

Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg – Fakultät für Biowissenschaften

Wissenschaftliche Arbeit für das Lehramt am Gymnasium im Hauptfach Biologie
ausgeführt am Centre for Organismal Studies
und dem Zoo Heidelberg



Innovation, Neophobie und Dominanz einer Erdmännchen-Gruppe (*Suricata suricatta*) im Zoo Heidelberg

von
Christiane Schneider

Wissenschaftliche Betreuung:
Prof. Dr. Thomas Braunbeck
Dr. Vanessa Schmitt

Abgabetermin: 15.11.2016

Vorgelegt von:
Christiane Schneider
Franz-Knauff-Str.32
69115 Heidelberg
schneider.christiane@gmail.com
Matrikel-Nr.: 2857623

Eigenständigkeitserklärung

Ich erkläre, dass ich die Arbeit selbstständig angefertigt und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken, gegebenenfalls auch elektronischen Medien, entnommen sind, sind von mir durch Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht. Entlehnungen aus dem Internet sind durch Angabe der Quelle und des Zugriffsdatums sowie dem Ausdruck der ersten Seite belegt; sie liegen zudem für den Zeitraum von 2 Jahren entweder auf einem elektronischen Speichermedium im PDF-Format oder in gedruckter Form vor.

Heidelberg, den _____

Christiane Schneider

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	V
Zusammenfassung	VI
1. Einleitung	1
1.1 Innovation und kreatives Problemlösen	1
1.2 Dominanz	3
1.3 Neophobie	4
1.4 Forschung in Zoologischen Gärten	5
1.5 Ziel der Studie	6
1.5.1 Hypothesenformulierung.....	7
2. Allgemeine Informationen über das Erdmännchen	8
2.1 Systematische Einordnung	8
2.2 Lebensraum	10
2.3 Merkmale und Lebensweise.....	11
2.4 Helfersystem	12
3. Material und Methoden	13
3.1 Die Erdmännchen-Gruppe im Zoo Heidelberg	13
3.1.1 Porträt der Individuen.....	13
3.1.2 Haltungsbedingungen	16
3.2 Dominanztest	17
3.3 Neophobietest	19
3.4 Innovationstest	21
3.4.1 Die Puzzlebox	21
3.4.2 Die Problemstellungen	22
3.4.3 Versuchsaufbau und -ablauf	23
3.4.4 Aufgenommenes Verhalten.....	24
3.5 Videoaufnahme und –analyse	25
3.6 Datenaufbereitung	26
3.7 Statistische Auswertung	26
4. Ergebnisse	27
4.1 Dominanztest	27
4.2 Neophobietest	28
4.3 Innovationstest	31

5. Diskussion	36
5.1 Analyse der Dominanzstruktur	36
5.2 Analyse des Neophobietests	37
5.3 Analyse des Innovationstests	39
5.4 Neophobie und Dominanz als Innovationsprädiktoren.....	41
5.5 Methodendiskussion	43
5.6 Schlussfolgerung und Ausblick	44
Danksagung.....	46
Literatur	47
Anhang	51

Abbildungsverzeichnis

Titelbild: Erdmännchen beim Sichern im Zoo Heidelberg	
Abbildung 1. Die Familie der Herpestidae. Nach Westheide und Rieger (2014).....	9
Abbildung 2. Verbreitung <i>Suricata suricatta</i> (Jordan & Do Linh San, 2015).....	10
Abbildung 3. Paul.....	13
Abbildung 4. Sandy.....	14
Abbildung 5. Adelheid.....	14
Abbildung 6. Tilly.....	15
Abbildung 7. Leopold.....	15
Abbildung 8. Doro.....	16
Abbildung 9. Gehege der Erdmännchen im Zoo Heidelberg.....	17
Abbildung 10. Die neuartigen Objekte für den Neophobietest.....	20
Abbildung 11. Die Puzzlebox.....	21
Abbildung 12. Mechanismus der Puzzlebox.....	22
Abbildung 13. Dominanz-Index.....	28
Abbildung 14. Mittelwerte der Latenzzeit aus Kontroll- und Testversuchen.....	28
Abbildung 15. Neophobie-Level.....	29
Abbildung 16. Artenvergleich.....	30
Abbildung 17. Mittlere Lernkurve der erfolgreichen Erdmännchen.....	33
Abbildung 18. Streudiagramme der Erfolgsindikatoren.....	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Taxonomie des Erdmännchens (Grzimek, 1972; Wehner & Gehring, 2013).....	8
Tabelle 2. Beschreibung und Charakterisierung der Erdmännchen-Individuen.....	13
Tabelle 3. Ethogramm für aggressive und submissive Verhaltensweisen der Erdmännchen..	18
Tabelle 4. Ethogramm der Verhaltensweisen bei der Interaktion mit der Puzzlebox.....	25
Tabelle 5. Anzahl der beobachteten aggressiven und submissiven Verhaltensweisen.....	27
Tabelle 6. Berührung von Futter und Objekt im Neophobietest.....	30
Tabelle 7. Individuelle Ergebnisse des Innovationstests.....	31
Tabelle 8. Übersicht über die Ergebnisse der Spearman Rang Korrelation.....	35
Tabelle 9. Deskriptive Statistik der Daten des Dominanztests.....	52
Tabelle 10. Deskriptive Statistik der Daten des Neophobietests.....	52
Tabelle 11. Ergebnisse der Spearman Rangkorrelation.....	52

Abkürzungsverzeichnis

<i>SE</i>	Standardfehler
<i>M</i>	Mittelwert
<i>P</i>	Paul (Erdmännchenindividuum)
<i>A</i>	Adelheid (Erdmännchenindividuum)
<i>D</i>	Doro (Erdmännchenindividuum)
<i>L</i>	Leopold (Erdmännchenindividuum)
<i>S</i>	Sandy (Erdmännchenindividuum)
<i>T</i>	Tilly (Erdmännchenindividuum)
<i>DI_S</i>	Dominanz-Index für submissives Verhalten
<i>DI_A</i>	Dominanz-Index für aggressives Verhalten

Zusammenfassung

Innovationen und kreatives Denken sind in Zeiten des Klimawandels sowie zunehmender Zerstörung der Umwelt von besonderem Interesse. Bei der Frage nach der Anpassungsfähigkeit von Tieren an eine sich schnell veränderte Umwelt sind innovative Fähigkeiten ein zentraler Forschungsschwerpunkt. Innovation ermöglicht die Nutzung neuer Ressourcen und stellt einen wichtigen Aspekt der phänotypischen Plastizität dar. Viele Studien zu diesem Thema zeigten bereits eine zwischen- und innerartliche Variation von innovativen Fähigkeiten. Fragen nach den Gründen für diese Unterschiede und den beeinflussenden Faktoren von Innovation bleiben jedoch Gegenstand der aktuellen Forschung.

Die vorliegende Arbeit untersuchte Innovation, Dominanzstruktur und Neophobieeigenschaften einer Erdmännchen-Gruppe (N = 6) im Zoo Heidelberg und prüfte einen möglichen Zusammenhang von Dominanz und Neophobie mit dem Innovationserfolg. Es wurde vermutet, dass Erdmännchen im Vergleich zu anderen Tierarten nicht neophob sind. Weiterhin wurde ein negativer Zusammenhang sowohl zwischen Neophobie und Innovation als auch zwischen Dominanz und Innovation erwartet. Außerdem wurde angenommen, dass erfolgreiche Individuen im Laufe der Versuche einen Lerneffekt zeigen. Die Innovationsfähigkeit wurde dabei anhand des Problemlöseerfolgs an einer multifunktionalen Puzzlebox getestet. Die Tiere mussten neuartige Probleme in drei unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen lösen, um an das Futter in der Box zu gelangen. Zur Untersuchung der Dominanzstruktur wurde das Auftreten aggressiver und submissiver Verhaltensweisen mittels Focal Sampling aufgenommen und anschließend zu einem Dominanzindex verrechnet. Die Neophobie wurde mit einem von Greenberg entworfenen Test untersucht, bei dem die Latenzzeit bis zum erneuten Beginn der Nahrungsaufnahme neben einem neuartigen Objekt im Vergleich ohne ein solches gemessen wird.

Es bestätigte sich, dass Erdmännchen im Vergleich zu anderen Tierarten des Zoos (z.B. Raben) nicht neophob sind. Weiterhin zeigten sich die Erdmännchen im Vergleich zu freilebenden Tieren sehr innovativ: 50 % der Tiere lösten alle drei Schwierigkeitsstufen und zeigten bei wiederholtem Lösen eine signifikante zeitliche und methodische Effizienz. Dieser Lerneffekt beruhte auf systematischem Ausprobieren (Trial-and-Error-Methode). Dies unterstützt die These, dass Tiere in Gefangenschaft innovativer sind als ihre wilden Artgenossen. Weder Neophobie noch Dominanz erwiesen sich als signifikante Innovationsprädiktoren. Da auch bei frei lebenden Erdmännchen kein Zusammenhang mit der Neophobie entdeckt wurde, lässt sich vermuten, dass dieser Faktor bei Erdmännchen allgemein nur eine untergeordnete Rolle spielt. In Übereinstimmung mit einer Großzahl von Studien waren auch in dieser Arbeit nicht die dominanten Tiere die erfolgreichsten Problemlöser, sondern die Tiere von mittlerem Rang. Allerdings zeigten die Tiere der niedrigen Dominanzkategorie die schlechtesten Ergebnisse, sodass auch Subdominanz alleine keinen zuverlässigen Faktor für Innovation darstellt. Implikationen für Praxis und Forschung werden diskutiert.

Diese Arbeit untersuchte erstmals Innovation bei Erdmännchen in Gefangenschaft. Für sinnvolle Rückschlüsse auf Erdmännchen im Freiland sind weitere vergleichende Studien mit größeren Stichproben notwendig.

1. Einleitung

1.1 Innovation und kreatives Problemlösen

Kreatives Denken und Innovationen sind für den Menschen in der heutigen Welt von zentraler Bedeutung (Funke, 2008). Aktuelle globale Herausforderungen wie Klimawandel, Welternährung und Seuchen erfordern neue Ideen und Entwicklungen in Forschung, Politik und Wirtschaft. Die Europäische Kommission spricht von einem Innovations-Notstand. Neue, verbesserte Produkte und Leistungen sind notwendig, um in der globalen Marktwirtschaft konkurrenzfähig zu bleiben und die Lebensqualität zu verbessern (Union, 2013). In der Arbeitswelt sind Innovationen längst ein wichtiges Kriterium für nachhaltigen Erfolg und Leistungsfähigkeit eines Unternehmens (Anderson et al., 2014).

Auch im Tierreich sind Innovationen von großer Bedeutung. Der von Herbert Spencer und Charles Darwin geprägte Begriff „Survival of the Fittest“ beschreibt den evolutiven Erfolg, welchen die Tiere durch eine sehr gute Anpassung an ihre Umwelt erfahren (Offer, 2014). Um zu überleben, müssen sie auf Veränderungen der Umwelt reagieren und neue Strategien entwickeln. Innovative Verhaltensweisen stehen dabei im Zentrum von Untersuchungen, wie sich Tiere an eine veränderte oder neue Umgebung anpassen (Griffin & Guez, 2014). Sie ermöglichen den Zugang zu neuen oder vorher nicht verwendeten Ressourcen sowie die Nutzung bekannter Ressourcen in einem neuen Zusammenhang (Lefebvre et al., 1997; Reader, 2003; Reader & Laland, 2001). Innovationen sind ein wichtiger Aspekt der phänotypischen Plastizität und könnten weitreichende ökologische und evolutive Konsequenzen haben (Reader & Laland, 2003). Dass Tiere, sowohl verschiedener Arten, als auch innerhalb einer Art, unterschiedliche innovative Fähigkeiten besitzen, ist durch zahlreiche Studien gezeigt worden (Benson-Amram et al., 2013; Griffin & Diquelou, 2015; Lefebvre et al., 2004). Die Gründe für diese Unterschiede, die zugrundeliegenden Prozesse und welche Faktoren das Auftreten von Innovation beeinflussen bleiben jedoch unklar (Griffin & Guez, 2014).

Zunächst stellt sich die Frage, wie Innovation definiert ist. Je nach Kontext kann die Definition unterschiedliche Schwerpunkte haben. Allgemein versteht man unter Innovation die Entwicklung, Einführung und Anwendung neuer Ideen, Prozesse, Produkte oder Vorgehensweisen, von denen schließlich einzelne oder mehrere profitieren (West, 2012). Bei dieser Definition wird ersichtlich, dass nicht nur die neue Idee allein, sondern erst ihre Anwendung eine Innovation kennzeichnet (West, 2012). In der Verhaltensbiologie definiert man Innovation als ein neues oder verändertes Verhalten, welches zuvor nicht im Repertoire der Population zu finden war (Reader & Laland, 2003). Innovation kann dabei entweder als Produkt oder als Prozess betrachtet werden. Bei der ersten Betrachtungsweise liegt der Schwerpunkt auf der Verhaltensweise an sich, bei letzterer auf dem Vorgang, der in der neu erlernten oder veränderten Verhaltensweise resultiert (Reader & Laland, 2003).

Eine weitere Herausforderung kommt bei der Überlegung auf, wie Innovation gemessen werden kann. Als Pioniere im Themengebiet der tierischen Innovationsfähigkeiten sind Webster und Lefebvre (2001) zu nennen. In ihrer Studie verglichen sie die Innovationsfähigkeiten fünf verschiedener Vogelarten, indem sie ihre Fähigkeiten im Umgang mit einer Puzzlebox

untersuchten. Die Vögel mussten diese öffnen, um Zugang zum Futter zu erlangen (Webster & Lefebvre, 2001). Seitdem gab es eine Vielzahl weiterer Studien, die ebenfalls kreatives Problemlösen als Grundlage zur Innovationsuntersuchung bei verschiedensten Tierarten nutzten (Aplin et al., 2013; Benson-Amram & Holekamp, 2012; Biondi et al., 2010; Bókonyi et al., 2014; Boogert et al., 2008; Bouchard et al., 2007; Cole & Quinn, 2011; Diquelou et al., 2016; Thornton & Samson, 2012). Der am häufigsten verwendete experimentelle Aufbau beinhaltet, wie auch bei Webster und Lefebvre (2001), eine Box mit Futter, zu der sich die Tiere Zugang verschaffen müssen. Es gibt aber auch Studien, welche statt Futter beispielsweise das Brut- und Aufzuchtverhalten als Motivation nutzen, indem der Zugang zum Nest mit Nachwuchs blockiert ist (Cauchard et al., 2013). Die meisten Studien wurden mit Vögeln (Aplin et al., 2013; Boogert et al., 2008; Bouchard et al., 2007), einige aber auch mit Primaten (Reader & Laland, 2001) und anderen Tierarten durchgeführt, darunter zum Beispiel Tüpfelhyänen (*Crocota crocuta*) (Benson-Amram & Holekamp, 2012) und Erdmännchen (*Suricata suricatta*) (Thornton & Samson, 2012). Griffin und Guez (2014) kamen nach einer Metaanalyse von über 20 relevanten Studien seit dem Jahr 2001 zum Thema Innovation zu dem Ergebnis, dass es zwischen den Prädiktoren des kreativen Problemlösens und denen der Innovation große Ähnlichkeiten gibt. Daraus lässt sich schließen, dass innovatives Problemlösen ein sinnvolles methodisches Vorgehen ist, um Innovation zu untersuchen (Griffin & Guez, 2014).

Innovationsprädiktoren

Es gibt mehrere verschiedene Faktoren, die innovatives Verhalten möglicherweise beeinflussen. Im Fokus der Untersuchungen liegen einerseits physisch bedingte Faktoren, unter anderem motorische Bewegungsvervielfalt, Kognition und individuelle Lernfähigkeit, andererseits motivationsabhängige Eigenschaften, wie beispielsweise der Umgang mit Neuem, Exploration, Notwendigkeit und Persistenz (Griffin & Guez, 2014; Reader & Laland, 2003). Die große Bandbreite an möglichen Innovationsprädiktoren lässt schon hier die Komplexität des Themas erkennen. Im Folgenden wird deshalb nur auf einzelne, häufig untersuchte oder für die Studie relevante Faktoren näher eingegangen.

Ob die Varianz in innovativen Fähigkeiten auf variierende kognitive Fähigkeiten zurückzuführen ist, wird aktuell debattiert (Guez & Griffin, 2016). Eine Reihe von Studien gibt Anlass für diese Überlegung. Sowohl bei Vögeln als auch bei Primaten korreliert die Innovationsrate positiv mit der relativen Gehirngröße, insbesondere der Größe der assoziativen Zentren (Timmermans et al., 2000). Des Weiteren beeinflusst individuelles Lernen das wiederholte Auftreten einer innovativen Verhaltensweise (Griffin & Guez, 2014). In einigen Studien ließ sich ein positiver Zusammenhang von Problemlöseerfolg und Lerngeschwindigkeit nachweisen (Aplin et al., 2013; Boogert et al., 2008; Bouchard et al., 2007; Cole & Quinn, 2011). Diese Ergebnisse führten zu der Überlegung, dass die Untersuchung von Innovation durch innovatives Problemlösen auch eine Möglichkeit zur Messung der allgemeinen kognitiven Leistung darstellen könnte (Cauchard et al., 2013; Cole, Morand-Ferron et al., 2012; Sol et al., 2012).

Ein weiterer gut untersuchter möglicher Innovationsprädiktor ist die motorische Flexibilität. Eine Reihe von Studien zeigt eine positive Korrelation von dieser mit der Problemlösefähigkeit (Benson-Amram & Holekamp, 2012; Griffin & Diquelou, 2015; Thornton & Samson, 2012).

Zum Beispiel bei Tüpfelhyänen (*Crocuta crocuta*) waren Individuen mit einer größeren Bandbreite an motorischen Bewegungen eher in der Lage innovative Probleme zu lösen als Individuen mit einer eingeschränkten Bewegungsvielfalt (Benson-Amram & Holekamp, 2012). Da die Funde über ein großes Spektrum an Arten besonders konsistent sind, wird diesem Innovationsprädiktor eine zentrale Rolle zugeschrieben (Cole et al., 2012). Eine weitere Interpretation lässt motorische Flexibilität und Kognition zusammen agieren: Motorische Prozesse operieren in Verbindung mit Lernprozessen der operanten Konditionierung. Diese ist als kognitiver Prozess charakterisiert, bei dem Verhaltensmuster durch Konsequenzen erlernt werden (Shettleworth, 2009).

Die zwei motivationsabhängigen Faktoren Neophobie und Dominanz sollen im Folgenden genauer betrachtet werden. Sie wurden im Zusammenhang mit Innovation bei verschiedensten Tierarten mit teilweise sehr variierenden Ergebnissen untersucht.

1.2 Dominanz

Um den täglichen riskanten Konkurrenzkampf um Ressourcen mit Artgenossen zu vermeiden, kann sich bei sozial lebenden Tieren eine Dominanzbeziehung entwickeln. Dominanz ist daher keine individuelle Eigenschaft, sondern bezieht sich auf eine dyadische Beziehung, in der das eine Individuum dominantes und das andere submissives Verhalten zeigt (Kappeler, 2006). Solche Dominanzbeziehungen können jedoch in unterschiedlichen Kontexten oder an verschiedenen Orten variieren oder sich sogar umkehren, sodass Dominanz als komplexer Mechanismus bezeichnet werden kann (Naguib, 2007). Dominanzen können sich einerseits darin äußern, dass ein Tier Aggressionen gegenüber einem anderen zeigt und dieses zum Beispiel angreift oder vertreibt. Andererseits kann auch die Vermeidung solcher aggressiver Interaktionen, beispielsweise durch Flucht oder Abstandswahrung die Dominanzbeziehung charakterisieren (Naguib, 2007).

Innovation könnte gehäuft in Zeiten auftreten, in denen eine Notwendigkeit für diese besteht (Reader & Laland, 2003). Für diese These sprechen auch Ergebnisse ökologischer Vergleichsstudien von Sol und Kollegen (2005a; 2005b). Diese weisen darauf hin, dass Vögel, die häufiger innovatives Verhalten zeigten, größere Überlebenschancen in rauen, unbeständigen Lebensräumen haben. Zusätzlich zeigte sich ein saisonaler Effekt, da Innovationen gehäuft im Winter auftraten (Sol et al., 2005b). Subdominante Individuen sind weniger konkurrenzfähig, haben einen beschränkten Zugang zu Ressourcen wie Futter oder Partner und sind daher eher auf die Entwicklung alternativer Strategien angewiesen. In diesem Zusammenhang wird angenommen, dass subdominante Individuen häufiger innovatives Verhalten zeigen als dominante (Reader & Laland, 2003). Diese Theorie bestätigte sich unter anderem bei Vögeln (Aplin et al., 2013; Cole & Quinn, 2011), Primaten (Reader & Laland, 2001) und bei Erdmännchen (*Suricata suricatta*) im Freiland (Thornton & Samson, 2012). Dagegen sprechen die Funde von Boogert und Kollegen (2008), in deren Studie gerade die Individuen von hohem Rang den ersten Kontakt mit der Puzzlebox aufnahmen und die Probleme zuerst lösten.

1.3 Neophobie

Der Umgang mit neuen Situationen, beispielsweise einer neuen Nahrungsquelle oder Umgebung, wird unter anderem von Persönlichkeitsmerkmalen wie Neophobie und Neophilie beeinflusst. Neophobie ist die Angst oder Scheu vor Neuem, welche eher zu einer Vermeidung der neuen Situationen führt. Dagegen beschreibt Neophilie das Interesse an Neuem, also eine intrinsische Motivation, ein neues Objekt oder Gebiet zu erkunden (Greenberg & Mettke-Hofmann, 2001). Neophobie und Neophilie wirken dabei nicht notwendigerweise antagonistisch (Mettke-Hofmann et al., 2002), sondern variieren als eigenständige Charaktereigenschaften und hängen von verschiedenen Faktoren ab (Greenberg & Mettke-Hofmann, 2001). Es wird angenommen, dass Neophilie das Sammeln von Informationen erleichtert und daher gerade unter unbeständigen, schwankenden Umweltbedingungen von Vorteil ist. Dagegen reduziert Neophobie die damit verbundenen Risiken, was bei einem hohen Prädationsdruck nützlich ist (Greenberg & Mettke-Hofmann, 2001).

Mit diesem Hintergrund wird angenommen, dass Neophobie und Neophilie einen Einfluss darauf haben, ob ein Tier sich mit einer neuen Ressource beschäftigt, sodass überhaupt Innovation auftreten kann. Neophobie wird deshalb zu den motivationsabhängigen Faktoren der Innovation gezählt und wurde schon in zahlreichen Studien untersucht. Dabei variieren die Ergebnisse erheblich, was vielleicht auch das auf große Spektrum an unterschiedlichen Methoden zur Untersuchung zurückzuführen ist (Griffin & Guez, 2014). Diese unterscheiden sich unter anderem darin, ob sie separat oder während der Innovationstests, mit oder ohne Futter durchgeführt wurden und ob die Tiere einzeln oder in Gruppen waren (A. Griffin & Guez, 2014). Beim häufig verwendeten Neophobietest nach Greenberg (1983) wird beispielsweise die Latenzzeit zum Beginn der Nahrungsaufnahme neben einem neuen Objekt im Vergleich ohne ein solches gemessen.

Es gibt sowohl Studien, die keine oder nur eingeschränkte Korrelation von Neophobie und innovativem Problemlösen feststellen, als auch einige Untersuchungen, die einen solchen Zusammenhang aufzeigen. Bei einigen Vögeln, wie Haussperlingen (*Passer domesticus*), Staren (*Sturnus vulgaris*) und Blaumeisen (*Parus caeruleus*) korrelierten die beiden Faktoren nicht (Aplin et al., 2013; Boogert et al., 2008; Liker & Bókony, 2009). Ebenso existieren Studien, die keinen Zusammenhang von Neophilie oder Explorationsverhalten und Problemlösen nachweisen konnten (Biondi et al., 2010; Morand-Ferron et al., 2011). Bei freilebenden Erdmännchen fanden Thornton und Samson (2012), dass obwohl sich Jungtiere weniger neophob zeigten als erwachsene Individuen, sie trotzdem weniger innovativ waren. Allerdings könnte dies auch auf das Alter der Tiere zurückzuführen sein, denn zum Beispiel bei Primaten waren Jungtiere weniger erfolgreich beim innovativen Problemlösen als erwachsene Tiere (Reader & Laland, 2001).

Im Kontrast dazu fanden einige andere Studien heraus, dass Tiere mit geringeren neophoben Eigenschaften bessere Innovationserfolge erzielten. So wurde in einer weiteren Studie bei Staren (*Sturnus tristis*) eine negative Korrelation von Neophobie und Problemlösen gefunden (Sol et al., 2012). Auch bei Kohlmeisen (*Parus major*) zeigte sich ein solcher Zusammenhang: Individuen, welche erfolgreich ein Hindernis zu ihrem Nest entfernten, berührten die Apparatur

nach der Landung schneller, als Individuen, welche dies nicht schafften (Cauchard et al., 2013). Derartige Ergebnisse gibt es jedoch nicht nur bei Vögeln, sondern auch bei Raubtieren: Sowohl wilde als auch in Gefangenschaft lebende Tüpfelhyänen (*Crocota crocuta*) zeigten bei einer größeren Latenzzeit bis zum ersten Kontakt mit dem Objekt, also höheren Neophobiewerten, geringere Problemlöseerfolge (Benson-Amram & Holekamp, 2012; Benson-Amram et al., 2013).

Zusammenfassend lässt sich in den bisherigen Ergebnissen zum Zusammenhang von Neophobie und Innovation keine klare Linie erkennen, weshalb weitere Nachforschungen notwendig sind.

1.4 Forschung in Zoologischen Gärten

Die Haltung von Tieren im Zoo ist in der Öffentlichkeit umstritten. Wofür brauchen wir heutzutage noch Zoos? Schon 1999 wurden die Aufgaben eines Zoos in den EU-Richtlinien für zoologische Gärten festgehalten (Rat der Europäischen Union, 1999), die auch in heutigen modernen Zoos im Zentrum stehen: Natur- und Artenschutz, Bildung, Forschung und Erholung. Der Artenschutz ist durch die zunehmende Zerstörung der Umwelt und die damit verbundene Ausrottung vieler Tierarten zu einer der wichtigsten Aufgaben des modernen Zoos geworden. Nicht mehr das Sammeln möglichst vieler Tierarten steht im Vordergrund, sondern die Erhaltungszucht bedrohter Arten (Meier, 2009). Wenn es möglich und sinnvoll ist, wird die Zucht mit Wiederansiedlungsprogrammen kombiniert.

Auch im Zoo Heidelberg wird diese Aufgabe mit der Teilnahme an zahlreichen Artenschutzprogrammen wahrgenommen, unter anderem beteiligt er sich derzeit an 16 europäischen Erhaltungszuchtprogrammen (EEP) und unterstützt verschiedene in situ Artenschutzprojekte (Zoo Heidelberg, 2016a). In diesem Zusammenhang ist auch die Bildung von großer Bedeutung. Neben der Erholung sollen den Zoobesuchern durch die Beschilderung und Informationsangebote von Zooschulen und Förderkreisen die Natur und ihre Bedrohung näher gebracht werden.

Eine weitere wichtige Aufgabe ist die Forschung in Zoos. Diese ist nicht nur für die Klärung von Fragen zu Haltung und Zucht der Tiere von Bedeutung, sondern stellt auch eine wichtige Quelle an Informationen über Tierarten dar, die sich in freier Wildbahn sonst nur schwer ermitteln ließen. Um zu sehen, inwieweit Befunde von Studien in Gefangenschaft auf wilde Populationen übertragen werden können, braucht man experimentelle Vergleichsstudien mit wilden sowie gefangenen Populationen der gleichen Art. Zum Themenbereich Innovation gibt es eine solche Vergleichsstudie bei Tüpfelhyänen (*Crocota crocuta*) (Benson-Amram et al., 2013). In dieser waren die Individuen in Gefangenschaft signifikant besser im Lösen neuer Probleme und zeigten vielfältigeres Explorationsverhalten als frei lebende Individuen.

Darüber hinaus kann Forschung auch die Haltungsqualität der Tiere verbessern. In modernen zoologischen Gärten ist artgerechte Tierhaltung ein wichtiger Aspekt. Untersuchungen von

Innovation und kreativem Problemlösen, wie in der hier vorliegenden Arbeit, könnten hilfreich sein, um neue Enrichment-Möglichkeiten und -Ideen für die Tiere zu entwickeln.

Erdmännchen sind nicht nur im Zoo ein Publikumsliebling und Besuchermagnet, sondern auch aufgrund ihrer speziellen Sozialstruktur und Eigenschaft als kooperative Brüter besonders interessant für verhaltensbiologische Untersuchungen zu Innovation. Kooperative Brüter stellen besonders geeignete Untersuchungssysteme dar, da es dort oft zu ausgeprägten Unterschieden bezüglich der individuellen Wettkampffähigkeiten kommt, welche mit Innovationsfähigkeit in Verbindung gebracht wird (Kutsukake et al., 2006). Zudem sind sie von Natur aus sehr neugierig und ohne große Sicherheitsvorkehrungen für Versuche und Beobachtungen zugänglich.

Bei Erdmännchen gibt es zum Thema Innovation und Problemlösen bisher hauptsächlich Studien im Freiland, wovon sich einige auf soziales Lernen konzentrieren (Thornton & Malapert, 2009). Zum Themenschwerpunkt Innovation ist die Studie von Thornton und Samson (2012) zu nennen. Bei Erdmännchen, die in Gefangenschaft leben, wurde Innovation bisher kaum erforscht. Die vorliegende Arbeit unternimmt daher den Versuch, diese Lücke zu schließen.

1.5 Ziel der Studie

Mit dieser Studie soll die Innovationsfähigkeit der Erdmännchen im Zoo Heidelberg untersucht und auf mögliche Korrelationen mit den Faktoren Dominanz und Neophobie getestet werden.

Wie von Griffin und Guez (2014) empfohlen, wird in dieser Studie die Innovationsfähigkeit mit Hilfe des Problemlösens untersucht. Die Tiere müssen dabei verschiedene neuartige Probleme lösen, um an Futter zu gelangen. Mit Hilfe einer Puzzlebox (siehe Kapitel 3.4.1, S. 21 f.) wurden drei verschiedene Problemstellungen in unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen konzipiert: In Stufe I müssen die Tiere eine Klappe öffnen, vergleichbar mit einer Katzenklappe, indem sie diese mit Kopf oder Pfoten nach innen aufdrücken. Alternativ kann die Klappe an der Metallöse oder dem Rand nach außen gezogen werden. Letztere Strategie wird in Stufe II gefordert, indem der Weg nach innen von zwei Holzklötzen blockiert wird. In Stufe III muss zunächst ein Metallhaken gelöst und anschließend die Klappe wie in Stufe I oder II geöffnet werden. Da sich Erdmännchen in ihren Erdhöhlen durch enge Gänge drücken, ist anzunehmen, dass Stufe I einfach zu lösen ist, indem die Tiere bereits bekannte Bewegungen in einem neuen Kontext anwenden. Zugarbeiten, wie sie in Stufe II verlangt werden, sind dagegen etwas schwieriger einzuschätzen, denn die üblichen Grabbewegungen der Pfoten sind meist von oben nach unten ausgerichtet. Durch neu kombinierte Bewegungen, wie beispielsweise das Drehen des Körpers und das gewöhnliche Graben, kann die Bewegung jedoch angepasst und die Stufe gelöst werden. Es wird angenommen, dass Stufe III die schwierigste der drei Stufen darstellt. Zum einen wird, wie in Stufe II, eine kombinierte oder veränderte Bewegung verlangt, da der Kopf oder die Pfote wieder von unten nach oben bewegt werden müssen, um den Metallhaken zu lösen. Zum anderen befindet sich der freie Stiel des

Metallhakens nicht direkt im Eingang, sondern ein paar Zentimeter links von der Tür, sodass zusätzlich an verschiedenen Stellen manipuliert werden muss.

Zur Untersuchung der Dominanzstruktur wurde ein Dominanz-Index aus der Quantität der im Focal-Animal-Sampling beobachteten aggressiven und submissiven Verhaltensweisen berechnet. Dieses methodische Vorgehen orientiert sich an Schmitt und Kollegen (2012).

Die Neophobie wurde mit dem von Greenberg (1983) entworfenen Versuchsaufbau untersucht, indem die Latenzzeit bis zum Beginn der Nahrungsaufnahme ohne und mit einem neuartigen Objekt (siehe Abbildung 10, S. 20) neben der Futterschale verglichen wurde. Zum Vergleich mit den Neophobieeigenschaften anderer Tierarten wurden die Testergebnisse des gleichen Neophobietests dreier Vogelarten aus dem Zoo Heidelberg (Keas (*Nestor notabilis*), Raben (*Corvus corax*) und Falklandkarakaras (*Phalacrocorax australis*)) aus der Studie von Von Dovsky (2016) herangezogen.

1.5.1 Hypothesenformulierung

Mit dieser Arbeit sollen Dominanzstruktur und Neophobieeigenschaften der Erdmännchen-Gruppe im Zoo Heidelberg ermittelt und deren innovative Fähigkeiten mit Hilfe einer Puzzlebox getestet werden. Weiterhin wird der Zusammenhang zwischen innovativen Fähigkeiten und Dominanzstruktur und zwischen innovativen Fähigkeiten und Neophobie untersucht. Die Ergebnisse sollen, soweit möglich, mit denen ähnlicher Studien im Freiland (Thornton & Samson, 2012) verglichen werden. Folgende Hypothesen wurden dabei untersucht:

1. Es wird vermutet, dass Erdmännchen im Vergleich zu anderen Tierarten nur wenig neophob sind, d.h. dass die Latenzzeit bis zur Nahrungsaufnahme neben einem neuartigen Objekt gering ist.
2. Ebenfalls wird, da es in der Erdmännchen-Gruppe im Zoo Heidelberg keine Jungtiere gibt, ein negativer Zusammenhang von Neophobie und Innovation erwartet.
3. Hinsichtlich der Dominanz wird vermutet, dass subdominante Individuen innovativer sind als dominante.
4. Darüber hinaus wird erwartet, dass erfolgreiche Individuen im Laufe der Versuche dazulernen und die Problemstellung effektiver und schneller lösen.

2. Allgemeine Informationen über das Erdmännchen

2.1 Systematische Einordnung

Das Erdmännchen, oder Surikate, (*Suricata suricatta*) ist systematisch der Familie der Herpestidae (Mangusten, Mungos) in der Ordnung der Carnivora zuzuordnen (siehe Tabelle 1). Die rezenten Carnivora beinhalten heute 16 Familien-Taxa mit 128 Gattungen und 286 Arten. Die Familie der Herpestidae wird dabei zu den katzenartigen Raubtieren gezählt und bildet mit ihren 34 Arten eine Schwestergruppe der madagassischen Carnivoren (Eupleridae) (siehe Abbildung 1). Die bodenlebenden Raubtiere dieser Familie besiedeln hauptsächlich Afrika und Asien, wobei der Schwerpunkt der Verbreitung in Afrika liegt. Sie zeichnen sich durch lang gestreckte, relativ kurze Gliedmaße, einen kurzen Schwanz und kräftige Krallen zum Graben aus (Westheide & Rieger, 2014). Das Erdmännchen stellt die einzige Art der Gattung *Suricata* dar.

Tabelle 1

Taxonomie des Erdmännchens (Grzimek, 1972; Wehner & Gehring, 2013). Erdmännchen sind kleine katzenartige Raubtiere und stellen die einzige Art der Gattung *Suricata* in der Familie der Herpestidae dar

Stamm	Chordata (Chordaten)
Unterstamm	Vertebrata (Wirbeltiere)
Klasse	Mammalia (Säugetiere)
Unterklasse	Eutheria (Plazentatiere)
Ordnung	Carnivora (Raubtiere)
Überfamilie	Feloidae (Katzenartige)
Familie	Herpestidae (Mangusten, Mungos)
Gattung	<i>Suricata</i>
Art	<i>suricatta</i>
Wissenschaftlicher Name (Autor)	<i>Suricata suricatta</i> (Schreber 1776)
Allgemeine Bezeichnung	Erdmännchen, Surikate

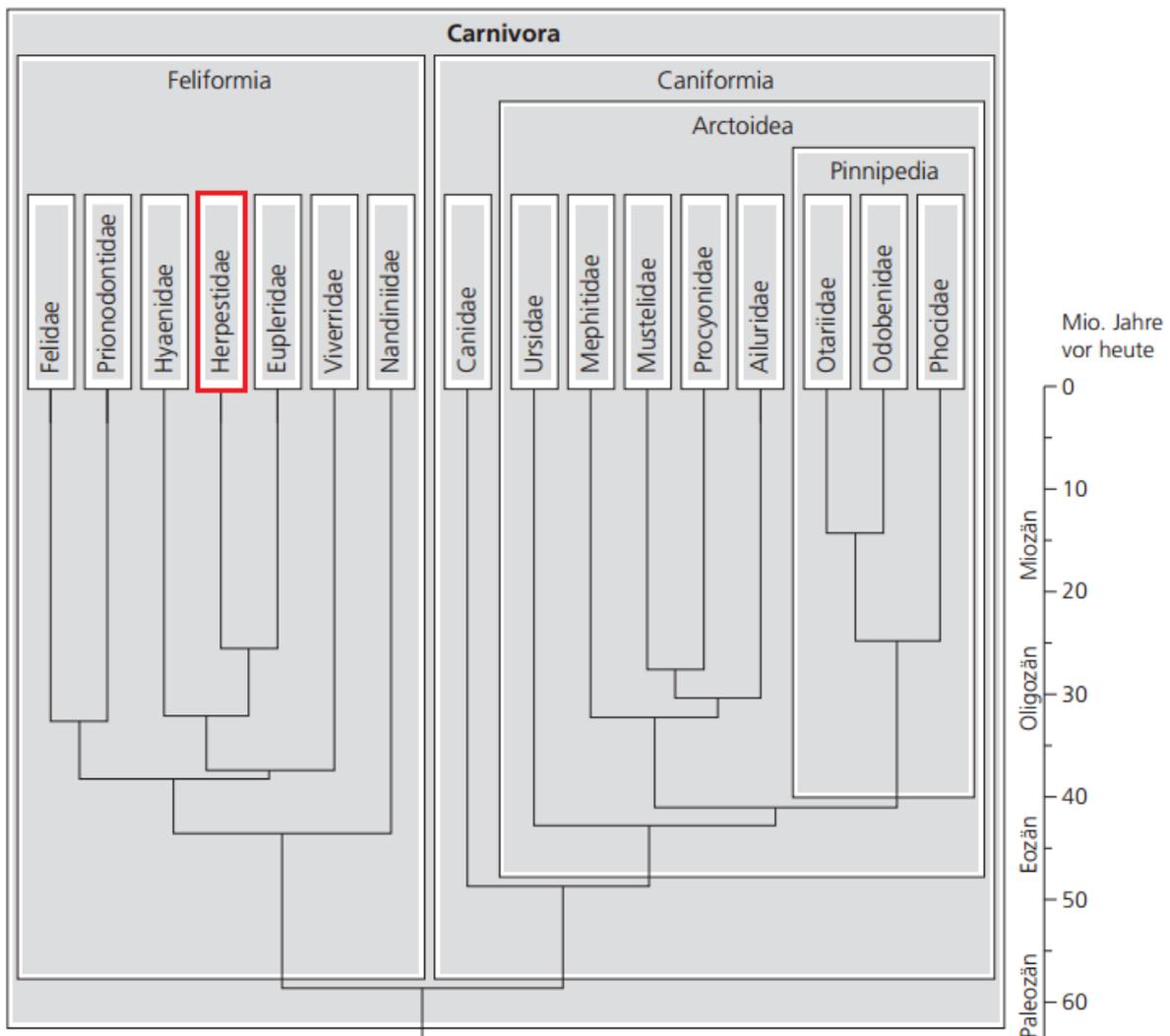


Abbildung 1. Die Familie der Herpestidae im Verwandtschaftsverhältnis der Carvinvora nach molekulargenetischen Analysen mit weitgehender Übereinstimmung mit morphologischen Daten. Die Herpestidae (rot umrandet) stellen innerhalb der katzenartigen Raubtiere eine Schwestergruppe der madagassischen Carnivoren (Eupleridae) dar. Nach Westheide und Rieger (2014).

2.2 Lebensraum

Erdmännchen sind im südlichen Afrika weit verbreitet (siehe Abbildung 2). Das Vorkommen reicht von einem kleinen südwestlichen Teil Angolas über den Westen und Süden Namibias und Botswanas bis in den Norden und Westen von Südafrika (Jordan & Do Linh San, 2015; Macdonald, 2004). Dort bewohnen sie trockene, weitläufige Gebiete mit kurzen Gräsern und nur kargem Baumwuchs. Die Vorkommensdichte variiert von 7 bis 17 Individuen pro km² in Gruppen von bis zu 30 Tieren und ist abhängig von Niederschlag und Feindvorkommen (Bateman et al., 2013; Bateman et al., 2015; Macdonald, 2004). Der IUCN listet die Art als nicht bedroht (Jordan & Do Linh San, 2015).



Abbildung 2. Verbreitung *Suricata suricatta* (gelb markiert). Erdmännchen haben ein großes Verbreitungsgebiet im südlichen Afrika, welches sich von Angola, über Namibia und Botswana bis nach Südafrika erstreckt (Jordan & Do Linh San, 2015).

2.3 Merkmale und Lebensweise

Erdmännchen haben einen rundlichen Kopf mit schräg nach vorn gerichteten Augen. Mit einem Gewicht von ca. 700 g und einer Kopf-Rumpf-Länge von 30 cm gehören sie zu den kleineren Vertretern der Raubtiere. Sowohl an den Vorder- als auch an den Hinterbeinen sind jeweils 4 Zehen mit starken Krallen versehen, die sich hervorragend zum Graben tiefer Gänge eignen (Westheide & Rieger, 2014). Das Erdmännchen wird auch als Scharrtier bezeichnet (Grzimek, 1972). Die Tiere leben gesellig, meist in Gruppen aus 10-15 Individuen, bestehend aus zwei bis drei Familien mit Nachwuchs. Den Bau graben sie entweder selbst oder leben mit Fuchsmangusten (*Cynictis penicillata*) und Erdhörnchen (*Xerinae*) in einer gemischten Kolonie (Westheide & Rieger, 2014). Sie sind tagaktiv und verlassen bei Sonnenaufgang den Bau, um im sandigen Boden nach Nahrung zu suchen und zu graben. Sie verzehren wirbellose Tiere, vorwiegend Insekten, aber auch Mäuse, kleine Vögel, Eidechsen, Schlangen und pflanzliche Produkte (Grzimek, 1972; Westheide & Rieger, 2014). Erdmännchen zeigen ausgeprägten Futterneid und versuchen selbst nach Sättigung die Artgenossen um die Nahrung zu bringen. Erwachsene Surikaten sind allerdings sehr geschickt und verteidigen ihre Nahrung auch mit vollem Körpereinsatz, z.B. indem sie sich auf diese legen. Beim Anzeichen einer Gefahr zeigen Surikaten ihre charakteristische Haltung zum Ausschau- und Wachehalten. Sie stehen dabei aufrecht auf den Zehen der Hinterfüße, gestützt von der Schwanzspitze und beobachten und lauschen (Grzimek, 1972).

Erdmännchen sind in freier Wildbahn einem hohen Prädationsdruck ausgesetzt und werden dabei von zahlreichen Räubern aus der Luft und vom Boden aus bedroht (Clutton-Brock et al., 1999). Zu den größten Feinden zählen Geier, weshalb sie besonders die Gefahr aus der Luft im Auge behalten. Mit ihrem ausgezeichneten Seh- und Hörsinn können sie diese schon aus weiter Höhe bemerken. Versuche im Zoo Frankfurt zeigten, dass Erdmännchen ein gutes Farbsehvermögen haben (Bernau, 1966). Beim Erblicken einer Gefahr warnen sie die Familienmitglieder durch Alarmrufe und fliehen oder warten bewegungslos, bis die Gefahr nicht mehr zu sehen ist (Grzimek, 1972). Die Alarmrufe sind dabei nicht nur ein einfacher Warnruf, sondern enthalten spezifische Informationen, sowohl über die Art des Räubers, als auch über die Dringlichkeit der Gefahr (Manser, 2001).

Surikaten werden mit einem Jahr geschlechtsreif. Die Tragzeit beträgt etwa elf Wochen. Meist besteht ein Wurf aus 4, selten auch aus 5 Jungtieren. Als Nesthocker kommen sie blind und mit geschlossenen Ohren zur Welt. Erst nach etwa zwölf bis vierzehn Tagen öffnen sich die Augen, die Ohren ein paar Tage früher. Mit etwa sechs Wochen erhalten sie zum ersten Mal feste Nahrung von der Mutter (Grzimek, 1972).

2.4 Helfersystem

Wie zahlreiche Vogel- und Säugetierarten verfügen Erdmännchen über ein Helfersystem, bei dem einige Individuen auf die eigene Fortpflanzung verzichten, jedoch bei der Aufzucht der Jungen anderer Tiere helfen. Das Helfersystem der Erdmännchen ist das am besten untersuchte bei Säugetieren (Kappeler, 2006). In jeder Gruppe monopolisiert ein dominantes Paar zu großen Teilen das Fortpflanzungsrecht (Griffin et al., 2003). Die subdominanten Tiere helfen bei der Fütterung der Jungen des dominanten Paares und bei der Sicherung und Verteidigung des Territoriums, ohne sich selbst fortzupflanzen (Clutton-Brock et al., 1999). Dies wird hauptsächlich durch Inzestvermeidung und Unterdrückung von Seiten der dominanten Tiere beeinflusst (O’Riain et al., 2000). Ein solcher reproduktiver Altruismus erhöht die inklusive Fitness der primären Helfer, da die Jungen einen Teil ihrer Gene teilen (Kappeler, 2006). Sekundäre Helfer profitieren vom Schutz der Gruppe und erhöhen ihre Chancen auf eine Fortpflanzungsmöglichkeit im folgenden Jahr, was auch als „Pay-to-Stay-Hypothese“ bezeichnet wird (Hamilton & Taborsky, 2005). Besonders primäre Helfer, aber auch sekundäre, müssen jedoch dafür auch hohe energetische Kosten und ein erhöhtes Mortalitätsrisiko in Kauf nehmen (Heinsohn & Legge, 1999). Es kann zum Beispiel vorkommen, dass die Tiere einen ganzen Tag lang nichts essen, während sie den Bau sichern, was in einem beträchtlichen Gewichtsverlust resultiert (Clutton-Brock et al., 1998).

Für die gesamte Gruppe und das Überleben der Jungen hat das Helfersystem und die damit verbundene Gruppengröße jedoch viele positive Aspekte: Die züchtenden Weibchen zeigen eine bessere Kondition bei Anwesenheit von Helfern und haben dadurch größere Würfe von erhöhtem Geburtsgewicht (Russell et al., 2003). Weiterhin wirken sich Helfer positiv auf Erfolg bei der Nahrungssuche sowie Wachstum und Überleben der Jungen aus (Clutton-Brock et al., 2001). Der Fortpflanzungserfolg und die Überlebensrate sind dabei in größeren Gruppen günstiger als in kleineren (Clutton-Brock et al., 1999). Diese Tendenz wird meist durch das mit wachsender Gruppengröße effektivere Erkennen von Feinden und ein geringeres Feindrisiko erklärt. Es gibt jedoch noch weitere Vorteile, beispielsweise dass die Jungen mehr Futter bekommen und besser gegen Infantizid-Attacken von Immigranten oder feindlichen Nachbarn geschützt sind. Gleichzeitig ist auch die Arbeitszeit von Brütern und Helfern reduziert, was sich positiv auf die Überlebensrate der adulten Tiere auswirken kann (Clutton-Brock et al., 1999).

3. Material und Methoden

3.1 Die Erdmännchen-Gruppe im Zoo Heidelberg

Getestet wurden sechs Erdmännchen (*Suricata suricatta*), die gemeinsam in einer Gruppe im Zoo Heidelberg leben. Die vier weiblichen und zwei männlichen Tiere sind zwischen zwei und fünfzehn Jahre alt ($M_{\text{Alter}} = 6.5$ Jahre). Alle Tiere wurden in Gefangenschaft geboren, die vier jüngeren Tiere alle in Heidelberg. Zu Beginn der Studie wurden die Tiere über eine Woche lang beobachtet, fotografiert und charakterisiert, um sie in den späteren Versuchen und Videoanalysen unterscheiden zu können. Im Folgenden werden die Individuen mit ihren charakteristischen Merkmalen und Verhaltensweisen vorgestellt. Die Daten wurden dem Taxon Report des Zoo Heidelberg entnommen (Zoo Heidelberg, 2016b). Dazu wurden im Anschluss an die Versuche die Mikrochips der Tiere gescannt und anhand der individuellen Nummer deren Identität einschließlich Geburtsdatum und Herkunft ermittelt. Die Namen der Tiere sind dabei nur unter den Tierpflegern bekannt, wurden teilweise ergänzt und im weiteren Teil der Studie mit dem Ziel des neutralen wissenschaftlichen Arbeitens und der schnelleren Notation in allen Versuchen mit dem Anfangsbuchstaben abgekürzt.

3.1.1 Porträt der Individuen

Tabelle 2

Beschreibung und Charakterisierung der Erdmännchen-Individuen (Zoo Heidelberg, 2016b)

Paul (P)



Abbildung 3. Paul.

Geschlecht:	Männlich
Geburtsdatum und -ort:	16. April 2001 im Artis Zoo Amsterdam
Beherbergt im Zoo Heidelberg seit:	4. April 2002
Aufzucht:	Eltern

Paul ist gut an seinem fehlenden Schwanz zu erkennen. Dieser musste ihm nach einer Verletzung amputiert werden. Er ist mit seinen fünfzehn Jahren der Senior der Gruppe, was sich neben seinem struppigen Fell mit einigen verfilzten Stellen auch an seinen fehlenden Zähnen bemerkbar macht. Er benötigt deshalb oft etwas länger zum Fressen und verteidigt sein Essen, meist besonders weiche Nahrung wie Banane, Trauben oder Mehlwürmer, durch lautes Knurren und vollen Körpereinsatz.

Sandy (S)**Abbildung 4. Sandy.**

Geschlecht:

Weiblich

Geburtsdatum und –ort:

31. Januar 2009 im Twycross
Zoo, Vereinigtes Königreich

Beherbergt im Zoo Heidelberg seit:

19. Februar 2011

Aufzucht:

Eltern

Sandy ist das Zuchtweibchen der Gruppe und mit ihren sieben Jahren das älteste weibliche Erdmännchen im Zoo Heidelberg. Sie hat keine auffälligen Fellmerkmale, wodurch sie leicht mit Tilly verwechselt werden kann. Sie ist jedoch mit ihrer kräftigen Gestalt und ihrem breiten Gesicht mit tiefen Augenbrauen von dieser zu unterscheiden. Oft ist sie in einer breitbeinigen Ruheposition zu beobachten.

Adelheid (A)**Abbildung 5. Adelheid.**

Geschlecht:

Weiblich

Geburtsdatum und –ort:

29. Mai 2011 im Zoo Heidelberg

Beherbergt im Zoo Heidelberg seit:

Seit Geburt

Aufzucht:

Eltern

Adelheids markantestes Merkmal sind die verfilzten Fellstellen, die ab und zu vom Tierpfleger behandelt werden. Ihr Kopf ist schmal mit einer spitzen Schnauze und ihr Körper schlank und wendig. Von vorne ist sie leicht mit Tilly zu verwechseln, die Fellmerkmale sind bei genauer Betrachtung jedoch nicht zu übersehen.

Tilly (T)**Abbildung 6. Tilly.**

Geschlecht:

Weiblich

Geburtsdatum und –ort:

29. Mai 2011 im Zoo Heidelberg

Beherbergt im Zoo Heidelberg seit:

Seit Geburt

Aufzucht:

Eltern

Tilly ist besonders schlank, hat ein schmales Gesicht und schönes glänzendes Fell ohne besondere Auffälligkeiten. Sie ist häufig aktiv und entweder beim Sichern oder beim Graben von Gängen zu sehen.

Leopold (L)**Abbildung 7. Leopold.**

Geschlecht:

Männlich

Geburtsdatum und –ort:

16. September 2013 im Zoo Heidelberg

Beherbergt im Zoo Heidelberg seit:

Seit Geburt

Aufzucht:

Eltern

Leopold hat eine vergleichsweise breite Gestalt, dickere Backen und große Ohren. Besonders gut lässt er sich an der kleinen, kahlen Fellstelle über dem rechten Auge von den anderen unterscheiden. Bei Regen hat er des Öfteren Schlammklumpen zwischen den Krallen, die er aus unbekanntem Gründen nicht entfernt und deshalb noch einige Tage mit sich herumträgt.

Doro (D)

Abbildung 8. Doro.

Geschlecht:	Weiblich
Geburtsdatum und –ort:	22. Juli 2014 im Zoo Heidelberg
Beherbergt im Zoo Heidelberg seit:	Seit Geburt
Aufzucht:	Eltern

Doro ist zwei Jahre alt und damit das jüngste Tier der Gruppe. Sie hat struppiges Fell, welches mit mehreren kahlen Stellen auf dem Kopf und über beiden Ohren versehen ist. Der linke, untere Eckzahn ist nach außen gebogen und auch bei geschlossenem Mund deutlich zu erkennen. Sie ist häufig beim Wachehalten zu beobachten.

3.1.2 Haltungsbedingungen

Der Heidelberger Zoo legt als moderner Tiergarten großen Wert auf eine artgerechte Tierhaltung. Die Erdmännchen sind in einem ca. 25 m² großen Außengehege am Raubtierhaus untergebracht. Das Gehege ist mit einem sandigen Untergrund ausgestattet, so dass die Tiere ihre arttypischen Erdhöhlen und Gänge graben können. Diese dienen ihnen auch als Schlafhöhle, Unterschlupf und Versteckmöglichkeit. Die Besucher können die Tiere durch eine große Glasscheibe beobachten (siehe Abbildung 9). Direkt hinter der Scheibe befindet sich ein überdachter Bereich und ein hölzerner Unterstand. Große Steine und alte hohle Holzstämmen sorgen für eine abwechslungsreiche Umgebung und erhöhte Aussichtspunkte für das charakteristische Sicherungsverhalten. Zum Aufwärmen ist eine große Wärmelampe angebracht. Für die sehr kalten Nächte gibt es zusätzlich ein geschlossenes Holzhaus im hinteren Bereich des Geheges. Das Gehege wird täglich gereinigt und die Tiere in der Regel zweimal täglich gefüttert. Die erste Fütterung stellt dabei die Hauptmahlzeit dar, bestehend zu einem großen Anteil aus Gemüse und Obst sowie einer Fleischration, z.B. Küken. Sie findet morgens nach der Reinigung zwischen 10 und 11 Uhr statt. Am Nachmittag wird dann ein proteinreiches Beschäftigungsfutter, meist mit Mehlwürmern oder anderen Insekten, bereitgestellt. Zusätzlich zum Nahrungs-Enrichment werden den Tieren immer wieder neue Beschäftigungsmöglichkeiten geboten, wie Umgebungsanreicherungen durch z.B. neue Steine oder Pflanzen im Gehege oder Verhaltensanreicherungen durch olfaktorische Stimuli, wie z.B. Fell, Parfüm oder Gewürze.



Abbildung 9. Gehege der Erdmännchen im Zoo Heidelberg. Zahlreiche Versteck- und Klettermöglichkeiten bieten eine abwechslungsreiche Umgebung für das arttypische Grab- und Sicherungsverhalten. Zusätzlich wird täglich Beschäftigungsfutter in mit Löchern versehenen Bällen und Flaschen versteckt und damit zu einer artgerechten Tierhaltung beigetragen.

3.2 Dominanztest

Um die aktuelle Rangstruktur der Erdmännchen-Gruppe zu ermitteln wurde anhand der Quantität des aggressiven und submissiven Verhaltens (siehe Ethogramm Tabelle 3) ein Dominanz-Index berechnet. Diese Methode orientiert sich an Schmitt und Kollegen (2012). Hierfür wurden Focal Animal Samplings (Altmann, 1974) für jedes Erdmännchen durchgeführt. Dabei wird ein Fokustier ausgewählt und über einen festgelegten Zeitraum beobachtet (Naguib, 2007). Diese Methode eignet sich unter anderem zur differenzierten Aufnahme sozialer Interaktionen trotz großer Beweglichkeit der Tiere (Altmann, 1974; Damerose & Hopkins, 2002).

Zunächst wurden dafür alle aggressiven und submissiven Verhaltensweisen der Erdmännchen mittels Ad libitum Spampling innerhalb einer Woche beobachtet. Bei dieser Methode, welche für die Anfangsphase der Beobachtungen üblich ist, werden alle Verhaltensweisen aller Tiere aufgenommen, die für den Beobachter relevant erscheinen (Lehner, 1992). Das beobachtete Verhalten wurde in einem Ethogramm voneinander abgegrenzt und beschrieben (siehe Tabelle 3). Dieses lehnt zudem an die Beobachtungen von Kutsukake und Clutton-Brock (2005) an und wurde und wurde ergänzt durch für die Erdmännchen im Zoo Heidelberg typischen Verhaltensweisen.

Basierend auf dieser Grundlage wurde jedes Individuum für je 120 Minuten (6 x 20 Minuten) über einen Zeitraum von einem Monat beobachtet. Bei zwei Erdmännchen (Individuum A und L) wurden aufgrund der hohen Aggressionsfrequenz noch je zwei zusätzliche Focal Samplings, also insgesamt jeweils 160 Minuten (8 x 20 Minuten) aufgenommen. Die Datenerhebung erfolgte mit einem intervallstrukturierten One-Zero Sampling. Dabei wurden die 20-minütigen Verhaltensaufnahmen in Registrierungsintervalle von 30 Sekunden eingeteilt und an den Intervallgrenzen auf dem Aufnahmeblatt (siehe Anhang, S.51) erfasst, ob aggressives oder submissives Verhalten des Fokustieres im vorhergehenden Intervall eingetreten ist (Naguib, 2007). Zusätzlich wurde die Richtung des Verhaltens für beide involvierten Tieren notiert (Akteur = Aktiv oder Empfänger = Passiv). Die Beobachtungen waren hierbei gleichmäßig über den Tag in drei Blöcken verteilt (9:30 - 11:30 Uhr, 11:30 - 13:30 Uhr, 13:30 - 15:30 Uhr). Außerdem wurde jedes Individuum dabei mindestens einmal während der Fütterungszeit beobachtet.

Tabelle 3

Ethogramm für aggressive und submissive Verhaltensweisen der Erdmännchen

Kategorie (Abk.)	Verhalten	Beschreibung
Aggressives Verhalten (AV)	Beißen	Direkter physischer Kontakt durch festes Zubeißen.
	Schlagen	Kräftiger Schlag auf ein anderes Tier mit einer Pfote.
	Angreifen	Direktes, schnelles Zulaufen auf ein anderes Tier.
	Hüftstoß	Die Hüfte wird gegen die Seite eines anderen Tieres gestoßen.
	Kinnstoß	Das Kinn wird auf ein anderes Tier gestoßen.
Submissives Verhalten (SV)	Jagen	Ein Tier läuft einem anderen hinterher, während dieses flüchtet.
	Knurren	Ein Tier richtet den Kopf in Richtung eines anderen und gibt knurrende Geräusche von sich. Dieses Verhalten tritt häufig bei der Verteidigung der Nahrung auf.
	Fiepen	Lautäußerung hoher Töne, die typischerweise länger als ein paar Sekunden anhalten.
	Unterwürfiges Kriechen	Ein Tier kriecht mit geduckter Haltung und dem Kopf nahe dem Boden vor einem Anderen.
	Geduckte Haltung	Ein Tier nimmt vor einem anderen Tier eine geduckte Haltung ein.
	Intensive Submission	Starkes unterwürfiges Verhalten. Ein Tier folgt dabei dem anderen Tier längere Zeit und hilft ihm bei der Fellpflege.
	Ausweichen	Ein Tier weicht aus einem 25 cm Radius eines anderen.

Um für jedes Erdmännchen einen Dominanz-Index auf Basis des aggressiven Verhaltens (DI_A) zu berechnen, wurde die Anzahl der erhaltenen Aggressionen (A_{passiv}) von der der Anzahl der verteilten Aggressionen (A_{aktiv}) subtrahiert und durch die Gesamtanzahl der Aggressionen (A_{gesamt}) dividiert (Schmitt et al., 2012). Der Wertebereich des Dominanz-Index liegt damit zwischen -1 und 1.

$$DI_A = \frac{\sum A \text{ aktiv} - \sum A \text{ passiv}}{A \text{ gesamt}}$$

Analog wurde der Dominanz-Index auf Basis des submissiven Verhaltens (DI_S) berechnet, nur dass hier zum Vergleich mit dem DI_A zusätzlich ein Vorzeichenwechsel durchgeführt wurde.

$$DI_S = - \frac{\sum S \text{ aktiv} - \sum S \text{ passiv}}{S \text{ gesamt}}$$

Für den Fall, dass DI_A und DI_S nicht übereinstimmen, wurde anschließend der Mittelwert als endgültiger Dominanz-Index berechnet.

Anhand des endgültigen Dominanz-Index (DI) wurden die Tiere anschließend den Dominanzkategorien „Hoch“ ($DI < -0.5$), „Mittel“ ($-0.5 \leq DI \leq 0.5$) und „Niedrig“ ($DI > 0.5$) zugeteilt (Schmitt et al., 2012).

3.3 Neophobietest

Die Neophobie wurde mit Hilfe eines von Greenberg (1983) entworfenen Tests untersucht. Dabei wurden unbekannte Objekte (siehe Abbildung 10) neben das Futter gestellt und die Zeit bis zum Beginn des Fressens im Vergleich zu der Zeit ohne ein neues Objekt (Kontrolltest) gemessen. Ähnlich wie bei der Innovationsstudie von Bouchard und Kollegen (2007) wurde mit drei verschiedenen Objekten gearbeitet. Sie wurden an drei aufeinanderfolgenden Tagen getestet, wobei an jedem Tag ein Testversuch mit einem neuartigen Objekt und ein Kontrollversuch ohne Objekt stattfanden. Die Versuche waren zeitlich um zwei Stunden versetzt (11 Uhr und 13 Uhr) und die Reihenfolge zufällig ausgewählt. Es wurde jedoch darauf geachtet, dass die Testversuche nicht immer zur gleichen Zeit stattfanden. Die Tagesration an Futter wurde in zwei gleiche Portionen mit gleichem Inhalt aufgeteilt und in der üblichen Futterschale präsentiert. Um zu prüfen, ob die Tiere bereit zum Fressen sind, wurde die Futterschale zunächst auf den üblichen Platz gestellt und gewartet, bis die Tiere für 5 Sekunden mit der Nahrungsaufnahme begannen. Dann wurden sie kurz unterbrochen und in den Testversuchen das neuartige Objekt direkt neben der Futterschale platziert. In den Kontrollversuchen wurden dieselben Bewegungen ausgeführt, nur ohne ein Objekt. Anschließend wurde die Zeit gemessen, bis die Tiere nach dieser Unterbrechung wieder die Futterschale oder das Objekt berührten. Zur Untersuchung der Neophilie wurde zudem notiert, ob sie zuerst das Futter oder das Objekt untersuchten. In zwei Kontrollversuchen kam es vor, dass ein Tier nach der Unterbrechung sofort den Wachposten einnahm, ohne zur Futterschale zurückzukehren. Dadurch konnte keine Zeit gemessen werden und das Ereignis wurde mit „hält Wache“ vermerkt.

Um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass die Objekte den Erdmännchen im Zoo Heidelberg unbekannt waren, wurden diese mit außergewöhnlichen Farben, Formen und unnatürlichen Materialien gewählt (Greenberg, 1990). Außerdem wurde darauf geachtet, dass sie keine Ähnlichkeiten mit dem üblichen Enrichment-Material im Zoo aufweisen. Das erste Objekt wurde aus Plastikflaschen mit farbigen Deckeln zusammengebaut und mit einer schwarzen

Plastikbrille und glitzernden Geschenkbandern versehen (siehe Abbildung 10 (a)). Durch das Zusammenkleben ist die ursprüngliche Form einer Flasche nur noch im Detail zu erkennen und insgesamt ein neuartiges Objekt mit ungewöhnlicher Form und Oberfläche entstanden. Die Geschenkbander wurden für eine zusätzliche Farb- und Formvariation angebracht. Insgesamt ist das Objekt in etwa doppelt so groß wie ein Erdmännchen. Als zweites Objekt diente eine große, gelb-orangefarbene Plüschtierschlange in Giraffenoptik von 1,5 m Länge (siehe Abbildung 10 (b)). Da alle Erdmännchen in Gefangenschaft geboren sind, ist anzunehmen, dass sie noch nie mit einer Schlange in Kontakt kamen. Die längliche Form ist somit neuartig und auch die intensiv leuchtenden Farben sind im Gehege der Tiere normalerweise nicht zu finden. Das letzte Objekt bestand aus einer beweglichen Holzpuppe, die mit Geschenkpapier verkleidet wurde (siehe Abbildung 10 (c)). Neben der für Erdmännchen ungewöhnlichen Form und Farbe können bei diesem Objekt auch die durch Wind oder Berührung verursachten Bewegungen des Christbaumschmucks eine neuartige Wirkung erzeugen.



Abbildung 10. Die neuartigen Objekte mit ungewöhnlichen Farben und Formen für den Neophobietest: (a) ein Konstrukt aus Plastikflaschen, glitzerndem Geschenkband und einer schwarzen Plastikbrille, (b) eine Plüschtierschlange mit giraffenähnlicher, rot-gelber Musterung und (c) eine in farbiges Geschenkpapier gewickelte Holzfigur, deren Extremitäten an Metallstangen beweglich befestigt sind. Zusätzlich wurde glitzernder Christbaumschmuck angehängt, welcher bei Berührung in Bewegung versetzt werden kann.

Um die Ergebnisse mit denen anderer Arten zu vergleichen, wurde auf die Messdaten der Arbeit von von Dosky zurückgegriffen (2016). Dieser führte, ebenfalls im Zoo Heidelberg, bei Keas (*Nestor notabilis*), Raben (*Corvus corax*) und Falklandkarakaras (*Phalacrocorax australis*) einen gleichen Neophobietest durch, nur dass ein anderes, aber vergleichbares Objekt verwendet wurde und keine zusätzlichen Kontrollversuche stattfanden. Es wurde deshalb der Mittelwert der Messwerte aller Erdmännchen aus den drei Testversuchen mit dem der Vögel verglichen.

3.4 Innovationstest

Wie von Griffin & Guez (2014) empfohlen wurde die Innovationsfähigkeit mit Hilfe des Problemlösens untersucht. Die Tiere mussten verschiedene neuartige Probleme an einer Puzzlebox lösen, um zum Futter in der Box zu gelangen.

3.4.1 Die Puzzlebox

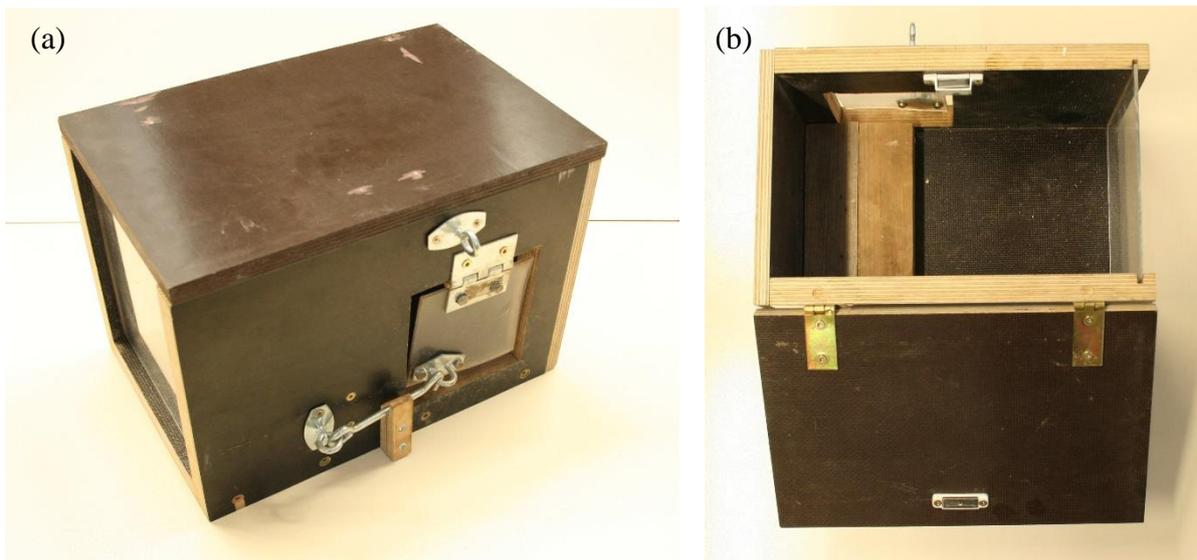


Abbildung 11. Die Puzzlebox (Breite x Länge x Höhe: 20 cm x 30 cm x 20 cm) (a) von vorne mit verschlossener Klappe wie in Stufe III und (b) von oben mit zwei Holzklötzen, welche das Öffnen der Klappe nach innen blockieren.

Für den Innovationstest wurde eine hölzerne Puzzlebox (Breite x Länge x Höhe: 20 cm x 30 cm x 20 cm, siehe Abbildung 11) gebaut. An der langen Seite befindet sich eine Klappe, die über ein Metallscharnier nach innen und außen schwenkbar ist. Die Klappe besteht aus weichem, biegsamem Silikon, sodass die Tiere sich nicht zwischen Tür und Box einklemmen können. An der Klappe ist eine Metallöse angebracht. Diese kann sowohl als Griff zum Ziehen verwendet, als auch zum Blockieren der Klappe verwendet werden. Für letzteres wird ein an der langen Außenwand befestigter Metallhaken eingehängt (siehe Abbildung 11 (a)). Der Metallhaken wird dabei zusätzlich durch eine kleine hölzerne Leiste links von der Klappe stabilisiert. Über der Klappe befindet sich eine weitere Metallöse, an welcher die Klappe mit Hilfe eines Kabelbinders befestigt werden kann, sodass der Eingang offen steht. Als zusätzliche Möglichkeit zur Veränderung des Schwierigkeitsgrades ist an der kurzen Seite eine variable

Schiebewand, entweder aus Holz oder aus durchsichtigem Plastik, einsetzbar. Falls die Tiere eine Aufgabe mit der durchsichtigen Wand nicht lösen können, ist es möglich den Versuch mit der hölzernen Wand zu vereinfachen. Dieser Fall trat jedoch nicht ein, sodass während der Testphase ausschließlich mit der durchsichtigen Wand gearbeitet wurde. Die Box ist mit einem Deckel versehen, sodass die Schiebewand ausgewechselt und das Futter im Inneren platziert werden kann. Der Deckel ist mit einem starken Magnet verschlossen, sodass dieser von den Tieren nicht geöffnet werden kann. Alle Schrauben wurden aus Sicherheitsgründen versenkt. Die Box kann von einem Tier blockiert werden, indem es den Eingang versperrt. In der Box haben maximal zwei Tiere Platz.

3.4.2 Die Problemstellungen

Mit Hilfe der Puzzlebox wurden drei Problemstellungen in unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen (Stufe I, II und III) getestet. Bei allen Problemstellungen war die Box ausschließlich durch die Klappe zugänglich. Das Futter wurde jedoch direkt hinter der durchsichtigen Schiebewand in der Box präsentiert, sodass in allen Versuchen die Schwierigkeit zusätzlich darin bestand, an der Klappe und nicht an der durchsichtigen Schiebewand nach dem Eingang zu suchen. Die Tiere mussten die Klappe je nach Schwierigkeitsstufe unterschiedlich öffnen, um an das Futter in der Box zu gelangen.

Stufe I

Die Puzzlebox wird mit der frei beweglichen Klappe präsentiert. Das heißt die Klappe ist, vergleichbar mit einer Katzenklappe, in zwei Richtungen schwenkbar. Um die Box zu betreten, muss die Klappe entweder mit dem Kopf nach innen gedrückt oder alternativ an der Metallöse oder dem Rand der Klappe nach außen gezogen werden (siehe Abbildung 12).

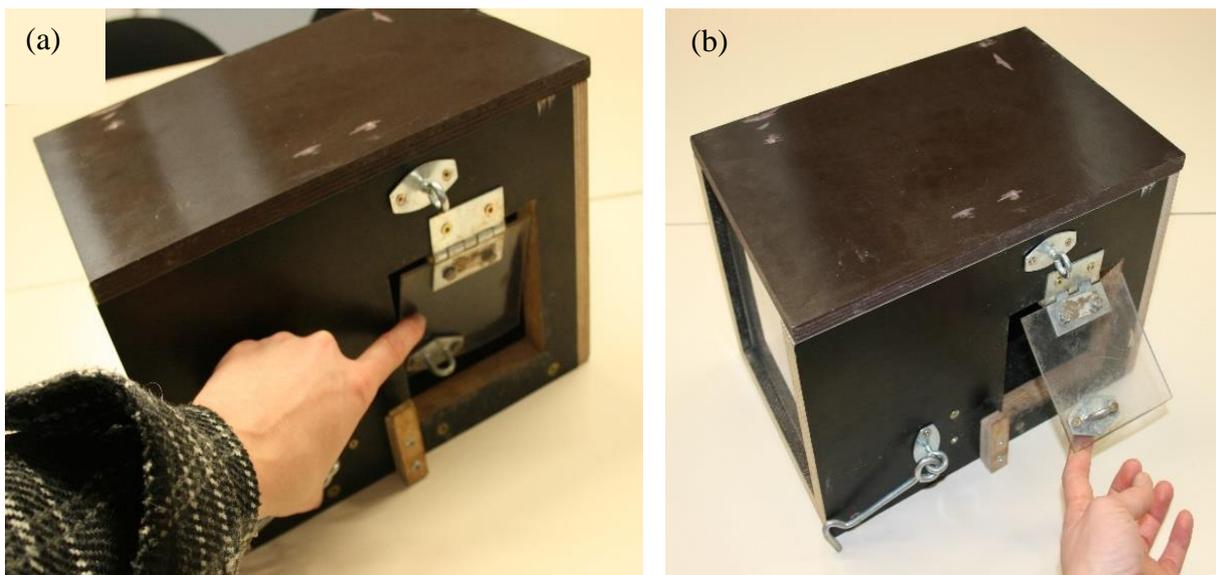


Abbildung 12. Mechanismus der Puzzlebox. (a) Die Klappe kann nach innen gedrückt werden. (b) Die Klappe kann nach außen geöffnet werden.

Stufe II

In der Box werden zwei Holzblöcke direkt hinter die Klappe geklemmt, sodass diese nicht mehr wie in Stufe I nach innen gedrückt werden kann (siehe Abbildung 12 (b)). Die Klappe muss an der Metallöse oder am Rand der Klappe nach außen gezogen werden, um die Box betreten zu können.

Stufe III

Diese Stufe ist nur möglich, wenn Stufe I oder II gelöst wurde. Die Klappe ist zusätzlich durch einen Metallhaken verschlossen (siehe Abbildung 11 (a)). Dieser muss leicht von unten angehoben werden, um aus der Metallöse gelöst zu werden. Anschließend muss die Klappe, wie in Stufe I, nach innen gedrückt oder, analog zu Stufe II, nach außen geöffnet werden. Im zweiten Versuch dieser Stufe drückte ein Erdmännchen die Klappe derart weit ein, dass es sich trotz des Hakens seitlich in die Box zwängte. Der Versuch musste abgebrochen und Tier befreit werden. Ab dem dritten Versuch wurden in dieser Stufe deshalb zusätzlich die Holzklötze aus Stufe II eingesetzt, sodass die Klappe nur noch nach außen geöffnet werden konnte. Der erste Versuch wurde trotzdem in die Auswertung verwendet, da die Klappe auch ohne Holzblöcke nach diesem Prinzip geöffnet wurde.

3.4.3 Versuchsaufbau und -ablauf

Als Belohnungsfutter diente in allen Versuchen die gleiche Menge Mehlwürmer, die in der Box in der Nähe der Schiebewand platziert wurde. Um die soziale Gruppendynamik nicht durch ein erhöhtes Streitpotential zu gefährden, aber trotzdem genügend Motivation zu erzeugen, erhielten die Tiere vor dem ersten Tagesversuch nur die Hälfte ihrer täglichen Futtermenge an Obst und Gemüse. Die Fleischration und die zweite Hälfte Obst und Gemüse wurde erst nach Beendigung des letzten Tagesversuchs verfüttert. Der erste Tagesversuch begann um 10:30 Uhr, eine halbe Stunde nach der ersten Fütterung, der letzte musste aus organisatorischen Gründen der Tierpflege spätestens um 14:00 Uhr durchgeführt werden.

Gewöhnungsphase

Einen Tag vor Beginn der Versuche wurde das Futter in der Puzzlebox zweimal offen präsentiert indem die Schiebewand entfernt und die Klappe geöffnet wurde, sodass die Box einfach und ohne Hindernisse betreten werden konnte. Durch die Gewöhnungsphase sollte das Interesse an der Box geweckt und mögliche neophobe Verhaltensweisen vermieden werden. Zudem sollte so eine Gewöhnung an das für die Durchführung notwendige, kurze Betreten des Geheges erreicht werden.

Testphase

Jede Stufe wurde in mindestens 17 Versuchen getestet, wobei pro Versuchstag jeweils maximal 6 Versuche hintereinander ausgeführt wurden. Es wurden zunächst alle Versuche zu Stufe I, anschließend zu Stufe II und Stufe III durchgeführt. Ein Versuch begann, sobald ein Tier in den 15 cm-Radius um die Puzzlebox eintrat. Ein Versuch von Stufe I und Stufe II endete, wenn alle Individuen das Problem gelöst hatten, die Box für länger als eine Minute nicht mehr von einem noch nicht erfolgreichen Individuum benutzt wurde, aber spätestens fünf Minuten nachdem die

Belohnung aufgegessen war. Die zusätzliche Zeit nach dem ersten Lösen wurde gegeben, um auch den anderen Tieren die Möglichkeit zur Interaktion mit der Box zu geben. Sie wurde jedoch auf maximal fünf Minuten beschränkt, da die Belohnung innerhalb eines Versuches nicht erneuert werden konnte. In Stufe III wurden die Versuche mit dem ersten erfolgreichen Lösen beendet, da dann der Metallhaken aus der Öse entfernt und das erneute Lösen des Problems nicht mehr möglich war. Für die Vorbereitung des neuen Versuchs, wurde die Anlage so kurz und leise wie möglich betreten, um die Belohnung nachzufüllen und die Puzzlebox und die für die jeweilige Problemstellung wieder in die richtige Ausgangslage zu bringen. Der neue Versuch startete dann unmittelbar nach der Vorbereitung.

3.4.4 Aufgenommenes Verhalten

Alle bei der Interaktion mit der Puzzlebox beobachteten Verhaltensweisen innerhalb eines 1 m-Radius um die Box wurden notiert und in einem Ethogramm voneinander abgegrenzt und charakterisiert (siehe Tabelle 4). In allen Versuchen wurde nur die Zeit gewertet, in der sich das Tier aktiv mit der Box beschäftigte, das heißt eine der im Ethogramm (siehe Tabelle 4) erläuterten Interaktionen mit der Box zeigte. Die Zeit für andere Verhaltensweisen, wie zum Beispiel Ausruhen, Sichern oder soziale Interaktionen, wurde abgezogen. Falls ein Tier versuchte die Klappe zu öffnen während die Box von einem anderen Individuum blockiert war, wurde die Zeitaufnahme ebenfalls gestoppt und erst nach Ende der Blockade fortgesetzt. Dieses Ereignis wurde in der Datenaufnahme mit „Versuch“ vermerkt.

Für jedes Individuum wurden mehrere Variablen aufgenommen, die im Folgenden erläutert werden:

- **Gelöst:** ein Tier öffnet die Klappe und der Kopf ist innerhalb der Box zu sehen. Falls ein Individuum jedoch einem anderen durch die bereits offene Klappe folgte oder sich vor diesem durch die schon geöffnete Klappe drückte, zählte dies nicht als gelöst. Dieses Verhalten wurde stattdessen mit „Umgangen“ kommentiert.
- **Zeit gesamt:** die Zeit bis zum Lösen oder bis zum Ende des Versuchs, die an der Box innerhalb des Interaktionsradius verbracht wurde.
- **Zeit effektiv:** die aktive Zeit, welche im Bereich der Klappe und dem Metallhaken gearbeitet wurde.
- **Flexibilität im Verhalten:** die Art und Anzahl der angewandten Strategien (beschrieben im Ethogramm Tabelle 4) bei der Interaktion mit der Puzzlebox.

Der Erfolg im Innovationstest wurde anhand dreier Indikatoren gemessen: die Anzahl der gelösten Stufen, der Anteil der gelösten Versuche an allen teilgenommenen Versuchen und die Zeit bis zum Lösen.

Tabelle 4

Ethogramm der beobachteten Verhaltensweisen bei der Interaktion mit der Puzzlebox. Es wurden nur Verhaltensweisen innerhalb eines 1 m Radius um die Puzzlebox berücksichtigt

Verhalten (Abkürzung)	Beschreibung
Schnuppern (S)	Das Tier richtet den Kopf in Richtung der Puzzlebox oder berührt diese mit der Nase.
Untersuchen (U)	Das Tier läuft mit der Nase am Boden um die Box herum.
Berühren mit der Pfote (PF)	Das Tier berührt die Box mit ein oder zwei Pfoten.
Graben (G)	Das Tier gräbt am Boden.
Drücken mit dem Kopf oder der Schnauze (DR)	Das Tier drückt den Kopf oder die Schnauze gegen die Klappe.
Ziehen (Z)	Das Tier zieht die Klappe mit den Pfoten nach oben. Entweder ist das Tier dabei seitlich gedreht oder auf den Rücken gerollt.
Deckel (D)	Das Tier springt auf den Deckel.
Rolle (R)	Das Tier dreht sich auf den Rücken und schlägt von unten gegen die Klappe.
Box umwerfen (BU)	Das Tier tritt fest mit den Hinterbeinen gegen die Box, so dass diese umfällt.

3.5 Videoaufnahme und –analyse

Alle Versuche des Neophobie- und Innovationstests, sowie die Versuche zweier Individuen beim Dominanztest wurden zur genauen Analyse mit einer Videokamera (Sony Camcorder: PJ410 Handycam) aufgenommen.

Beim Dominanztest wurden nur die Beobachtungen der Individuen A und L gefilmt, da die beiden vergleichsweise hohe Aktionsrate zeigten, welche mit bloßem Auge schwer zu differenzieren waren. Für den Neophobie- und Innovationstests wurden alle Versuche digital festgehalten, da hier möglichst genaue Sekundenangaben benötigt wurden. Die Aufnahmen wurden anschließend mit Hilfe von Windows Movie Maker (Version v16.4.3528.0331) analysiert. Parallel wurde zur sicheren Unterscheidung der Individuen die bessere Qualität in Windows Media Player (Version 11.0) genutzt. Dabei wurde anhand des Videos für jedes Tier und jeden Versuch ein Focal Animal Sampling durchgeführt, d.h. jede Videoaufnahme wurde sechsmal analysiert, wobei in jedem Durchlauf nur ein Fokustier beobachtet und die jeweiligen individuellen Variablenwerte (siehe 3.4.4) notiert wurden. Die genauen Sekundenangaben wurden dabei mit Hilfe der Frame-by-Frame - Funktion von Windows Movie Maker erfasst. Anschließend wurden die gesammelten Daten aufbereitet und statistisch ausgewertet.

3.6 Datenaufbereitung

Die Daten aller Tests wurden mit Excel (Microsoft Office Excel 2013) verwaltet und zur einfachen Handhabung und Sortierung in Pivot-Tabellen überführt. Einfache Rechnungen wurden mit ebenfalls mit Excel ausgeführt.

Um beim Innovationstest den Lernerfolg der Tiere zu untersuchen, wurden für jedes Erdmännchen die erfolgreichen Versuche heraussortiert und neu durchnummeriert (Benson-Amram & Holekamp, 2012).

3.7 Statistische Auswertung

Die aufbereiteten Daten wurden mit Statistica 13 (STATISTICA 13, Desktop Version 13.70 für Windows, StatSoft, Hamburg, Germany, www.statsoft.de) sowohl deskriptiv, als auch induktiv analysiert. In allen Tests wurden Mittelwerte und Standardfehler der untersuchten Variablen berechnet. Da die Daten nur auf wenigen ($N = 6$) Tieren beruhen, wurde bei der induktiven Analyse von parametrischen Tests abgesehen und ausschließlich mit nicht-parametrischen Tests gearbeitet.

Um zu prüfen, ob die Tiere neophob sind, wurde die mittlere Zeit aller Individuen aus den Test- und Kontrollversuchen mit einem Wilcoxon Test auf signifikante Unterschiede getestet. Zudem wurden mehrere Friedman ANOVA Tests angewandt, um die drei Objekte und die Neophobie-Level zwischen den Individuen und zwischen den Arten zu vergleichen.

Die Zusammenhänge der verschiedenen Variablen beim Innovationstest wurden mit einem Spearman-Korrelationstest (nicht-parametrische lineare Regressionsanalyse) untersucht. Der Lernerfolg der Tiere wurde dabei analysiert, indem die Versuchsnummer erfolgreicher Versuche und der Mittelwert der jeweils benötigten Zeit einerseits und Versuchsnummer und Anzahl der angewendeten Strategien andererseits als Variablen dienten. Um festzustellen, ob die Tiere die Problemstellung im Laufe der Versuche effektiver lösen, wurden die Variablen Versuchsnummer und Verhältnis der effektiven Zeit zur Gesamtzeit auf Korrelationen getestet. Des Weiteren wurden mit dem Spearman Test der Innovationserfolg und die Ergebnisse aus Neophobie- und Dominanztest als mögliche Prädiktoren auf Zusammenhänge geprüft.

Alle Diagramme wurden mit Excel oder Statistica 13 erstellt.

4. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Resultate der deskriptiven und induktiven Statistik aller Tests beschrieben. Die detaillierten Messergebnisse mit Mittelwert (M) und Standardfehler (SE) sind dem Anhang zu entnehmen (siehe S. 51).

4.1 Dominanztest

Die Beobachtungen des Focal Animal Samplings ($N = 40$) verteilten sich annähernd gleichmäßig über den Tag (9:30 - 11:30 Uhr: 35.0 %, 11:30 - 13:30 Uhr: 32.5 %, 13:30 - 15:30 Uhr: 32.5 %). Dabei konnten große individuelle Unterschiede in der Anzahl der Aggressionen und Submissionen beobachtet werden (siehe Tabelle 5). Besonders die Erdmännchen A und L zeigten vergleichsweise hohe Aggressivitätsraten, insbesondere untereinander. Dagegen wurde bei Individuum T insgesamt nur eine einzige aggressive Aktion beobachtet, sodass für es kein DI_S berechnet werden konnte. Es wurde lediglich ein DI_A erstellt, der dann als Dominanz-Index weiter Verwendung fand.

Tabelle 5

Anzahl der aggressiven gezeigten (A aktiv) und erhaltenen (A passiv) und submissiven gezeigten (S aktiv) und erhaltenen (S passiv) Verhaltensweisen während der Beobachtungszeit

Verhalten	Individuum					
	P	S	A	L	T	D
A aktiv	21	5	78	112	0	0
A passiv	0	0	116	86	1	2
S aktiv	0	0	6	17	0	6
S passiv	18	2	6	6	0	0

Den Erdmännchen konnte so anhand der errechneten Dominanz-Indizes eine Dominanzkategorie zugeteilt werden (siehe Abbildung 13). Bei den Individuen P, S und D stimmten die beiden errechneten Indizes, DI_A und DI_S , bereits überein. Bei A und L gab es Unterschiede. Obwohl L mehr Aggressionen verteilte als A, zeigte es auch mehr submissives Verhalten, sodass der resultierende Dominanz-Index von A knapp über dem von L lag. Beide sind jedoch der mittleren Dominanzkategorie zuzuordnen. Individuum P und S erhielten keine Aggression und zeigten keine Submission, wobei sie Aggressionen gegenüber anderen zeigten, sodass sie eindeutig in der Kategorie „Hoch“ liegen, wobei P insgesamt mehr Aktionen als S zeigte (siehe Tabelle 5). Erdmännchen D zeigte ausschließlich subdominantes Verhalten, sodass es zusammen mit Individuum T die niedrige Dominanzkategorie vertritt.

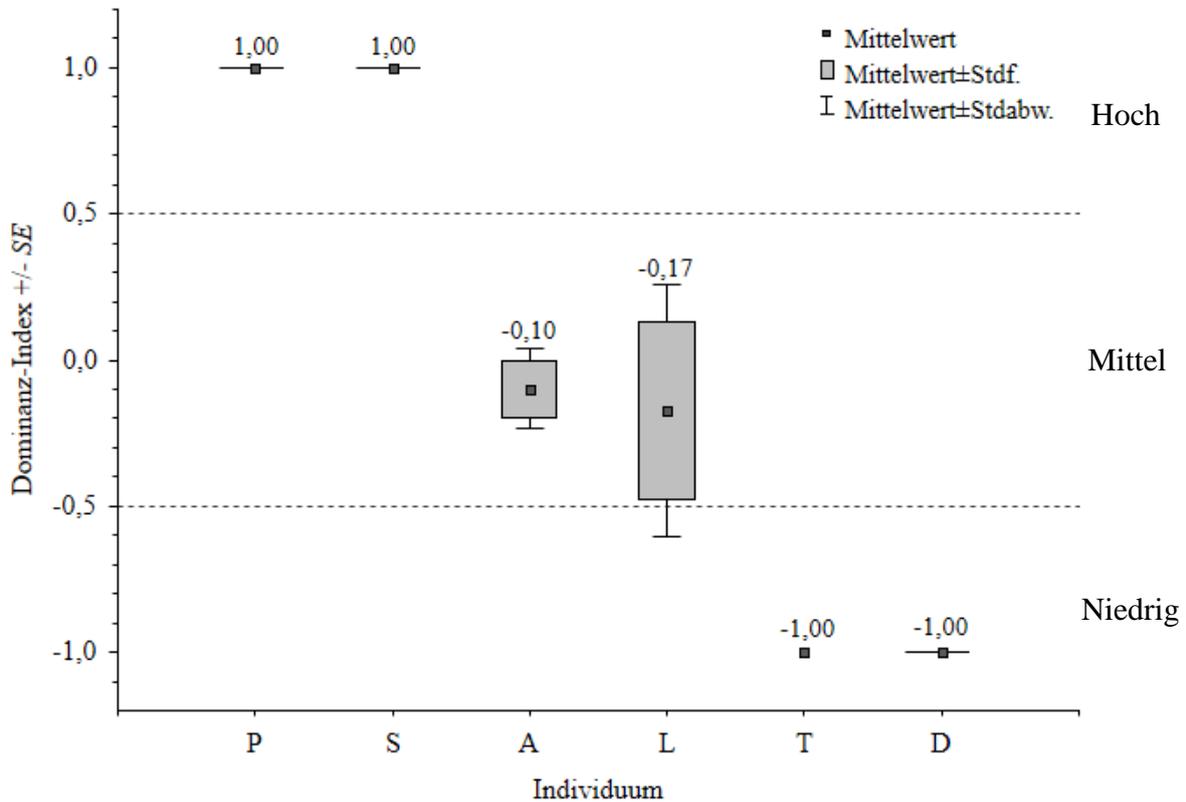


Abbildung 13. Dominanz-Index, Standardabweichung und Standardfehler für jedes Individuum aus dem Mittelwert der Dominanz-Indizes des aggressiven und submissiven Verhaltens (siehe

4.2 Neophobietest

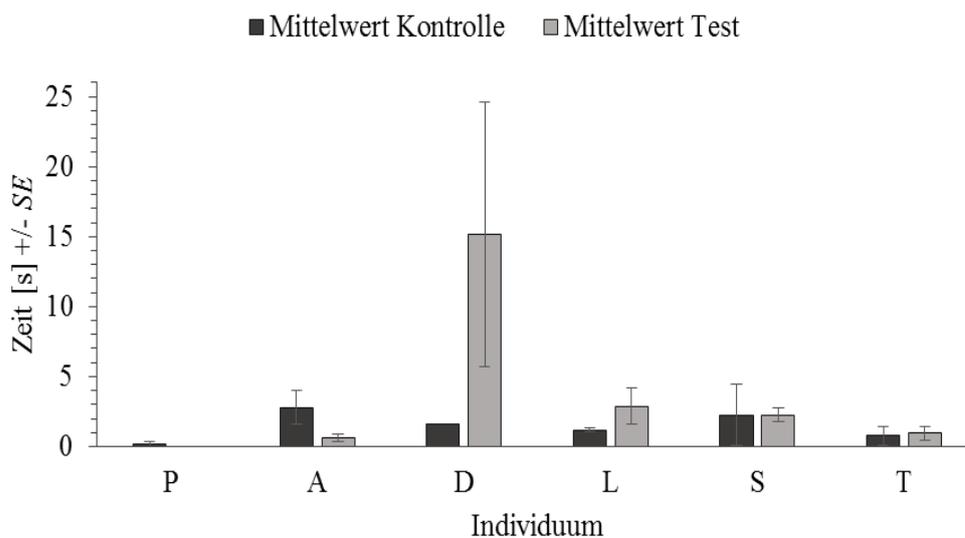


Abbildung 14. Mittelwerte der Latenzzeit aus Kontroll- und Testversuchen für jedes Individuum. P war in allen Testversuchen ohne Verzögerung am Objekt. D nahm nur an einem Kontrollversuch teil, so dass hier kein Standardfehler berechnet werden konnte.

Individuelle Ergebnisse und Unterschiede

Die durchschnittlichen individuellen Ergebnisse aller Kontroll- und Testversuche sind in Abbildung 14 dargestellt. Zwischen den Individuen lassen sich einige Unterschiede beobachten, die sich jedoch als nicht statistisch signifikant herausstellten (Friedman-ANOVA $F(6, 2) = 1.20, p = .549$). Während die Individuen P und A in den Testversuchen sogar schneller am Futter waren als in den Kontrollversuchen, ließ sich D verhältnismäßig viel Zeit im zweiten und dritten Testversuch (siehe Tabelle 10 im Anhang, S. 52). Sie besetzte während dieser Zeit den Wachposten oder beschäftigte sich mit dem ergatterten Essen aus den ersten fünf Testsekunden. Zudem nahm sie nur an einem der drei Kontrollversuche teil, sodass hier nur ein Wert zur Verfügung stand. Auch hier war sie stattdessen beim Sichern zu beobachten. Der nicht parametrische Friedman-ANOVA konnte keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Objekten feststellen ($F(6, 2) = 1.20, p = .549$).

Durchschnittlich gingen die Erdmännchen nach 1.46 Sekunden ($SE = 0.39$) zum Futter in den Kontrollversuchen und nach 3.64 Sekunden ($SE = 2.35$) in den Testversuchen. Der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben konnte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten aller Individuen aus den Test- und Kontrollversuchen nachweisen ($Z(N = 6) = 0.73, p = .463$).

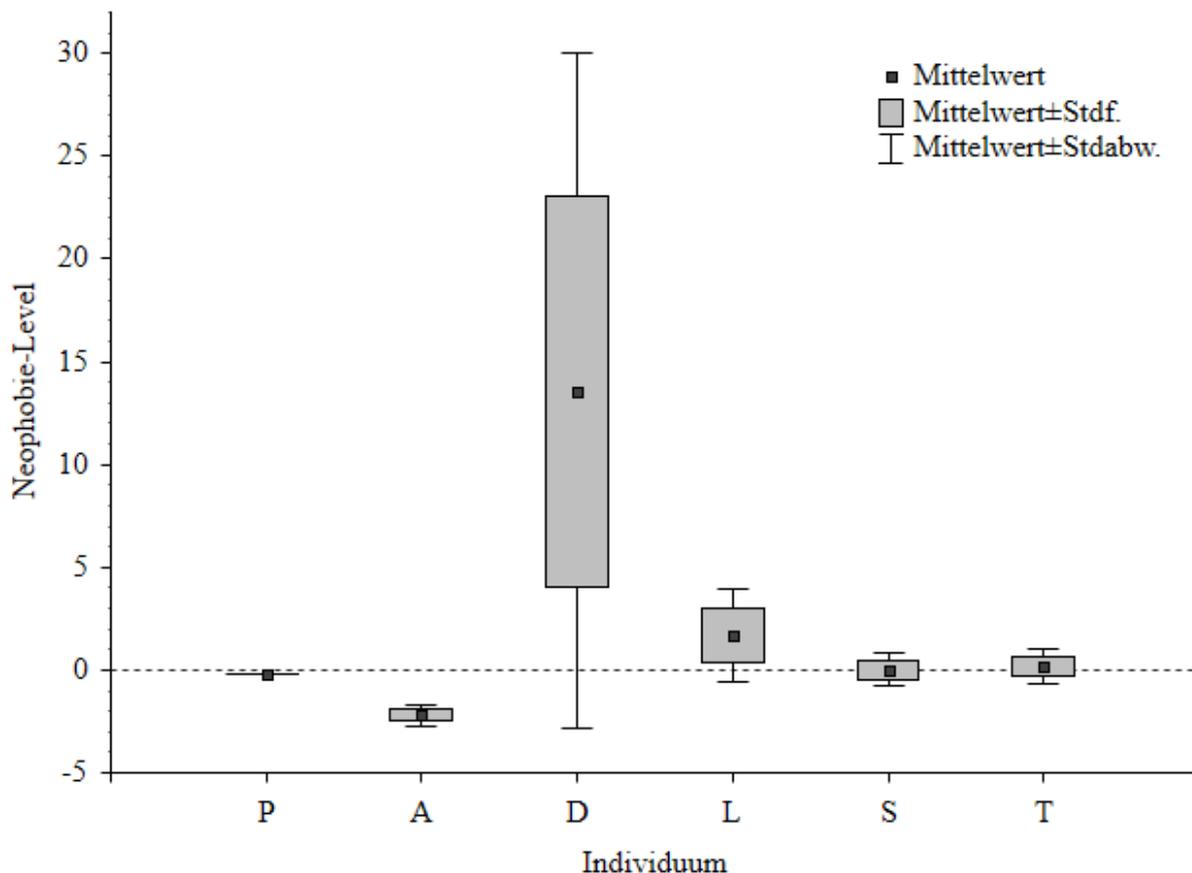


Abbildung 15. Neophobie-Level mit Mittelwert, Standardabweichung und SE . Negative Werte beschreiben, dass das Individuum im Testversuch schneller am Futter war als im Kontrollversuch.

Die individuellen Unterschiede werden auch im mittleren Neophobie-Level aller Versuche ersichtlich (siehe Abbildung 15). Die Erdmännchen P und A waren im Testversuch schneller als im Kontrollversuch, sodass beide negative Werte aufweisen. Bei D ist durch die drei unterschiedlichen Ergebnisse der Testversuche eine große Abweichung zu erkennen. In ungefähr 78 % der Fälle untersuchten die Erdmännchen zuerst das neue Objekt, bevor sie zum Futter gingen (siehe Tabelle 6). Während Individuum A nur einmal zuerst das Objekt berührte, zogen P, S und T in allen Fällen das Objekt dem Futter vor.

Tabelle 6

Die Erdmännchen berührten in den drei Testversuchen des Neophobietests entweder das Futter (F) oder das Objekt (O) zuerst

Testversuch	Individuum					
	P	A	L	D	S	T
1	O	F	F	F	O	O
2	O	O	O	O	O	O
3	O	F	O	O	O	O

Artenvergleich

Im Vergleich mit den drei Vogelarten des Zoo Heidelbergs benötigten die Erdmännchen ähnlich viel Zeit wie die Keas (siehe Abbildung 16). Die Falklandkarakaras brauchten mit ungefähr einer Minute ein wenig länger, um das Fressen wieder zu beginnen. Der größte Unterschied ist der zu den Raben, die selbst nach mehreren Minuten das Futter nicht anrührten. Statistisch signifikante Unterschiede gab es jedoch nicht (Friedman-ANOVA, $F(2, 3) = 5.84$, $p = .120$).

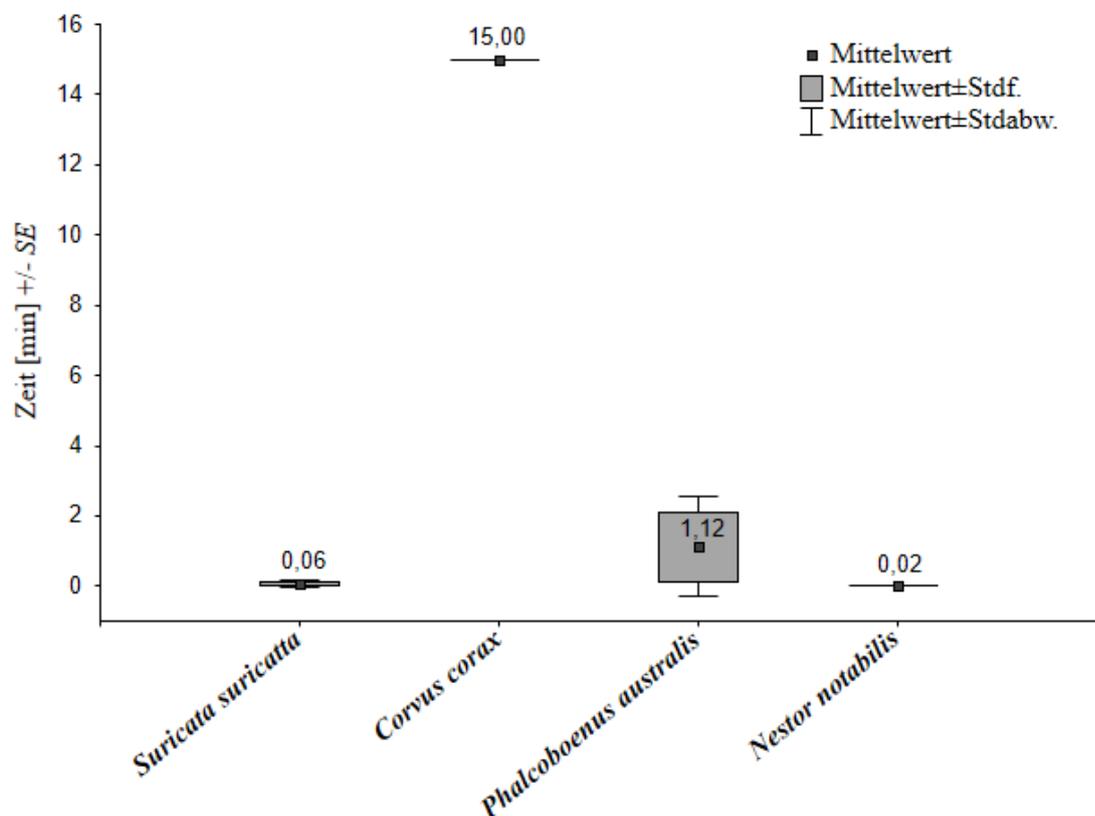


Abbildung 16. Benötigte Zeit in Minuten im Neophobietest bei Erdmännchen (*Suricata suricatta*), Raben (*Corvus corax*), Falklandkarakara (*Phalacrocorax australis*) und Kea (*Nestor notabilis*) im Vergleich. Die Raben rührten selbst nach 15 Minuten das Futter nicht an, sodass der Versuch abgebrochen wurde (von Dosky, 2016).

4.3 Innovationstest

Individueller Innovationserfolg

Die Erdmännchen nahmen in unterschiedlichem Maß an den insgesamt 52 Versuchen teil (Individuen A, L und S 100 %, D 92 %, P 87 % und T 75%). Wenn sie nicht mit der Box interagierten, hielten die Tiere stattdessen Wache, gruben Gänge oder lagen im Haus. In Tabelle 7 sind individuellen Ergebnisse des Innovationstest dargestellt. Die Erdmännchen A, L und S bewältigten alle drei Stufen, wobei A die meisten Versuche löste. Individuum P schaffte die ersten zwei Stufen, war aber insgesamt in nur 7 % aller teilgenommenen Versuche erfolgreich. D und T lösten nur die erste Stufe. Bezüglich der benötigten Zeit zum Lösen war Individuum A unter den schnellsten Erdmännchen. Lediglich in Stufe I löste L das Problem ein paar Sekunden schneller, benötigte aber in Stufe II und III deutlich mehr Zeit als A. Die Individuen S und P waren in Stufe II schneller als in Stufe I. In Stufe III benötigte S dann wieder etwas mehr Zeit, während P das Problem gar nicht löste. Da nur die erste Stufe von allen Tieren gelöst wurde, fand nur diese Zeit zum Lösen für die weitere induktive statistische Analyse als Erfolgsindikator Verwendung.

Tabelle 7
Individuelle Ergebnisse des Innovationstests

Erfolgsindikatoren	Individuum					
	A	D	L	P	S	T
Anzahl gelöster Stufen	3	1	3	2	3	1
Anteil gelöster Versuche [%]	83 %	13 %	56 %	7 %	54 %	23 %
Zeit zum Lösen Stufe I [s]	22	155	15	131	112	49
Zeit zum Lösen Stufe II [s]	8	NG	207	47	63	NG
Zeit zum Lösen Stufe III [s]	79	NG	722	NG	122	NG

Anmerkung. Anzahl gelöster Stufen (von drei möglichen), Anteil gelöster Versuche an der Gesamtzahl teilgenommener Versuche und die Zeit bis zum erstmaligen Lösen (inklusive der Arbeitszeit der vorangegangenen nicht erfolgreichen Versuche). NG = nicht gelöst.

Vergleich der Stufen

Stufe I wurde von allen Erdmännchen mindestens einmal gelöst. In Stufe II und III waren drei Individuen (A, L und S) erfolgreich, wobei Stufe III nur von einem Erdmännchen (Individuum A) mehr als zweimal gelöst wurde (siehe Abbildung 17). Die durchschnittliche Zeit der Erdmännchen bis zum Lösen (inklusive der Arbeitszeit an allen vorigen nicht erfolgreichen Versuchen) betrug 80.7 Sekunden ($SE = 24.4$) in Stufe I, 81.3 Sekunden ($SE = 43.5$) in Stufe II und 307.7 ($SE = 207.5$) Sekunden in Stufe III.

Individuelles Lernen

Um einen möglichen Lerneffekt der Erdmännchen zu untersuchen wurden die erfolgreichen Versuche gewählt, neu nummeriert und die Zeit gesamt und Zeit effektiv bis zum Lösen im Verlauf dieser Versuche betrachtet (siehe Abbildung 17). Zusätzlich wurde die Anzahl der angewandten Strategien untersucht. Mit zunehmender Anzahl gelöster Versuche nahm die mittlere Zeit zum Lösen in allen Stufen signifikant ab (Spearman Rang Korrelation, Stufe I: $r_s(17) = -.83$, $p < .001$; Stufe II: $r_s(12) = -.79$, $p = .002$; Stufe III: $r_s(14) = -.59$, $p = .026$).

Dabei verringerte sich auch die Differenz der Gesamtzeit und Zeit effektiv (Stufe I: $r_s(17) = -.62$, $p = .007$; Stufe II: $r_s(12) = -.81$, $p = .001$; Stufe III: $r_s(14) = -.47$, $p = .088$), was indirekt einem, in Stufe I und II signifikanten, steigenden Anteil der effektiven Zeit an der Gesamtzeit entspricht. Die Spearman Rang Korrelation zeigte außerdem einen negativen Zusammenhang zwischen der Anzahl gelöster Versuche und der Anzahl der angewandten Strategien, welcher sich in Stufe I und II als signifikant herausstellte (Stufe I: $r_s(17) = -.61$, $p = .009$; Stufe II: $r_s(12) = -.80$, $p = .002$; Stufe III: $r_s(14) = -.21$, $p = .467$).

Prädiktoren für den Innovationserfolg

Die ermittelten Dominanzindizes und das Neophobie-Level wurden als mögliche Prädiktoren für den Innovationserfolg untersucht. Die Streuung der Merkmale ließ aufgrund der Stichprobengröße ($N = 6$) nur bedingt Tendenzen erkennen. Die Tiere von mittlerem Rang erzielten durchschnittlich die besten Ergebnisse im Innovationstest (siehe Abbildung 18 (a), (c) und (e)). Sie lösten sowohl alle Stufen als auch die meisten Versuche ($M = 69\%$, $SE = 13.5$). Darüber hinaus waren sie die beiden schnellsten Individuen beim Lösen von Stufe I. Die beiden ranghohen Individuen schafften durchschnittlich 2,5 Stufen ($SE = 0.5$) und 30 % der Versuche ($SE = 23.6$). Sie benötigten in Stufe I mehr als fünfmal so viel Zeit wie die Tiere mittlerer Dominanz. Die rangniedrigen Tiere lösten nur Stufe 1, durchschnittlich 18 % ($SE = 7.1$) der Versuche und brauchten dafür unterschiedlich viel Zeit. Während eines der beiden einen mittleren Platz bei der Schnelligkeit des Lösens belegt, benötigte das andere die meiste Zeit. Die Spearman Rang Korrelation zeigte keine signifikante Korrelation des Dominanz-Indexes mit dem Anteil der Versuche und der Zeit zum Lösen in Stufe I (siehe Tabelle 8 & Abbildung 18 (c) und (e)). Die Anzahl gelöster Stufen und der Dominanz-Index wiesen dagegen einen starken positiven Zusammenhang auf ($r_s(6) = .64$, $p = .175$), welcher jedoch statistisch nicht signifikant ist (siehe Tabelle 8 & Abbildung 18 (a)).

Die Verteilung der Innovationsergebnisse bezüglich des Neophobie-Levels ist in Abbildung 18 (b), (d) und (f) dargestellt. Das Erdmännchen mit dem vergleichbar hohen Neophobie-Level von 13,6 (Individuum D) erzielte die schlechtesten Innovationsergebnisse. Es löste nur wenige Versuche in Stufe I und benötigte dafür die meiste Zeit. Im Gegensatz dazu zeigte das Individuum mit den geringsten neophoben Eigenschaften (Individuum A) unter anderen die besten Innovationserfolge mit vielen gelösten Versuchen in allen Stufen in kurzer Zeit. Zwischen diesen beiden Extremen variierten die Ergebnisse jedoch stark. Die Neophobie-Level liegen zwischen -0.17 und 1.7 relativ nah beieinander und es gibt sowohl Individuen, die viele Stufen und Versuche in wenig Zeit lösten, als auch umgekehrt. Die Spearman Rang Korrelation wies nur schwache Korrelationen mit dem Anteil der Versuche und der Zeit zum Lösen in Stufe I nach (siehe Tabelle 8 & Abbildung 18 (b) und (d)). Dennoch bestätigte sich eine moderate, wenn auch statistisch nicht signifikante Tendenz, dass mit steigendem Neophobie-Level weniger Stufen gelöst wurden ($r_s(6) = .45$, $p = .355$) (siehe Tabelle 8 & Abbildung 18 (a)).

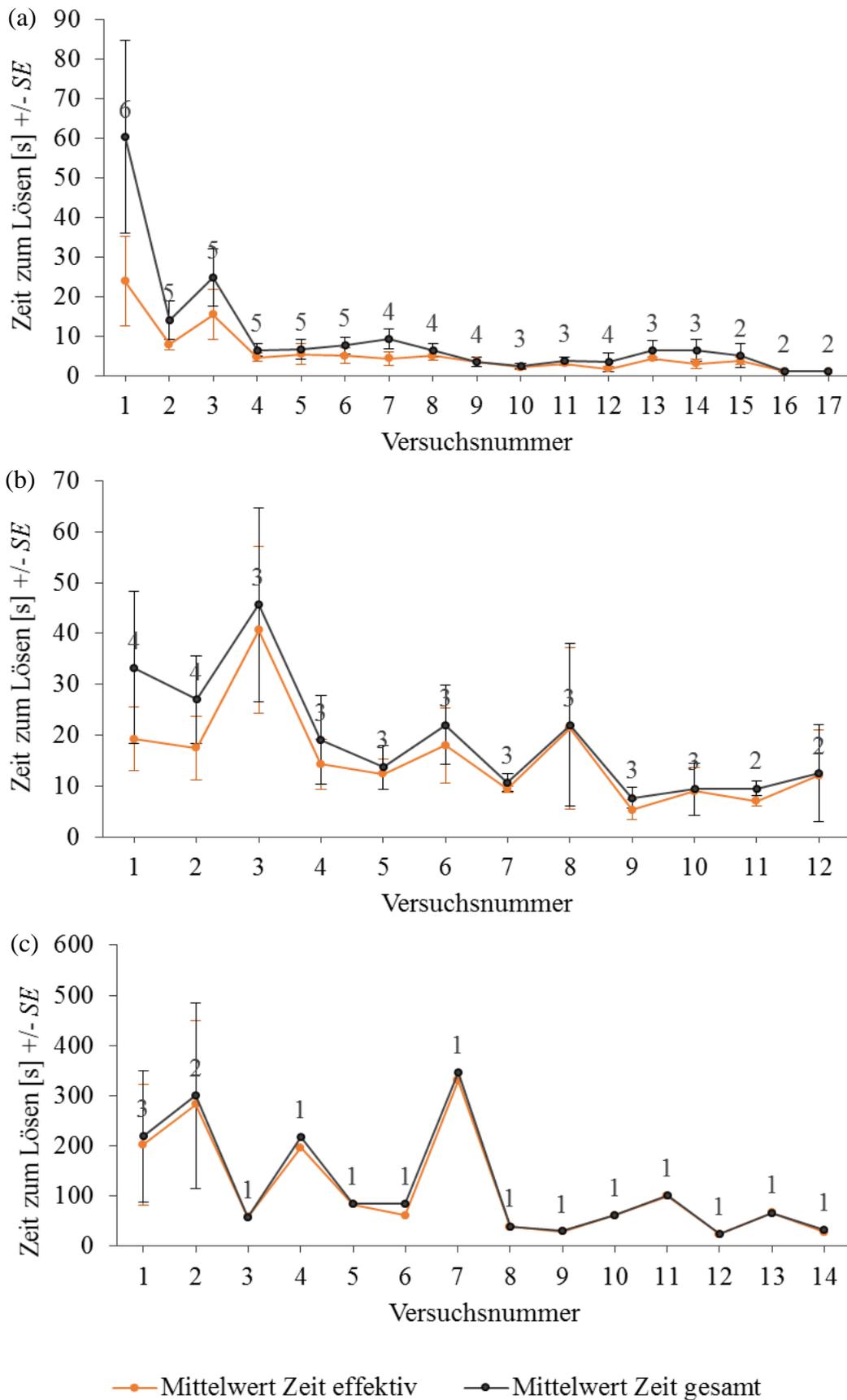


Abbildung 17. Mittlere Lernkurve der erfolgreichen Erdmännchen für (a) Stufe I, (b) Stufe II und (c) Stufe III. Die Lernkurve zeigt jeweils die mittlere Zeit gesamt und Zeit effektiv bis zum Lösen +/- SE in den für jedes Erdmännchen neu durchnummerierten erfolgreichen Versuchen. Über den Datenpunkten ist die Anzahl der Individuen gegeben, die den Versuch gelöst haben.

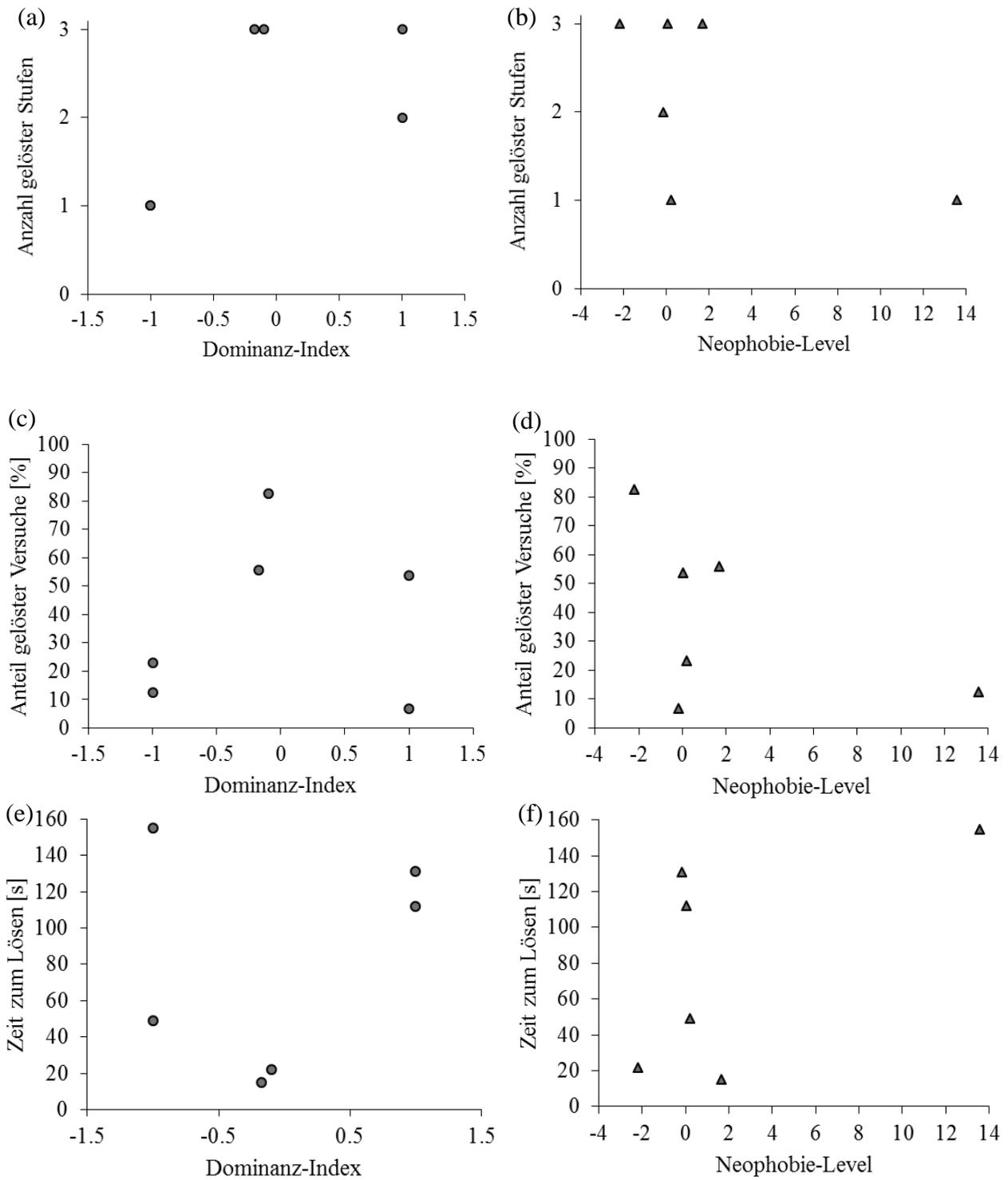


Abbildung 18. Streudiagramme der Erfolgsindikatoren Anzahl gelöster Stufen ((a), (b)), Anteil gelöster Versuche ((c), (d)) und Zeit zum Lösen in Stufe I ((e), (f)), jeweils mit den möglichen Prädiktoren Dominanz-Index (▲) und Neophobie-Level (●).

Tabelle 8
Übersicht über die Ergebnisse der Spearman Rang Korrelation

Erfolgsindikator	Prädiktor	
	Dominanz-Index	Neophobie-Level
Anzahl gelöster Stufen	0.64	-0.46
Anteil gelöster Versuche	0.03	-0.26
Zeit zum Lösen (Stufe I)	0.03	0.20

Anmerkung. Gegeben sind die r_s - Werte ($N = 6$). Die Ergebnisse sind statistisch nicht signifikant (ausführliche p-Werte siehe Tabelle 11 im Anhang, S.52).

5. Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde die Innovationsfähigkeit einer Erdmännchen-Gruppe (N=6) im Zoo Heidelberg anhand ihrer Problemlösefähigkeiten mit einer Puzzlebox untersucht und auf Zusammenhänge mit Neophobie und Dominanzstatus geprüft. Die aufgestellten Hypothesen trafen dabei nur teilweise auf die Heidelberger Tiere zu. Es bestätigte sich die Erwartungen, dass Erdmännchen im Vergleich zu anderen Tierarten (z.B. Raben) nicht neophob sind. Dagegen stellte sich der erwartete Zusammenhang von Innovation und den untersuchten Prädiktoren, Neophobie und Dominanz, als nicht signifikant heraus.

Da der Studie jedoch eine kleine Stichprobe (N=6) zugrunde liegt, sollen die Ergebnisse vor allem deskriptiv betrachtet werden. Dabei lassen sich keine artspezifischen Schlüsse auf Erdmännchen im Allgemeinen ziehen. Dennoch werden die Ergebnisse für die Erdmännchengruppe im Zoo Heidelberg betrachtet, analysiert und mit der aktuellen Literatur verglichen. Im Folgenden bezieht sich deshalb „Erdmännchen“, wenn nicht anders vermerkt, immer auf die Erdmännchen im Zoo Heidelberg.

Es werden zunächst die Ergebnisse des Dominanz, Neophobie und Innovationstests einzeln betrachtet und schließlich deren Zusammenhang analysiert. Anschließend werden Limitationen dieser Studie, sowie Implikationen für die Praxis und Forschung diskutiert.

5.1 Analyse der Dominanzstruktur

Allen Tieren konnte anhand der ausgeübten und erhaltenen aggressiven und submissiven Verhaltensweisen ein Dominanzindex zugeteilt werden. Die beiden errechneten Indizes, Dominanz-Index für aggressives Verhalten (DI_A) und Dominanz-Index für submissives Verhalten (DI_S), stimmten dabei weitgehend überein. Lediglich bei den Individuen A und L ergab sich eine leichte Varianz. Da die Werte beider Indizes jedoch innerhalb der mittleren Dominanzkategorie liegen, war eine eindeutige Zuordnung trotzdem möglich (siehe Abbildung 13). Vor diesem Hintergrund ist auch der fehlende DI_S von Individuum T vertretbar und rechtfertigt die alleinige Verwendung des DI_A .

Innerhalb der Gruppe zeigte sich eine klare Rangstruktur: zwei dominante Tiere, zwei Tiere von mittlerem Rang und zwei subdominante Tiere. Der nachträgliche Identitätsvergleich bestätigte, dass es sich bei den dominanten Tieren um die zwei ältesten Tiere der Gruppe handelt: das eingetragene Zuchtweibchen der letzten Jahre (Individuum S) und das älteste Männchen (Individuum P). Bei den Tieren von mittlerem Rang handelt es sich um ein fünfjähriges Weibchen (Individuum A) und das einzige jüngere Männchen der Gruppe (Individuum L). Bei den subdominanten Tieren um ein weiteres fünfjähriges Weibchen (Individuum T) und das mit knapp drei Jahren jüngste Tier der Gruppe (Individuum D). Da es üblicherweise auch bei wilden Erdmännchen ein dominantes Paar mit Fortpflanzungsmonopol gibt (Griffin et al., 2003), ist dieses Ergebnis nicht überraschend. Interessant ist jedoch, dass diese natürliche Struktur trotz fehlendem Fortpflanzungserfolg in den letzten Jahren noch

immer Bestand hat. Dazu muss beachtet werden, dass Individuum P mit seinen 14 Jahren ein sehr altes männliches Erdmännchen ist, welches wahrscheinlich nicht mehr fortpflanzungsfähig ist. Interessanterweise hat es trotzdem noch immer einen hohen Dominanzstatus. Dies äußerte sich vor allem bei Beobachtungen während der Fütterung durch zahlreiche Aggressionen von Individuum P und Submissionen der anderen Gruppenmitglieder gegenüber Individuum P.

Die Individuen zeigten große Unterschiede hinsichtlich der Anzahl an Interaktionen. Während die beiden Tiere von mittlerem Rang (Individuum A und L) im Vergleich zu den anderen Tieren besonders aggressiv waren, konnte Individuum T bei nur einer einzigen Interaktion beobachtet werden. Die erhöhte Aggressivität von A und L äußerte sich vor allem zwischen den beiden Tieren selbst. Dies entspricht nicht den Erwartungen, denn meist zeigen Erdmännchen innerhalb der eigenen Gruppe eher wenig Aggressionen. Lediglich gegen fremde Gruppen kommen ausgeprägte territoriale Aggressionen vor (Nowak, 1991). Darüber hinaus werden Aggressionen innerhalb der Gruppe üblicherweise unter dem Aspekt der reproduktiven Konkurrenz zwischen Alphaweibchen und subdominanten Weibchen beobachtet (Kutsukake & Clutton-Brock, 2006). Da es sich bei den beiden jedoch um ein Männchen und ein Weibchen handelt, bleiben die Gründe für dieses Verhalten unklar und ließen an dieser Stelle nur Spekulationen zu.

Die Einordnung von Individuum T in die niedrige Rangkategorie ist aufgrund der sehr geringen Anzahl an involvierten Interaktionen mit Vorsicht zu interpretieren. Der berechnete DI_A beruht nur auf einer Interaktion und könnte auch auf einem Zufall zurückzuführen sein. Dennoch lassen sich die wenigen Interaktionen auch damit erklären, dass das Tier den anderen Tieren aus dem Weg ging, was für die Einordnung in die niedrige Rangkategorie spricht. Zudem zeigten sich in allen sechs Focal-Untersuchungen auch keine Anzeichen für eine dominante Charakterisierung. Für eine gute Grundlage zur zuverlässigen Einteilung wären allerdings Studien mit längeren Beobachtungsphasen wünschenswert (siehe Methodendiskussion S. 43).

5.2 Analyse des Neophobietests

Die Ergebnisse des Neophobietests zeigen in Übereinstimmung mit den Erwartungen, dass die Erdmännchen nicht neophob sind. Es bestätigten sich darüber hinaus sogar neophile Tendenzen.

Die Latenzzeiten bis zum erneuten Beginn der Nahrungsaufnahme neben einem neuen Objekt betragen nur wenige Sekunden (siehe Abbildung 14 & Tabelle 10). Zwischen den Latenzzeiten der Kontroll- und Testversuche gab es außerdem keine signifikanten Unterschiede. Die neuen Objekte hatten also keinen statistisch wirksamen Einfluss auf das Fressverhalten der Tiere. Daraus lässt sich schließen, dass die Erdmännchen im Zoo Heidelberg keine neophoben Eigenschaften haben. Sie zeigten keinerlei Angst oder Scheu in Anwesenheit der Objekte – im Gegenteil: Zwei der Individuen (A und P) waren sogar in den Testversuchen schneller am Futter als ohne Objekt in den Kontrollversuchen. Auch die anderen Tiere, bis auf Individuum D, zeigten nur minimale Verzögerungen von unter 2 Sekunden. Individuum D ließ sich vor allem im zweiten Testversuch deutlich mehr Zeit als bei den übrigen Tests (siehe Tabelle 10 im

Anhang). Man könnte dies unter anderem auf die Art und Beschaffenheit des Objekts an sich zurückführen, denn die orange-rote Plüschschlange stellte nicht nur das farblich auffälligste, sondern auch das größte Objekt dar. Jedoch könnten ebenfalls andere Motivationen dahinter stehen, wie die soziale Aufgabe des Sicherns, welcher das Tier stattdessen nachkam. An dieser Stelle sei zudem kritisch angemerkt, dass Individuum D nur an einem der drei Kontrollversuche teilnahm und dadurch nur ein Wert zur Verfügung stand. Wenn man diesen mit der Zeit aus dem ersten Testversuch vergleicht, erkennt man auch bei Individuum D keine Verzögerung (siehe Tabelle 10 im Anhang).

Im Artenvergleich mit Keas, Raben und Falklandkarakaras des Zoo Heidelberg wird deutlich, dass Erdmännchen, genau wie Keas (von Dosky, 2016), nicht neophob sind (siehe Abbildung 16). Selbst der Ausreißer-Wert von Individuum D, welcher im Gruppenvergleich noch auffällig war, wird im Vergleich mit den anderen Tierarten relativiert. So betrug die Latenzzeit dieses Ausreißers im Mittelwert gerade mal 15.17 Sekunden, was beispielsweise im Kontrast zu den Raben, die das Futter selbst nach 15 Minuten nicht anrührten (von Dosky, 2016), eine nicht-neophobe Charakterisierung der Erdmännchen-Gruppe rechtfertigt.

Für Erdmännchen im Freiland sind leider keine spezifischen Informationen über neophobe Tendenzen gegenüber neuen Objekten verfügbar. Zwar wird Neophobie in der Freilandstudie von Thornton und Samson (2012) ebenfalls im Zusammenhang mit Innovation untersucht, jedoch werden dort keine separaten Werte der Neophobie berichtet. Lediglich das Resultat, dass Jungtiere weniger neophob als adulte Tiere sind, kann dort entnommen werden. Bezüglich neuen Nahrungsquellen zeigen Erdmännchen allerdings starke neophobe Tendenzen: Thornton konnte während einer Untersuchung zu sozialem Lernen keines der 108 Tiere trainieren, eine völlig unbekannte Nahrung dauerhaft zu fressen (Thornton, 2008b).

Weiterhin waren die Erdmännchen nicht nur nicht neophob, sondern zeigten auch Anzeichen für Neophilie. In der Mehrheit der Fälle (78%) untersuchten sie zuerst das Objekt, bevor sie zum Futter gingen. Das zeigt, dass das Interesse am neuen Objekt größer war als am Futter. Dies ist ebenfalls konsistent mit bisherigen Beobachtungen bei frei lebenden Erdmännchen. Insbesondere junge Surikaten werden als explorativ und verspielt beschrieben (Sharpe et al., 2002; Thornton, 2008a).

Mit einem Blick auf den natürlichen Lebensraum der Erdmännchen erscheint eine allgemeine Charakterisierung als nicht neophob unwahrscheinlich. Eine Reduktion von Neophobie kann mit hohen Kosten verbunden sein, wie eine erhöhte Gefährdung durch Fressfeinde oder Krankheiten (Day et al., 2003). Insbesondere frei lebende Erdmännchen sind einer Vielfalt von Räubern ausgesetzt (Clutton-Brock et al., 1999). Auch in Gefangenschaft lebende Erdmännchen sind in ihren Behausungen zwar wohl behütet, zeigen aber ebenfalls das charakteristische Sicherungsverhalten mit der gesamten Variation an Alarmrufen (Hollén & Manser, 2007). Anders als wilde Populationen sind Tiere im Zoo jedoch an den täglichen Umgang mit Menschen und künstlich hergestellten Gegenständen gewöhnt und zeigen vermutlich deshalb keine neophoben Verhaltensweisen auf die neuen Objekte (Van De Waal & Bshary, 2011). Diese Hypothese bestätigte sich in der Vergleichsstudie bei Hyänen (Benson-

Amram et al., 2013). Die Tiere aus Gefangenschaft waren sowohl deutlich weniger neophob als auch explorativer als wilde Hyänen.

Zusammenfassend lässt sich die erste Hypothese bestätigen, dass die Erdmännchen im Vergleich zu anderen Tierarten (z.B. Raben) nicht neophob sind. Der aktuelle Forschungsstand lässt zudem vermuten, dass Erdmännchen im Freiland neophober sind als Erdmännchen in Gefangenschaft.

5.3 Analyse des Innovationstests

Die Erwartungen an die konzipierten Schwierigkeitsstufen wurden erfüllt: Während Stufe I von allen Individuen gelöst wurde, waren in Stufe II nur noch vier Tiere erfolgreich und in Stufe III nur noch drei. Gleichzeitig erhöhte sich von Stufe I bis III die durchschnittlich zum Lösen benötigte Zeit (Vergleiche Tabelle 7). Daraus lässt sich schließen, dass die Schwierigkeit von Stufe I bis Stufe III wie erwartet zunahm.

Selbst wenn man die schwierigste Stufe III betrachtet, lösten immer noch drei von sechs Tieren das Problem, also die Hälfte der untersuchten Tiere. Stufe I wurde sogar von allen Tieren gelöst. Dies erscheint im Vergleich mit den bisherigen Daten bei frei lebenden Erdmännchen und anderen Raubtieren relativ hoch. In der Freilandstudie waren nur 13 der 63 (20.6 %) Erdmännchen, die mit der Apparatur interagierten, erfolgreich (Thornton & Samson, 2012). Auch wilde Tüpfelhyänen stellten sich bisher als schlechte Problemlöser heraus: Nur 15 % der Tüpfelhyänen lösten die gegebene Problemstellung erfolgreich trotz mehrfacher Versuche (Benson-Amram & Holekamp, 2012). Diese geringe Innovationsfrequenz bei wilden Populationen erscheint überraschend, da Erdmännchen, genau wie Tüpfelhyänen, Nahrungsgeneralisten sind (Benson-Amram & Holekamp, 2012). Andererseits ähneln diese Verhältnisse denen anderer in Gefangenschaft getesteten Tierarten. In mehreren Vergleichsstudien waren gefangene Tiere bessere Problemlöser als Tiere aus wilden Populationen, unter anderen bei Hyänen (Benson-Amram et al., 2013), Keas (Huber & Gajdon, 2006) und Meerkatzen (Van De Waal & Bshary, 2011). Auch Vögel, die in einer städtischen Umgebung leben und häufiger mit Menschen und deren hergestellten Gegenständen in Kontakt kommen, zeigten bessere innovative Fähigkeiten als wild lebende Vögel (Liker & Bókony, 2009; Sol et al., 2011). Eine mögliche Erklärung für diese Unterschiede könnten Unterschiede in Neophobie und Flexibilität im Verhalten sein (Benson-Amram et al., 2013). Die Ergebnisse dieser Studie könnten deshalb ein Hinweis sein, dass auch Erdmännchen in menschlicher Haltung innovativer sind als Erdmännchen im Freiland.

In der hier vorliegenden Studie unterschied sich allerdings das experimentelle Design von dem der Freilandstudie in mehreren Aspekten. Thornton und Samson (2012) testeten zwar auch drei verschiedene Problemstellungen, jedoch nicht nur mit einer multifunktionalen Puzzlebox, sondern anhand dreier verschiedener Apparaturen. Außerdem wurde jeder Versuch nach dem erstmaligen Lösen beendet. Da die untersuchten Erdmännchen-Gruppen im Freiland jeweils bis zu 24 Tiere umfassten, waren zudem andere Voraussetzungen mit größerer Konkurrenz gegeben. Ein direkter Vergleich ist hier deshalb nicht möglich. Zukünftige Forschung sollte

daher untersuchen ob die Art der Haltung einen Einfluss auf die innovativen Kapazitäten der Tiere hat, indem Vergleichsstudien mit gleichem Versuchsaufbau durchgeführt werden.

Individuelles Lernen

Ein Tier muss fähig sein, die innovative Verhaltensweise mit dem neuen Objekt zu assoziieren, damit die entsprechenden Bewegungsabläufe wiederholt auftreten und letztlich in das Verhaltensrepertoire aufgenommen werden (Greenberg, 2003). Wie erwartet zeigten die Erdmännchen ein solches Lernverhalten. Individuen, welche eine Stufe mehr als einmal lösten, wurden im Laufe der Versuche signifikant schneller im Lösen. Darüber hinaus stieg der Anteil der effektiven Zeit an der Gesamtzeit in Stufe I und II signifikant an. Außerdem wurden im Laufe der Versuche signifikant weniger Strategien zum Lösen angewandt. Das zeigt, dass die Tiere das Problem im Laufe der erfolgreichen Versuche nicht nur schneller, sondern auch effektiver lösten. Sie beschäftigten sich also direkt mit dem Lösungsmechanismus und verzichteten auf zuvor nicht erfolgreiche Strategien, wie die Manipulation der durchsichtigen Scheibe oder das Untergraben der Box.

Auch in Stufe III war ein leichter Anstieg der Effektivität zu sehen (siehe Abbildung 17 (c)), welcher sich jedoch als statistisch nicht signifikant herausstellte. Dies könnte einerseits an der Datenmenge liegen, da in Stufe III die Stichprobe sehr klein ist ($N=3$) und nur ein einziges Individuum die Stufe überhaupt mehr als zweimal löste ($N=1$). Andererseits lässt sich auch erkennen, dass der Anteil der effektiven Zeit im Vergleich zu den ersten beiden Stufen schon im ersten Versuch relativ hoch war, sodass vielleicht gar keine statistisch bedeutsame Steigerung möglich ist. Dazu sollte beachtet werden, dass die Stufen der Reihe nach getestet wurden und immer die gleiche Puzzlebox mit dem gleichen Eingang und manipulierbaren Bereich enthielten. Nur der Lösemechanismus für den Zugang in die Box variierte je nach Problemstufe. Da die Tiere schon in Stufe I und II erfolgreich den Manipulationsbereich effektiver bearbeiteten, lässt sich damit der schon auf Anhieb effektive Versuch in Stufe III erklären. Insgesamt kann man daher von einer Effizienzsteigerung und einem deutlichen Lerneffekt sprechen.

Des Weiteren deutet die Gestalt der Lernkurve auf ein Lernen durch systematisches Ausprobieren hin (Trial-and-Error-Methode). Ein kontinuierlicher, steiler Fall der Kurve würde dabei eher auf ein plötzliches Erkennen und Verstehen des Problems (insight learning) hinweisen. Dagegen sind die hier gegebenen Lernkurven flach und mit vielen Zacken versehen, was ein systematisches Ausprobieren kennzeichnet (Werdenich & Huber, 2006).

Diese Ergebnisse entsprechen den Funden der bisherigen Forschung. Frei lebende Erdmännchen lernten anhand von systematischem Ausprobieren nur die zu manipulierenden Bereiche der Problemlöseapparatur zu bearbeiten (Thornton & Samson, 2012). Auch andere soziale Carnivoren, wie zum Beispiel Tüpfelhyänen, entwickelten sich bei mehreren durchgeführten Versuchen zu verlässlichen und effizienten Problemlösern und gelangten im Verlauf der Versuche schneller zur Belohnung (Benson-Amram & Holekamp, 2012). Sie lernten ebenfalls durch systematisches Ausprobieren. In der oben erwähnten Freilandstudie mit Erdmännchen zeigte das Lernen jedoch auch Grenzen: Die Tiere lernten nur die ineffektiven Bereiche der Apparatur zu vermeiden, wurden aber nicht effizienter im Bearbeiten des

eigentlichen Lösungsmechanismus (Thornton & Samson, 2012). Die effektive Zeit nahm im Laufe der Versuche also nicht ab, was im Kontrast zu den hier vorliegenden Ergebnissen steht (siehe Abbildung 17). In diesem Fall könnte der Unterschied auf die unterschiedlichen Methoden zurückzuführen sein, denn in der Freilandstudie wurden nur drei Versuche für jedes Problem durchgeführt (Thornton & Samson, 2012). Möglicherweise würden die Tiere ebenfalls einen Lerneffekt bezüglich der Effektivität zeigen, wenn man die Anzahl der Versuche erhöht.

5.4 Neophobie und Dominanz als Innovationsprädiktoren

Zusammenhang mit der Dominanz

Subdominante Individuen müssen in der Natur eher auf ungewöhnliche, schwerer erreichbare Nahrung zurückgreifen und dadurch größere Risiken und Kosten für neue innovative Strategien in Kauf nehmen als dominante Tiere (Reader & Laland, 2003). Anhand dieser Theorie und der zahlreichen Hinweise in der aktuellen Literatur wurde erwartet, dass subdominante Erdmännchen innovativer sind als dominante. In vielen Studien, die sich mit Dominanz und Innovation beschäftigen, wird nur zwischen den zwei Kategorien dominant und subdominant unterschieden und keine weitere Differenzierung innerhalb dieser vorgenommen (Benson-Amram & Holekamp, 2012; Thornton & Samson, 2012). Wie bei Aplin und Kollegen (2013) wurde in der hier vorliegenden Arbeit eine genauere Dominanzhierarchie erstellt, um spezifischere Aussagen treffen zu können. Mithilfe eines Dominanzindex konnte jedem Erdmännchen ein Wert für die weitere Analyse zugeordnet werden.

Dominanzindex und Innovationserfolg korrelierten nicht signifikant. Für die Erfolgsindikatoren „Zeit zum Lösen“ und „Anzahl gelöster Versuche“ ließ sich keine lineare Verteilung erkennen, was auch schon in den Streudiagrammen ersichtlich wird (siehe Abbildung 18). Zwar lässt sich für die Anzahl der Stufen ein positiver Zusammenhang deuten, die statistische Unsicherheit zeigt sich jedoch auch in den vielen von diesem Zusammenhang abweichenden Werten. Daraus lässt sich jedoch nur schließen, dass es keinen linearen Zusammenhang zwischen den Faktoren gibt.

In der rein deskriptiven Betrachtung der Ergebnisse werden dennoch einige Tendenzen ersichtlich. Wie schon in anderen Untersuchungen (Aplin et al., 2013; Reader & Laland, 2001; Thornton & Samson, 2012) waren es auch in dieser Studie nicht die dominanten Individuen, welche die größten Erfolge im Problemlösen verzeichneten. Stattdessen erzielten die Tiere der mittleren Dominanzkategorie die besten Ergebnisse. Die Tiere von niedrigem Rang waren dagegen eher weniger innovativ (vergleiche Abbildung 18 (a), (c) & (e)). Für dominante und subdominante Tiere mittleren Rangs scheint die Hypothese also zuzutreffen. Obwohl die Puzzlebox von ihnen monopolisiert werden konnte, waren nicht die dominanten Tiere die besten Problemlöser. Zwar löste auch das dominante Weibchen (Individuum S) alle drei Stufen, war aber im ersten Versuch der Stufe I deutlich langsamer als die beiden Individuen mittleren Rangs (vergleiche Tabelle 7). Auch in Stufe II und III war zumindest eines der beiden noch schneller. Das andere dominante Tier war dabei deutlich weniger innovativ und löste auch nur 7% der teilgenommenen Versuche. Allerdings handelt es sich bei diesem Tier um Individuum P, welches vielleicht aufgrund des hohen Alters nicht mehr so motorisch agil wie die anderen

Tiere ist. Für die Tiere der niedrigen Dominanzkategorie kann die Dominanzhypothese jedoch nicht bestätigt werden. Zwar war die Zeit bis zum Lösen für eines der subdominanten Erdmännchen (Individuum T) in Stufe I die drittschnellste, in den anderen Erfolgsindikatoren erzielten jedoch beide Tiere die schlechtesten Ergebnisse (siehe Tabelle 7). Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass hier das Dominanzgefälle tatsächlich Auswirkungen bezüglich der Monopolisierung der Box hatte. Boogert und Kollegen (2008) erklärten den Erfolg der dominanteren Individuen damit, dass die Tiere die Belohnung in der Apparatur schon sehen konnten und daher kein exploratives Verhalten nötig war. Außerdem war keine sonst einfach erreichbare Nahrung verfügbar, welche die dominanteren Tiere wahrscheinlich stattdessen monopolisiert hätten. Auch in dieser Studie war die Belohnung in Form von Mehlwürmern in allen Versuchen durch die Scheibe sichtbar und durch die Schlitze der Schiebewandkonstruktion wahrscheinlich auch olfaktorisch wahrzunehmen. Für diese Erklärung spricht ebenfalls, dass die Tiere der niedrigen Dominanzkategorie neben dem alten Individuum P die geringsten Teilnahmeraten zeigten. Stattdessen gingen sie anderen Verhaltensweisen nach, wie beispielsweise Sichern oder Graben.

Insgesamt unterstützen diese Ergebnisse also die aufgestellte Hypothese, dass subdominante Erdmännchen innovativer sind als dominante Artgenossen. Dennoch scheint Subdominanz alleine kein konstanter Prädiktor für Innovation zu sein.

Zusammenhang mit der Neophobie

Um erfolgreich innovative Probleme zu lösen, müssen Individuen zunächst einmal bereit sein, sich dem neuen Objekt oder der neuen Situation zu nähern. Folglich wurde ein negativer Zusammenhang von Neophobie und Innovation erwartet. Im Gegensatz zu den vorigen Studien, die einen solchen Zusammenhang bestätigen (Benson-Amram & Holekamp, 2012; Cauchard et al., 2013; Sol et al., 2012) zeigen die Ergebnisse dieser Studie keine signifikante Korrelation von Neophobie und Innovationserfolg. Zwar wird eine leichte (statistisch nicht signifikante) Tendenz sichtbar, dass Tiere mit geringerem Neophobielevel mehr Stufen lösten, der Zusammenhang mit der Zeit zum Lösen und der Anzahl gelöster Versuche wird jedoch nur an den Randpunkten bestätigt (siehe Tabelle 8 & Abbildung 18). Zwischen diesen Extremen variieren die Ergebnisse stark und lassen keinen Zusammenhang erkennen.

Damit reiht sich diese Arbeit in die Studien ein, die keinen negativen Zusammenhang fanden (Aplin et al., 2013; Boogert et al., 2008; Liker & Bókony, 2009). Es lässt sich aber auch kein positiver Zusammenhang entdecken, wie z.B. bei Diquelou und Kollegen (2016). Dort zeigten die neophoberen Vögel sogar bessere innovative Fähigkeiten. Dieses Ergebnis unterstützt damit die Resultate bei Erdmännchen im Freiland. Auch dort waren die Jungtiere trotz geringerer Neophobie nicht innovativer (Thornton & Samson, 2012). Die hier gezeigten Ergebnisse könnten daher ein Hinweis sein, dass dies nicht nur auf die weniger innovativen Jungtiere (Reader & Laland, 2001) zurückzuführen ist, sondern dass bei Erdmännchen allgemein kein solcher Zusammenhang existiert. Da die Ergebnisse des Neophobietests auf geringe neophobe Eigenschaften der Erdmännchen hinweisen, lässt sich vermuten, dass ein Merkmal mit geringer Ausprägung vermutlich keinen großen Einfluss auf individuelle Unterschiede des Innovationserfolgs hat.

Zusammenfassend kann bei den Erdmännchen die Variation des innovativen Erfolgs nicht mit Neophobie erklärt werden. Die aufgestellte Hypothese bezüglich des negativen Zusammenhangs von Innovation und Neophobie muss deshalb verworfen werden.

5.5 Methodendiskussion

Neben Fehleinschätzungen des Verhaltens oder Beobachtungsfehlern, Beeinflussung der Tiere durch die Anwesenheit des Beobachters („Kluger Hans“ Effekt) ist auch die Voreingenommenheit des Beobachters (observer bias) eine häufige Fehlerquelle, welche die Aufnahme und Interpretation von Verhalten ungewollt beeinflussen kann (Naguib, 2007). Für eine Minimierung dieser Fehlerquellen wurde in dieser Studie mit standardisierten Beobachtungsmethoden gearbeitet. In der Dominanzstudie wurden die Tiere nicht nur mit Abkürzungen versehen, sondern auch die Identität, wie Geburtsdatum und Geschlecht, war bei Durchführung der Beobachtungen unbekannt.

Die Tiere wurden in allen Versuchen nur durch die intensive Beobachtung der individuellen Merkmale auseinandergelassen. Dies stellt natürlich eine Fehlerquelle für Beobachtungsfehler da. Da die Gruppengröße mit sechs Tieren verhältnismäßig überschaubar war, sollte dies jedoch im Vergleich zu anderen Methoden keinen Nachteil darstellen. Bei den Focal Sampling Beobachtungen war dies ohne Probleme möglich, da das Fokustier ständig im Blickfeld bleibt. In den Gruppentests konnte die Videoaufnahme zur eindeutigen Identifizierung der Individuen mehrfach angehalten oder wiederholt werden. Dennoch war diese Methode sehr aufwändig durch die zusätzliche Beobachtungszeit zu Beginn der Studie und die deutlich zeitintensivere Videoanalyse. Für ähnliche Studien bei den Erdmännchen wäre daher eine Markierungsmethode mit ungiftigen Farben zu empfehlen.

Beim Dominanztest ergaben sich mehrere Schwierigkeiten. Die schnellen Bewegungen der zwei Erdmännchenindividuen A und L waren mit bloßem Auge nur schwer zu qualifizieren. Dieses Problem wurde mit der zusätzlichen Videoaufnahme dieser Focal Sampling Untersuchungen gelöst, da die Aufnahme am Computer beliebig oft wiederholt und verlangsamt werden konnte. Weiterhin wurden zum Teil sehr wenige Interaktionen beobachtet, wie beispielsweise nur eine einzige erhaltene Aggression gegenüber Individuum T. Da der Zufall bei nur einer Beobachtung nicht auszuschließen ist, sind die Ergebnisse für Individuum T mit Vorsicht zu betrachten. Die niedrige Frequenz der aufgenommenen Verhaltensweisen wird jedoch auch von Untersuchungsergebnissen einer Erdmännchen-Gruppe im Opel Zoo unterstützt: Dort wurden nicht nur Aggression und Submission, sondern auch andere soziale Interaktionen aufgenommen (Helmlinger, 2014). Die negativen Interaktionen, wozu auch Aggression und Submission zählen, nahmen dabei nur einen geringen Anteil von 18% ein. Für eine verbesserte Qualität und Validität wäre daher ein größerer Datensatz durch eine längere Beobachtungszeit notwendig. Dies ließ sich leider im Zeitrahmen dieser Arbeit, in der die Dominanz nur einen kleineren Teil einnehmen sollte, nicht realisieren.

Die Methode des Neophobietests nach Greenberg (1983) wurde schon in vielen Studien erprobt und ist daher auch zum Vergleich mit diesen Studien sinnvoll. Ein weiterer Ansatz, der häufig verwendet wird, ist die Messung der Neophobie innerhalb des Innovationstests. Dabei wird

allein die Zeit bis zum Kontakt der Puzzlebox verwendet. Diese Methode ist zwar einfacher durchzuführen und korreliert mit den Ergebnissen eines separaten Neophobietests (Boogert et al., 2008; Sol et al., 2012), bietet jedoch keinen Vergleich von verschiedenen Objekten, welcher in dieser Studie zusätzlich untersucht wurde.

Die Übertragung der Ergebnisse auf wilde Populationen ist nur bedingt möglich. Im Zoo herrschen besondere Rahmenbedingungen, wie das Fehlen natürlicher Feinde und ein großes Angebot an Nahrung. Zudem werden Tiere in Gefangenschaft teilweise schnell zahm und gewöhnen sich an die regelmäßige Anwesenheit von Tierpflegern und Besuchern. Eine Veränderung der Eigenschaften von Neophobie und Neophilie wäre daher durchaus vorstellbar.

Die im Innovationstest verwendete multifunktionale Puzzlebox, konnte während der Versuche durch ein Tier blockiert werden. Interessanterweise führte dies trotzdem nicht zu einer alleinigen Blockade durch die dominanten Tiere, wie die Ergebnisse des Innovationstests zeigen. Dennoch könnte dieses Problem mit der gleichzeitigen Präsentation mehrerer Puzzleboxen vielleicht vermindert werden. Eine andere Möglichkeit wäre es, die Tiere einzeln zu testen. Dies ist jedoch bei den hochsozialen Erdmännchen nicht ungefährlich für die Gruppendynamik. Darüber hinaus sind die flinken Tiere im Gehege mit unterirdischem Tunnelsystem äußerst schwer zu fangen und damit auch schwer zu separieren. Hinzu kommt, dass ein Test in der Gruppe auch den natürlichen Bedingungen entspricht, da sich auch dort die Tiere gemeinsam auf Futtersuche begeben. Boogert und Kollegen (2008) fanden außerdem heraus, dass die Problemlöseerfolge von Staren in Gruppentests und Einzeltests übereinstimmen.

Insgesamt wäre für die Validität der Daten eine größere Stichprobengröße bei allen Versuchen wünschenswert gewesen. Dies würde vielleicht zu den statistischen Vorteilen einer Normalverteilung und der Verwendung von parametrischen Verfahren führen. In einem einzigen Zoo sind diese Bedingungen jedoch durch die begrenzte Anzahl gehaltener Tiere nicht erreichbar. In zukünftigen Studien sollten daher Tiere aus mehreren zoologischen Gärten untersucht werden.

5.6 Schlussfolgerung und Ausblick

Diese Studie untersuchte Dominanz, Neophobie und Innovation einer Erdmännchen-Gruppe im Zoo Heidelberg und überprüfte einen möglichen Zusammenhang von Dominanz und Neophobie mit dem Innovationserfolg.

Die Erdmännchen-Gruppe ($N = 6$) zeigte eine klare Rangstruktur aus einem dominanten Alpha-Pärchen, zwei Tieren von mittlerem Rang und zwei Tieren mit niedrigem Dominanzindex.

Es konnte gezeigt werden, dass die Erdmännchen im Vergleich zu anderen Tieren des Zoos, wie beispielsweise den Raben (*Corvus corax*), nicht neophob sind. Um eine Aussage für freilebende Erdmännchen zu treffen sind jedoch weitere vergleichende Studien mit übereinstimmenden Methoden notwendig.

Beim Lösen neuartiger Probleme an der Puzzlebox stellten sich die Erdmännchen als äußerst innovativ heraus: Die Hälfte der Tiere löste alle drei Schwierigkeitsstufen. Individuen, welche eine Stufe mehrmals lösten, zeigten außerdem einen deutlichen Lerneffekt durch systematisches Ausprobieren (Trial-and-Error-Methode). Sie wurden im Laufe der Versuche signifikant schneller und effektiver im Lösen des Problems. Diese Erfolgsrate ist deutlich höher als bei Erdmännchen im Freiland, was im Einklang mit dem aktuellen Forschungsstand steht und darauf hindeutet, dass Tiere in Gefangenschaft innovativer sind als ihre wilden Verwandten.

Weder Dominanz noch Neophobie konnten in dieser Studie die variierenden Innovationserfolge erklären. Besonders die Neophobie lieferte wider Erwarten keinen ersichtlichen Zusammenhang. Dieses Resultat ist jedoch konsistent mit den Funden bei freilebenden Erdmännchen (Thornton & Samson, 2012) und zeigt, dass dies nicht auf die wenig neophoben Jungtiere zurückzuführen ist. Das lässt vermuten, dass Neophobie, möglicherweise aufgrund der geringen Ausprägung bei Erdmännchen, kein konstanter Faktor des Innovationserfolgs ist. Bezüglich der Dominanz konnte die Theorie untermauert werden, dass subdominante Individuen innovativer sind als dominante Tiere. Individuen der mittleren Dominanzkategorie lösten die Probleme schneller und effektiver als die dominanten Artgenossen. Auf der anderen Seite erzielten die Tiere von niedrigem Rang die schlechtesten Ergebnisse, was darauf hindeutet, dass auch Subdominanz alleine kein zuverlässiger Prädiktor für den Innovationserfolg ist.

Innovation und die zugrundeliegenden Prozesse sind hoch komplex. Untersuchungen auf diesem Gebiet, wie die hier vorliegende Studie, tragen dazu bei diese Komplexität schrittweise zu erfassen und zu beschreiben. Weitere Forschungen zu diesem Themengebiet sind dringend notwendig, um die exakten Mechanismen und Prädiktoren weiter einzugrenzen und zu identifizieren.

Diese Studie hat auch bedeutsame praktische Implikationen, indem sie Anhaltspunkte für neue Beschäftigungsmöglichkeiten der Tiere bietet. Sie zeigt, dass Erdmännchen in der Lage sind einfache Probleme an einer Puzzlebox zu lösen. In diesem Sinne könnten weitere Puzzleboxen mit verstecktem Futter das tägliche Enrichment ergänzen. Damit auch die Tiere von niedrigem Rang an dieser Beschäftigung teilhaben, ist es zu empfehlen mehrere Boxen gleichzeitig zu verwenden. Die in dieser Studie konstruierte Puzzlebox wurde dem Zoo zur Verfügung gestellt.

Danksagung

Ich danke besonders Frau Dr. Vanessa Schmitt für die professionelle Betreuung meiner Arbeit. Erst durch ihre fachliche Unterstützung und Einführung in die Methoden der Verhaltensforschung und Statistik war die Realisierung dieser Studie überhaupt möglich. Sie half geduldig bei allen Fragen und schaffte mit den wöchentlichen Lab Meetings einen guten Rahmen für den fachlichen Austausch.

Ein weiterer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Thomas Braunbeck, der sich bereit erklärte diese wissenschaftliche Arbeit abzunehmen und dadurch die Arbeit im Zoo Heidelberg ermöglichte.

Weiterhin danke ich der Kuratorin Frau Sandra Reichler für die hilfsbereite Bereitstellung der notwendigen Literatur.

Vielen Dank an die Mitarbeiter des Raubtierreviers, die für meine Ideen und Bitten stets ein offenes Ohr hatten und meine Versuche mit großem Engagement und zeitlichen Aufwand neben ihrer Arbeit unterstützten.

Ein großes Dankeschön an Herrn Heck, der den Bau der Puzzlebox mit dem nötigen handwerklichen Fachwissen betreute.

Herzlichen Dank an Herrn Vincent von Dosky, der mir die Ergebnisse seiner Bachelorarbeit zur Verfügung stellte.

Außerdem danke ich von Herzen meinen Freunden und Mitbewohnern, die mich in allen Phasen der Arbeit persönlich unterstützten und hilfreiche Ratschläge gaben.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern Gabriele und Klaus Schneider, die mir mein Studium ermöglichten und mir den nötigen Halt gaben.

Literatur

- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49(3), 227-266.
- Anderson, N., Potočník, K., & Zhou, J. (2014). Innovation and creativity in organizations a state-of-the-science review, prospective commentary, and guiding framework. *Journal of Management*, 40(5), 1297-1333.
- Aplin, L. M., Sheldon, B. C., & Morand-Ferron, J. (2013). Milk bottles revisited: social learning and individual variation in the blue tit, *Cyanistes caeruleus*. *Animal Behaviour*, 85(6), 1225-1232.
- Bateman, A., Ozgul, A., Nielsen, J., Coulson, T., & Clutton-Brock, T. (2013). Social structure mediates environmental effects on group size in an obligate cooperative breeder, *Suricata suricatta*. *Ecology*, 94(3), 587-597.
- Bateman, A. W., Lewis, M. A., Gall, G., Manser, M. B., & Clutton-Brock, T. H. (2015). Territoriality and home-range dynamics in meerkats, *Suricata suricatta*: a mechanistic modelling approach. *J Anim Ecol*, 84(1), 260-271. doi:10.1111/1365-2656.12267.
- Benson-Amram, S., & Holekamp, K. E. (2012). Innovative problem solving by wild spotted hyenas. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 279(1744), 4087-4095. doi:10.1098/rspb.2012.1450.
- Benson-Amram, S., Weldele, M. L., & Holekamp, K. E. (2013). A comparison of innovative problem-solving abilities between wild and captive spotted hyaenas, *Crocuta crocuta*. *Animal Behaviour*, 85(2), 349-356. doi:10.1016/j.anbehav.2012.11.003.
- Bernau, U. (1966). *Versuche über das Farbsehvermögen der Erdmännchen (Suricata suricatta)*. Justus-Liebig-Universität Gießen, Deutschland.
- Biondi, L. M., Bó, M. S., & Vassallo, A. I. (2010). Inter-individual and age differences in exploration, neophobia and problem-solving ability in a Neotropical raptor (*Milvago chimango*). *Animal cognition*, 13(5), 701-710.
- Bókony, V., Lendvai, Á. Z., Vágási, C. I., Pătraș, L., Pap, P. L., Németh, J., ... Seress, G. (2014). Necessity or capacity? Physiological state predicts problem-solving performance in house sparrows. *Behavioral Ecology*, 25(1), 124-135.
- Boogert, N. J., Reader, S. M., Hoppitt, W., & Laland, K. N. (2008). The origin and spread of innovations in starlings. *Animal Behaviour*, 75(4), 1509-1518.
- Bouchard, J., Goodyer, W., & Lefebvre, L. (2007). Social learning and innovation are positively correlated in pigeons (*Columba livia*). *Animal cognition*, 10(2), 259-266.
- Cauchard, L., Boogert, N. J., Lefebvre, L., Dubois, F., & Doligez, B. (2013). Problem-solving performance is correlated with reproductive success in a wild bird population. *Animal Behaviour*, 85(1), 19-26.
- Clutton-Brock, T. H., Brotherton, P. N. M., Russell, A. F., O'Riain, M. J., Gaynor, D., Kansky, R., ... Monfort, S. (2001). Cooperation, Control, and Concession in Meerkat Groups. *Science*, 291(5503), 478-481. doi:10.1126/science.291.5503.478.
- Clutton-Brock, T. H., Gaynor, D., Kansky, R., MacColl, A. D. C., McIlrath, G., Chadwick, P., ... Skinner, J. D. (1998). Costs of cooperative behaviour in suricates (*Suricata suricatta*). *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 265(1392), 185-190. doi:10.1098/rspb.1998.0281.
- Clutton-Brock, T., Gaynor, D., McIlrath, G., Maccoll, A., Kansky, R., Chadwick, P., ... Brotherton, P. (1999). Predation, group size and mortality in a cooperative mongoose, *Suricata suricatta*. *Journal of Animal Ecology*, 68(4), 672-683.
- Cole, E. F., Morand-Ferron, J., Hinks, A. E., & Quinn, J. L. (2012). Cognitive ability influences reproductive life history variation in the wild. *Current Biology*, 22(19), 1808-1812.
- Cole, E. F., & Quinn, J. L. (2011). Personality and problem-solving performance explain competitive ability in the wild. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, rspb20111539.

- Damerose, E., & Hopkins, W. D. (2002). Scan and focal sampling: reliability in the laterality for maternal cradling and infant nipple preferences in olive baboons, *Papio anubis*. *Animal Behaviour*, *63*(3), 511-518.
- Day, R. L., Coe, R. L., Kendal, J. R., & Laland, K. N. (2003). Neophilia, innovation and social learning: a study of intergeneric differences in callitrichid monkeys. *Animal Behaviour*, *65*(3), 559-571.
- Der Rat der Europäischen Union (1999). Richtlinie 1999/22/EG des Rates vom 29. März 1999 über die Haltung von Wildtieren in Zoos. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* 42:L 94/24 -L 94/26.
- Diquelou, M. C., Griffin, A. S., & Sol, D. (2016). The role of motor diversity in foraging innovations: a cross-species comparison in urban birds. *Behavioral Ecology*, *27*(2), 584-591.
- von Dosky, V. (2016). *Comparing neophobia, object exploration & problem solving behaviour in Kea (Nestor notabilis), Common raven (Corvus corax) & Striated caracara (Phalacrocorax auritus)* (Nicht veröffentlichte Bachelorarbeit). Universität Heidelberg, Deutschland.
- Funke, J. (2008). Zur Psychologie der Kreativität. In M. Dresler & T. G. Baudson (Eds.), *Kreativität. Beiträge aus den Natur- und Geisteswissenschaften* (pp. 31-36). Stuttgart: Hirzel.
- Greenberg, R. (1983). The role of neophobia in determining the degree of foraging specialization in some migrant warblers. *American Naturalist*, 444-453.
- Greenberg, R. (1990). Feeding neophobia and ecological plasticity: a test of the hypothesis with captive sparrows. *Animal Behaviour*, *39*(2), 375-379.
- Greenberg, R. (2003). The role of neophobia and neophilia in the development of innovative behaviour of birds.
- Greenberg, R., & Mettke-Hofmann, C. (2001). Ecological aspects of neophobia and neophilia in birds *Current ornithology* (pp. 119-178): Springer.
- Griffin, A., & Guez, D. (2014). Innovation and problem solving: a review of common mechanisms. *Behavioural Processes*, *109*, 121-134.
- Griffin, A. S., & Diquelou, M. C. (2015). Innovative problem solving in birds: a cross-species comparison of two highly successful passerines. *Animal Behaviour*, *100*, 84-94.
- Griffin, A. S., Pemberton, J. M., Brotherton, P. N. M., McIlrath, G., Gaynor, D., Kansky, R., ... Clutton-Brock, T. H. (2003). A genetic analysis of breeding success in the cooperative meerkat (*Suricata suricatta*). *Behavioral Ecology*, *14*(4), 472-480. doi:10.1093/beheco/arg040.
- Grzimek, B. (1972). *Grzimeks Tierleben: Enzyklopädie des Tierreiches* (12. Aufl.). Zürich: Kindler Verlag.
- Guez, D., & Griffin, A. S. (2016). Unraveling the key to innovative problem solving: a test of learning versus persistence. *Behavioral Ecology*, arw055.
- Hamilton, I. M., & Taborsky, M. (2005). Unrelated helpers will not fully compensate for costs imposed on breeders when they pay to stay. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *272*(1561), 445-454.
- Heinsohn, R., & Legge, S. (1999). The cost of helping. *Trends in Ecology & Evolution*, *14*(2), 53-57.
- Helmlinger, S. (2014). *Aktivitätsverteilung und Sozialstruktur einer Erdmännchen-Familie (Suricata suricatta (Schreber, 1776)) im Opel-Zoo Kronberg* (unveröffentlichte Bachelorarbeit). Universität Marburg, Deutschland.
- Hollén, L. I., & Manser, M. B. (2007). Persistence of Alarm-Call Behaviour in the Absence of Predators: A Comparison Between Wild and Captive-Born Meerkats (*Suricata Suricatta*). *Ethology*, *113*(11), 1038-1047.

- Huber, L., & Gajdon, G. K. (2006). Technical intelligence in animals: the kea model. *Animal cognition*, 9(4), 295-305.
- Jordan, N.R. & Do Linh San, E. (2015). *Suricata suricatta*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T41624A45209377.en>.
- Kappeler, P. M. (2006). *Verhaltensbiologie*. Springer-Verlag.
- Kutsukake, N., & Clutton-Brock, T. H. (2005). Aggression and submission reflect reproductive conflict between females in cooperatively breeding meerkats *Suricata suricatta*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59(4), 541-548. doi:10.1007/s00265-005-0079-7.
- Kutsukake, N., & Clutton-Brock, T. H. (2006). Aggression and submission reflect reproductive conflict between females in cooperatively breeding meerkats *Suricata suricatta*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59(4), 541-548.
- Lefebvre, L., Reader, S. M., & Sol, D. (2004). Brains, innovations and evolution in birds and primates. *Brain, behavior and evolution*, 63(4), 233-246.
- Lefebvre, L., Whittle, P., Lascaris, E., & Finkelstein, A. (1997). Feeding innovations and forebrain size in birds. *Animal Behaviour*, 53(3), 549-560.
- Lehner, P. N. (1992). Sampling methods in behavior research. *Poult Sci*, 71(4), 643-649.
- Liker, A., & Bókony, V. (2009). Larger groups are more successful in innovative problem solving in house sparrows. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(19), 7893-7898.
- Macdonald, D. (2004). *Die große Enzyklopädie der Säugetiere* (Deutsche Ausgabe). Könnemann in der Tandem Verlag GmbH.
- Manser, M. B. (2001). The acoustic structure of suricates' alarm calls varies with predator type and the level of response urgency. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 268(1483), 2315-2324.
- Meier, J. (2009). *Handbuch Zoo: Moderne Tiergartenbiologie*. Haupt Verlag.
- Mettke-Hofmann, C., Winkler, H., & Leisler, B. (2002). The significance of ecological factors for exploration and neophobia in parrots. *Ethology*, 108(3), 249-272.
- Morand-Ferron, J., Cole, E. F., Rawles, J. E., & Quinn, J. L. (2011). Who are the innovators? A field experiment with 2 passerine species. *Behavioral Ecology*, 22(6), 1241-1248.
- Naguib, M. (2007). *Methoden der Verhaltensbiologie*: Springer-Verlag.
- Nowak, R. M. (1991). *Walker's Mammals of the World* (5. Aufl.). Baltimore, Md.: Johns Hopkins Univ. Pr.
- O'Riain, M., Bennett, N., Brotherton, P., McIlrath, G., & Clutton-Brock, T. (2000). Reproductive suppression and inbreeding avoidance in wild populations of cooperatively breeding meerkats (*Suricata suricatta*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 48(6), 471-477.
- Offer, J. (2014). From 'natural selection' to 'survival of the fittest': On the significance of Spencer's refashioning of Darwin in the 1860s. *Journal of Classical Sociology*, 14(2), 156-177.
- Rat der Europäischen Union (1999). *Richtlinie 1999/22/EG des Rates vom 29. März 1999 über die Haltung von Wildtieren in Zoos*. (42:L 94/24 -L 94/26).
- Reader, S. M. (2003). Innovation and social learning: individual variation and brain evolution. *Animal biology*, 53(2), 147-158.
- Reader, S. M., & Laland, K. N. (2001). Primate innovation: sex, age and social rank differences. *International Journal of Primatology*, 22(5), 787-805.
- Reader, S. M., & Laland, K. N. (2003). Animal innovation.
- Russell, A., Brotherton, P., McIlrath, G., Sharpe, L., & Clutton-Brock, T. (2003). Breeding success in cooperative meerkats: effects of helper number and maternal state. *Behavioral Ecology*, 14(4), 486-492.

- Schmitt, V., Pankau, B., & Fischer, J. (2012). Old world monkeys compare to apes in the primate cognition test battery. *PLoS One*, 7(4), e32024.
- Sharpe, L. L., Clutton-Brock, T. H., Brotherton, P. N., Cameron, E. Z., & Cherry, M. I. (2002). Experimental provisioning increases play in free-ranging meerkats. *Animal Behaviour*, 64(1), 113-121.
- Shettleworth, S. J. (2009). *Cognition, evolution, and behavior*: Oxford University Press.
- Sol, D., Duncan, R. P., Blackburn, T. M., Cassey, P., & Lefebvre, L. (2005a). Big brains, enhanced cognition, and response of birds to novel environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(15), 5460-5465.
- Sol, D., Griffin, A. S., & Bartomeus, I. (2012). Consumer and motor innovation in the common myna: the role of motivation and emotional responses. *Animal Behaviour*, 83(1), 179-188.
- Sol, D., Griffin, A. S., Bartomeus, I., & Boyce, H. (2011). Exploring or avoiding novel food resources? The novelty conflict in an invasive bird. *PLoS One*, 6(5), e19535.
- Sol, D., Lefebvre, L., & Rodríguez-Teijeiro, J. D. (2005b). Brain size, innovative propensity and migratory behaviour in temperate Palaearctic birds. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 272(1571), 1433-1441.
- Thornton, A. (2008a). Early body condition, time budgets and the acquisition of foraging skills in meerkats. *Animal Behaviour*, 75(3), 951-962.
- Thornton, A. (2008b). Social learning about novel foods in young meerkats. *Animal Behaviour*, 76(4), 1411-1421.
- Thornton, A., & Malapert, A. (2009). Experimental evidence for social transmission of food acquisition techniques in wild meerkats. *Animal Behaviour*, 78(2), 255-264. doi:10.1016/j.anbehav.2009.04.021.
- Thornton, A., & Samson, J. (2012). Innovative problem solving in wild meerkats. *Animal Behaviour*, 83(6), 1459-1468. doi:10.1016/j.anbehav.2012.03.018.
- Timmermans, S., Lefebvre, L., Boire, D., & Basu, P. (2000). Relative size of the hyperstriatum ventrale is the best predictor of feeding innovation rate in birds. *Brain, behavior and evolution*, 56(4), 196-203.
- Union, Innovation. (2013). A pocket guide on a Europe 2020 initiative. *European Commission*. Abgerufen am 8.11.2016, doi: 10.2777/59336.
- Van De Waal, E., & Bshary, R. (2011). Contact with human facilities appears to enhance technical skills in wild vervet monkeys (*Chlorocebus aethiops*). *Folia Primatologica*, 81(5), 282-291.
- Webster, S. J., & Lefebvre, L. (2001). Problem solving and neophobia in a columbiform–passeriform assemblage in Barbados. *Animal Behaviour*, 62(1), 23-32. doi:10.1006/anbe.2000.1725.
- Wehner, R., & Gehring, W. J. (2013). *Zoologie* (A. Kühn Ed. 25. vollst. überarb. Aufl. ed.). Stuttgart [u.a.]: Thieme.
- Werdenich, D., & Huber, L. (2006). A case of quick problem solving in birds: string pulling in keas, *Nestor notabilis*. *Animal Behaviour*, 71(4), 855-863.
- West, M. A. (2012). *Effective Teamwork : Practical Lessons from Organizational Research*. John Wiley & Sons.
- Westheide, W., & Rieger, G. (2014). *Spezielle Zoologie. Teil 2: Wirbel-oder Schädeltiere* (3 Aufl.). Springer-Verlag.
- Zoo Heidelberg (2016a). *Erhaltungszucht*. Abgerufen am 8.11.2016 von <http://www.zoo-heidelberg.de/erhaltungszucht>.
- Zoo Heidelberg. (2016b). Taxon Report Meerkats. *Zoo Heidelberg*.

Anhang

Datenaufnahmeblatt: Focal Animal Sampling

Name: Christiane Schneider Datum: _____ Zeit: _____ Fokustier: _____

Wetter: _____ Temperatur: _____ Institution: Zoo Heidelberg

Zeit	AV gegen	AV von	SV gegen	SV von	Bemerkungen
0.5					
1					
1.5					
2					
2.5					
3					
3.5					
4					
4.5					
5					
5.5					
6					
6.5					
7					
7.5					
8					
8.5					
9					
9.5					
10					
10.5					
11					
11.5					
12					
12.5					
13					
13.5					
14					
14.5					
15					
15.5					
16					
16.5					
17					
17.5					
18					
18.5					
19					
19.5					
20					

Anmerkung. AV = Aggressives Verhalten, SV = Submissives Verhalten; Erdmännchen-Individuen im Zoo Heidelberg: Paul (P), Adelheid (A), Doro (D), Leopold (L), Sandy (S), Tilly(T).

Tabelle 9

Deskriptive Statistik der Daten des Dominanztests. Zu sehen sind Mittelwert, Standardabweichung und SE des Dominanz-Index basierend auf dem aggressiven (DI_A) und submissiven Verhalten (DI_S). Beim Individuum T wurden keine submissiven Verhaltensweisen beobachtet, sodass hier kein DI_S erstellt werden konnte

Individuum	DI _A	DI _S	Gültige N	M	SD	SE
P	1.00	1.00	2	1.00	0.00	0.00
S	1.00	1.00	2	1.00	0.00	0.00
A	-0.20	0.00	2	-0.10	0.14	0.10
L	0.13	-0.48	2	-0.17	0.43	0.30
T	-1.00		1	-1.00		
D	-1.00	-1.00	2	-1.00	0.00	0.00

Tabelle 10

Deskriptive Statistik der Daten des Neophobietests

	Individuum					
	P	A	D	L	S	T
Kontrolle1	0.00	1.30		1.30	6.60	2.10
Kontrolle2	0.00	5.20		1.40	0.00	0.00
Kontrolle3	0.50	1.90	1.60	0.90	0.10	0.20
Mittelwert Kontrolle	0.17	2.80	1.60	1.20	2.23	0.77
SE	0.17	1.21		0.15	2.18	0.67
Test1	0.00	0.60	1.80	1.10	2.40	1.50
Test2	0.00	0.10	33.50	5.40	3.00	1.40
Test3	0.00	1.10	10.20	2.10	1.40	0.00
Mittelwert Test	0.00	0.60	15.17	2.87	2.27	0.97
SE	0.00	0.29	9.48	1.30	0.47	0.48

Tabelle 11

Ergebnisse der Spearman Rangkorrelation im Rahmen der Untersuchung der Innovationsprädiktoren

Variablenpaar	Gültige N	Spearman R	t(N-2)	p-Wert
Dominanz-Index & Anzahl gelöster Stufen	6	0.64	1.65	0.175
Dominanz-Index & Anteil gelöster Versuche	6	0.03	0.06	0.956
Dominanz-Index & Zeit zum Lösen Stufe 1	6	0.03	0.06	0.956
Neophobie-Level & Anzahl gelöster Stufen	6	-0.46	-1.04	0.355
Neophobie-Level & Anteil gelöster Versuche	6	-0.26	-0.53	0.623
Neophobie-Level & Zeit zum Lösen Stufe 1	6	0.20	0.41	0.704

Anmerkung. Spearman R = r_s .