Weibchen; \*: Probe noch nicht ausgewertet; farbig hinterlegt: Tage mit stressreichen Ereignissen

	<i>Angie</i>	<i>Power</i>	<i>Klumpi</i>	<i>Lenny</i>	<i>Carla</i>	<i>Dumbo</i>	Ereignis	Folge
17.01.2012	989	440	1501	1635	2036	25327		
18.01.2012	1211	685	4069	6032	1766	14603		
19.01.2012	263	883	3955	2925				
20.01.2012		*	*	*	*	*		
28.02.2012	*						Kampf: Carla gegen Angie	P + A separiert
29.02.2012	3993	1939	10496	6537	17215	8736		
01.03.2012	115365	38092	13568	26428	7921	23102		
02.03.2012	108073	18783	*	*	*	*		
05.03.2012	*	*	*	*	1071	*	Versuch der Reintegration	ohne Erfolg
07.03.2012	7798	6332	21346	26696	7358	3955		
08.03.2012	*	*		*	*	*		
09.03.2012	*	*		*	*	*		
12.03.2012	*			1825		*		
13.03.2012	*	8518				*		
14.03.2012			18576			*	Kampf: Klumpi gegen Lenny	L separiert
15.03.2012	11808	9205	14519		6223			
16.03.2012	11767	9083	*	15949	*	6674		
17.03.2012	13754	519	*	59984	8648	6544		
19.03.2012				7073				
21.03.2012			43772	32192	*	*		

Tab. 8.2.1.3: Parasitierung mit Coccidien [Oocysten/g Kot] für die „andere Erdmännchengruppe“ im Jahr 2005 (Stadler 2006). Kursiv: Weibchen

	<i>Durbie</i>	Zorro	Stummel	Spitze	Kalla	<i>Garfield</i>	Mickerling	Sekou	Uli	<i>Tinchen</i>
03.02.2005			808				29085,7			
10.02.2005	41,2						15796,8			
12.02.2005		1093,5			83,6					
02.03.2005	33,9	572,1		10894,6	109,6			0		
10.03.2005					349,6	7985				
15.03.2005	0	630	240,3	10380	182,9	27459,1		28,6		
17.03.2005	21,8	649	1136,5	11030,5	313,1	12652,3		0		
20.03.2005		1307,8	691							
28.03.2005		1810,7	1406,4		487,8			0		
06.04.2005	53,6	1412,2	149,9	4552,9	294,6	14232,9				
12.04.2005	47	310,9		4682,7	66,4	9681,4		20		
14.04.2005	0	206	336,9	4417,9	134,5	32605,1				
18.04.2005	0	283,1	425,9		48,8					
19.04.2005	4,8	401,4	992	3289,4	181,7	15476,8				
22.04.2005	118,8		1316,4							
25.04.2005		952,1						22,1		
29.04.2005	3,2				146,9			0	1228,3	40,6
02.05.2005	8,9				28,6	3029,9		0	1816,6	2,5
04.05.2005	0	172,6	321,2		20,2			79,4		0
11.05.2005								118,9		
13.05.2005				9575,1				0		0
17.05.2005					13,6			38,2		0
19.05.2005	0	212,5	1662,9		0					
20.05.2005	8,8	171,5	1460,3		207,3	3038,1				
24.05.2005	0			3069,9	0			0	409,6	6,7
25.05.2005	0	511,9	2434,1		18,3	1060,8		314,3	256,8	42,3
26.05.2005	0					408				
31.05.2005	28	354,6		5412,2	7,8	597,4		117,1	445,6	117,6
08.06.2005	62,5	836,9	6827,4	4905,3	100	5536,2		399,6	308,6	
09.06.2005	25,6	270,2	7840,1	2269	0			232,6		57,5
13.06.2005	21,5		3804,1	1021,9	0	7790,9			1238,2	59,5
15.06.2005	16,5	759,3	2078		146,3	790		117,2		4,9
16.06.2005	0	482,2	1638,3	8119	0	708		399,6	1606,5	0
20.06.2005	25,2	472,7	1462,4	3300,9	21,1	1684,2		232,6	241	0
23.06.2005	25,9	641,2	1705,9	6720,5	13,3	487,5		117,2		43,8
29.06.2005	86,5		796	6031,7	14,3	5628,5		190,1	360,4	
30.06.2005	253,4	284,8	1117,1	7292,6	107,8			196,4	636,1	0
03.07.2005	4	11,2	736,5	6100,1	13	846,3				96,9
07.07.2005	8,9				110,9	1779,3		272	365,3	7,5

11.07.2005	600,2		4488,1	231,1		64,5	
12.07.2005	458,1		6281,7	11,6	1742,5	203,3	548,7
19.07.2005	73,4			0	1871,6	189,4	39,6
21.07.2005	406,6	408,4	3799,4	0	9807,3	156,9	164,1
27.07.2005	68,9			151,2	5366	1023,2	
28.07.2005	11,3			72,5		670,3	
31.07.2005	74			49,6		377,3	
02.08.2005	70,8	3180,6	4958,9		1384,4	217,8	
04.08.2005	113,8					0	

## 8.2.2 Parasitierungen der Weißlippenhirsche

Tab. 8.2.2.1: Anzahl an Oocysten der Weißlippenhirschgruppe 2011. Kursiv: Weibchen

	<i>Berlinerin</i>	<i>Kerbe</i>	<i>Wuppi</i>	<i>Rotterdamerin</i>	<i>Mirko</i>	<i>Jungtier 1</i>	<i>Jungtier 2</i>
22.02.2011		533	2038	287	162	571	
23.02.2011	378	1381	99		168		305
24.02.2011		637	768				
25.02.2011	1735			563		702	94
28.02.2011	671	1224	462	1735	196	230	
02.03.2011	984				302		232
03.03.2011		890	183	736	108	342	101
04.03.2011	1846	2132	2103	334	829	1726	256
09.03.2011	800	519		297	1832	240	384
14.03.2011	549	973	166	478	167		71
18.03.2011	611	2348	477	226	300	154	174
21.03.2011	292	765	1607			176	
22.03.2011				3223	1105		99
23.03.2011						916	
24.03.2011			418				
26.03.2011	428	389	320	806	240	168	33
Mittelwert	829,4	1071,9	785,5	868,5	491,7	522,5	174,9
Standabw	546,0	652,7	758,2	938,4	545,5	496,4	115,1

Tab. 8.2.2.2: Anzahl an Oocysten der Weißlippenhirschgruppe 2012. Kursiv: Weibchen

	<i>Rotterdamerin</i>	<i>Berlinerin</i>	<i>Kerbe</i>	Mirko	Jungtier 1
17.01.2012	1663	820	283	470	106
18.01.2012	839	785	564	454	128
20.01.2012	1241	815	645	134	
Mittelwert	1248	807	497	353	117
Stand.abw.	412	19	190	190	16

### 8.2.3 Parasitierungen der Diamanttäubchen

Tab. 8.2.3.1: individuelle Parasitierung [Oocysten/Droplet] des Diamanttäubchenpaares

Brütendes Paar	Männchen	Weibchen	Ereignisse
30.01.2012	208	984	Küken geschlüpft
31.01.2012	636	1552	
01.02.2012	1148	1640	Küken tot
02.02.2012	1204	2576	
03.02.2012	1292	1804	
06.02.2012	1188	1556	neues Ei
07.02.2012	1236	1700	
13.02.2012	492	856	
Mittelwert	926	1584	
Stand.abw.	416	527	

Tab. 8.2.3.2: individuelle Parasitierungen [Oocysten/g Kot] der isolierten Tiere

isolierte Tiere	Iso ♂	Iso ♀
26.01.2012	690	1034
30.01.2012	723	803
02.02.2012	706	1088
Mittelwert	706	975
Stand.abw.	17	151

## 8.2.4 Validierungsversuch zum Auszählen der Oocysten

Tab. 8.2.4: Validierungsreihe zum Auszählen von 40 Gesichtsfeldern desselben Präparats

Gesichtsfeld	Anzahl an Oocysten				
1	0	3	1	1	0
2	1	0	2	0	0
3	1	0	1	0	2
4	1	1	0	0	2
5	0	2	1	1	1
6	2	1	1	1	1
7	0	1	0	1	0
8	1	1	2	1	2
9	1	1	0	1	2
10	1	2	1	0	0
11	2	1	4	2	2
12	1	1	1	1	1
13	0	1	2	1	1
14	1	0	1	1	1
15	0	0	1	0	2
16	2	2	0	2	2
17	1	1	2	0	0
18	0	0	1	1	1
19	0	1	0	0	2
20	1	0	0	2	0
21	0	1	1	3	1
22	1	3	3	1	0
23	2	2	0	0	1
24	2	0	0	0	1
25	1	0	0	2	1
26	2	2	1	1	1
27	1	0	0	3	1
28	1	1	1	1	0
29	0	2	2	1	0
30	0	1	0	0	1
31	0	1	1	1	0
32	0	2	0	1	0
33	1	1	2	2	0
34	0	0	0	0	1
35	1	1	1	1	1
36	1	1	1	2	1
37	3	1	1	2	1
38	1	1	2	1	1
39	0	0	0	0	1
40	2	0	0	0	0
Mittelwert	0,88	0,98	0,93	0,95	0,88
Stand.abw.	0,79	0,83	0,94	0,85	0,72
Oocysten/g	230	257	244	250	230

## 8.2.5 Validierungsversuch zur Auszählung der Oocysten in verschiedenen Bereichen des Hirschkothaufens

Tab. 8.2.5 A: Anzahl an Oocysten/g Kot aus verschiedenen Bereichen desselben Kothaufens von „Jungtier“ vom 15.03.2011

Gesichtsfeld	Proben									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
2	0	0	1	0	0	1	0	1	2	1
3	2	1	0	1	0	0	5	0	0	0
4	1	0	1	1	2	1	1	1	0	0
5	0	2	0	2	1	0	2	0	0	1
6	2	1	0	0	0	2	1	2	0	1
7	0	0	2	0	1	1	0	1	1	2
8	3	0	1	1	0	0	1	0	1	0
9	2	1	0	0	0	1	2	0	0	0
10	0	1	0	1	2	0	0	0	1	0
11	0	1	1	0	3	0	3	0	0	2
12	1	0	2	3	1	4	1	1	0	2
13	2	1	1	1	0	0	0	0	1	1
14	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
16	0	0	1	1	1	2	0	1	0	2
17	1	1	0	0	0	0	1	2	2	0
18	2	2	1	0	3	0	0	0	3	0
19	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
20	0	1	2	1	2	1	1	1	1	1
21	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
22	2	1	0	0	1	0	0	0	1	3
23	2	1	0	2	1	1	1	2	1	1
24	0	0	1	1	0	0	0	1	2	0
25	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1
26	2	2	0	1	0	1	0	1	0	0
27	1	1	1	0	1	0	1	4	1	1
28	0	0	1	2	0	1	0	1	0	0
29	1	1	0	2	2	1	0	0	0	0
30	0	1	3	1	1	0	1	0	0	0
31	0	1	0	0	0	0	1	0	1	2
32	1	2	0	0	1	0	0	0	1	1

