

**Aus dem Leibniz- Institut für Zoo- und Wildtierforschung
eingereicht
über den Fachbereich Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin**

Haltung und Reproduktion des Wildmeerschweinchens (*Cavia aperea*)

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin**

**vorgelegt von
Kathrin Rübensam (geb. Schumann)
Tierärztin aus Berlin**

Berlin 2014

Journal-Nr.: 3736

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Heribert Hofer
Zweiter Gutachter: PD Dr. Kerstin Müller
Dritter Gutachter: Prof. Dr. Almuth Einspanier

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

cavia aperea; reproduction; animal husbandry; hydrocortisone; blood;
ultrasonic diagnosis; nutritional state; reproductive health; maternal behavior

Tag der Promotion: 22.06.2015

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-86387-613-5

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2014

Dissertation, Freie Universität Berlin

D 188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2015

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Meinem Mann für seine bedingungslose Unterstützung.

1 Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	2
2.1	Taxonomie und Kennzeichen des Wildmeerschweinchens (<i>Cavia aperea</i>)	2
2.2	Vorkommen und Lebensweise des Wildmeerschweinchens	2
2.3	Haltungsempfehlungen für Meerschweinchen	3
2.3.1	Haltung des Meerschweinchens als Haustier	3
2.3.2	Haltung der Wildform	3
2.3.3	Haltung des Meerschweinchens als Versuchstier	3
2.4	Reproduktion des Wildmeerschweinchens.....	4
2.4.1	Merkmale der Reproduktion.....	4
2.4.2	Unterschiede zum Hausmeerschweinchen (<i>Cavia aperea</i> f. <i>porcellus</i>).....	4
2.4.3	Reproduktion im Jahresverlauf.....	5
3	Fragestellung	6
3.1	Etablierung einer stressreduzierten Haltung.....	6
3.2	Charakterisierung des intrauterinen Wachstums mittels Ultraschall.....	7
3.3	Untersuchung jahreszeitlicher Einflüsse auf die Reproduktion	7
4	Ergebnisse	9
4.1	Zusammenfassende Darstellung der Publikationen.....	9
4.2	Animal housing and welfare: Effects of housing conditions on body weight and cortisol in a medium-sized rodent (<i>Cavia aperea</i>)	10
4.3	Characterization of fetal growth by repeated ultrasound measurements in the wild guinea pig (<i>Cavia aperea</i>)	25
4.4	Seasonally different reproductive investment in a medium sized rodent (<i>Cavia aperea</i>).....	31
5	Diskussion	38
5.1	Animal housing and welfare: Effects of housing conditions on body weight and cortisol in a medium-sized rodent (<i>Cavia aperea</i>).....	38
5.2	Characterization of fetal growth by repeated ultrasound measurements in the wild guinea pig (<i>Cavia aperea</i>)	40
5.3	Seasonally different reproductive investment in a medium sized rodent (<i>Cavia aperea</i>).....	41
5.4	Zusammenfassende Interpretation.....	43
6	Zusammenfassung „Haltung und Reproduktion des Wildmeerschweinchens (<i>Cavia aperea</i>)“ ..	45
7	Summary “keeping and reproduction of the wild guinea pig (<i>Cavia aperea</i>)“	46
8	Literaturverzeichnis.....	47
9	Publikationsliste	52
10	Danksagung	54
11	Selbständigkeitserklärung	55

1 Einleitung

Das domestizierte Meerschweinchen *Cavia aperea* f. *porcellus* ist eine gut untersuchte und weit verbreitete Versuchs- und Haustierart, während über seine ursprüngliche Form, das Wildmeerschweinchen *Cavia aperea*, wenig bekannt ist.

In einer Versuchstierhaltung von Wildmeerschweinchen am Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) sollte daher die Reproduktion des Wildmeerschweinchens untersucht werden. Um dafür eine artgerechte Haltung mit geringen Einflüssen auf das Wohlbefinden der Tiere aufzubauen, wurde vorangehend eine detaillierte Untersuchung der Haltungsbedingungen einer seit 1981 geführten Haltung von Wildmeerschweinchen an der Universität Bielefeld vorgenommen. Es wurde ein Innenhaltungssystem einem Außenhaltungssystem gegenübergestellt und das Wohlbefinden der Tiere bzw. damit assoziierte physiologische Parameter (Körpermasse, Basalcortisolwerte) gemessen. Die Ergebnisse werden in dieser Dissertation vorgestellt (siehe 4.2).

Für Versuchskonzepte, in denen mehrere aufeinanderfolgende Generationen untersucht werden sollen, eignet sich das Meerschweinchen als Modelltierart sehr gut, da es ein kurzes Reproduktionsintervall hat und im Gegensatz zu Ratten oder Mäusen als Nestflüchter weit entwickelte Jungtiere zur Welt bringt (Rowland & Weir 1974). Obwohl Hausmeerschweinchen sowohl in der Haus- als auch in der Versuchstierhaltung seit vielen Jahrzehnten weit verbreitet sind und die Tierart in dieser Form gut untersucht ist, fehlt bisher eine detaillierte, vergleichende Betrachtung zur Wildform. Um die Reproduktion des Wildmeerschweinchens zu charakterisieren wurden daher die fetale Entwicklung mittels Ultraschall und jahreszeitliche Einflüsse auf die Reproduktion analysiert und, wenn möglich, vergleichend zum Hausmeerschweinchen betrachtet. Die Ergebnisse der Ultraschalluntersuchungen werden unter 4.3 und die Ergebnisse der Untersuchung saisonaler Einflüsse auf die Reproduktion unter 4.4 dargestellt.

Solche Informationen über die Wildform einer Tierart sind für die Wahl der Haltung und für die Interpretation der Ergebnisse von Versuchen mit biologischer oder medizinischer Fragestellung von wesentlicher Bedeutung, auch wenn sie an domestizierten Populationen durchgeführt werden.

2 Literaturübersicht

2.1 Taxonomie und Kennzeichen des Wildmeerschweinchens (*Cavia aperea*)

Die Säugetierspezies *Cavia aperea* gehört zur Familie der Meerschweinchen (Caviidae) in der Ordnung der Nagetiere (Rodentia) und ist die Stammform des weltweit verbreiteten Hausmeerschweinchens *Cavia aperea* f. *porcellus* (Kruska & Steffen 2013). Wildmeerschweinchen haben grau-braunes, glattes Fell verschiedener Schattierungen und einen schmalen, zierlichen Körperbau. Adulte Tiere werden zwischen 300 g und 800 g schwer (Kruska & Steffen 2013), wobei ein deutlicher Geschlechtsdimorphismus mit schwereren Männchen als Weibchen besteht (Asher et al. 2008). Die Zahnformel der lebenslang wachsenden Zähne ist 1-0-1-3 (20 Zähne) mit einem Diastema zwischen Incisivi und Prämolaren (Fox et al. 2002). Der Zahnwechsel findet bereits intrauterin statt, die Jungtiere werden also bereits mit einem bleibenden Gebiss geboren. Die Lebenserwartung beträgt 5-8 Jahre (in Gefangenschaft). Jedoch ist die Mortalität aufgrund des hohen Prädationsrisikos in ihrem natürlichen Lebensraum hoch (Asher et al. 2004).

2.2 Vorkommen und Lebensweise des Wildmeerschweinchens

Wildmeerschweinchen sind, mit Ausnahme von Französisch Guyana, Kolumbien und dem tropischen Amazonasbecken, in weiten Teilen Südamerikas verbreitet (Stahnke & Henrichs 1988). Sie bewohnen die verschiedensten terrestrischen Habitate, darunter Graslandschaften sowie Trockensavannen und Gebirgsregionen bis 4200 m über dem Meer (ü. M.) (The IUCN Red List of Threatened Species 2014). Wildmeerschweinchen sind dämmerungsaktiv und leben in kleinen Gruppen von bis zu zehn Tieren, die aus einem dominanten Männchen und Weibchen mit ihrem Nachwuchs bestehen (Rood 1972, Sachser 1998). Männchen werden mit ca. 75 (Trillmich et al. 2006) Tagen geschlechtsreif und verlassen dann die Gruppe. Vor Feinden suchen sie Zuflucht in Büschen und Höhlen (wovon sich der Name *Cavia* ableitet), jedoch graben sie, entgegen vieler Angaben, nicht selbst sondern übernehmen von anderen Tieren zurück gelassene Bauten. Meerschweinchen sind reine Pflanzenfresser (Fox et al. 2002) und ernähren sich hauptsächlich von Gräsern und Kräutern, aber auch von Blättern, Rinde und Samen.

2.3 Haltungsempfehlungen für Meerschweinchen

2.3.1 Haltung des Meerschweinchens als Haustier

Meerschweinchen sind als Haustiere stark verbreitet. Merkblätter, z.B. die Broschüre zur Haltung von Meerschweinchen des deutschen Tierschutzbundes e.V., und Haltungsempfehlungen beziehen sich vor allem auf die Privathaltung von Hausmeerschweinchen und liefern Angaben zur Käfiggröße und -ausstattung, Pflege, Ernährung, Umgang und Sozialstruktur (Birmelin 2007, Pelz 2008). Die Handlungsrichtlinie der tierärztlichen Vereinigung für Tierschutz (TVT) z.B. (Merkblatt für Tierhalter - Meerschweinchen (Stand: Mai 2014), gibt eine Käfiggröße für zwei Tiere von mindestens 120 cm x 60 cm x 50 cm (Breite x Tiefe x Höhe) an. Für jedes weitere Tier wird eine Erweiterung von mindestens 20 % der Bodenfläche gefordert.

2.3.2 Haltung der Wildform

Die vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft herausgegebenen Mindestanforderungen an die Haltung von Säugetieren vom 07. Mai 2014, in denen auch auf Meerschweinchen (*Caviidae*) eingegangen wird, beziehen sich auf die Haltung der Wildform. Sie weisen einen höheren Raumbedarf von mindestens 3m² für *Cavia aperea*, die Gehege-Einrichtung, das Sozialgefüge sowie Anforderungen an Ernährung, Fang und Transport aus. Dabei werden spezielle Anforderungen einzelner Wildmeerschweinchenarten, wie Klettervorrichtungen für Bergmeerschweinchen und sandigen bzw. bewachsenen Untergrund für Maras, berücksichtigt. Des Weiteren wird unter „Gehegeanforderung“ auf die Möglichkeit einer Außenhaltung (mit frostfreien Schutzraum; siehe „klimatische Bedingungen“) hingewiesen, nicht aber auf die Notwendigkeit einer Auslaufmöglichkeit ins Freie.

2.3.3 Haltung des Meerschweinchens als Versuchstier

Für die Haltung von Meerschweinchen als Versuchstier ist innerhalb der Europäischen Union (EU) die Richtlinie 2010/63/EU zum Schutz der für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Tiere vom 22. September 2010 anzuwenden. Diese ist jedoch nicht artspezifisch. Artspezifische Leitlinien an die Haltung und Verwendung von Versuchstieren findet man in einem Amtsblatt der EU vom 18. Juni 2007 (2007/526/EG).

2.4 Reproduktion des Wildmeerschweinchens

2.4.1 Merkmale der Reproduktion

Wildmeerschweinchen sind Nestflüchter und bringen nach einer Trächtigkeit von durchschnittlich 60 Tagen (Rood 1972) vollständig entwickelte Jungtiere zur Welt (Künkele & Trillmich 1997). Der Nachwuchs ist bereits wenige Minuten nach der Geburt mobil und reaktionsfähig, und beginnt am ersten Lebenstag mit der Aufnahme von fester Nahrung (Rood 1972). Die Laktationsdauer beträgt durchschnittlich drei Wochen (Rood 1972, Raffel et al. 1996); die Jungtiere sind ab dem sechsten Tag auch ohne Aufnahme von Muttermilch überlebensfähig (Künkele & Trillmich 1997). Die durchschnittliche Wurfgröße beträgt zwei Jungtiere (Rood & Weir 1970, Kasparian et al. 2005). Die individuelle Geburtsmasse der Jungtiere beträgt bei einer Wurfgröße von zwei Jungtieren durchschnittlich 68 g und sinkt mit steigender Wurfgröße (Kasparian et al. 2005). Das Erreichen der Geschlechtsreife wird von mehreren Faktoren beeinflusst. So konnten Trillmich et al. (2006) zeigen, dass weibliche Wildmeerschweinchen, die in rein weiblichen Gruppen gehalten wurden, nach durchschnittlich 59 Tagen geschlechtsreif werden, während in Anwesenheit eines adulten Männchens bereits nach durchschnittlich 30 Tagen der erste Tag des Östrus detektiert wurde. Zudem beeinflusst auch die Fotoperiode die sexuelle Entwicklung der Jungtiere. Bei zunehmender Fotoperiode (Frühling) wurden Weibchen bereits nach 47 Tagen geschlechtsreif, bei abnehmender Fotoperiode (Herbst) jedoch erst nach 79 Tagen (Trillmich et al. 2009). Bei männlichen Wildmeerschweinchen variierte die Geschlechtsreife in gleicher Weise mit den Jahreszeiten. Als Maß für das Eintreten der Geschlechtsreife wurde ein substantieller Anstieg in der Konzentration von Testosteron im Blut verwendet. Die Geschlechtsreife trat demnach bei Männchen unter zunehmender Fotoperiode im Alter von 39 Tagen ein, während Männchen bei abnehmender Fotoperiode erst mit durchschnittlich 66 Tagen geschlechtsreif wurden (Guenther et al. 2014).

2.4.2 Unterschiede zum Hausmeerschweinchen (*Cavia aperea f. porcellus*)

Das domestizierte Meerschweinchen (*Cavia aperea f. porcellus*) unterscheidet sich in verschiedenen Parametern der Reproduktion wesentlich von seiner Urform, dem Wildmeerschweinchen. Das Hausmeerschweinchen hat mit 65-72 Tagen eine längere Trächtigkeitsdauer als die ursprünglichere Wildform (Künkele 2000 (a), Kapoor & Mathews 2005), mit 3 Jungtieren eine größere durchschnittliche Wurfgröße (Peaker & Taylor 1996, Künkele 2000 (b), Kapoor & Mathews 2005, Fey & Trillmich 2008) und eine höhere

individuelle Geburtsmasse (Künkele & Trillmich 1997, Fey & Trillmich 2008). Auch beim Hausmeerschweinchen sinkt die durchschnittliche Geburtsmasse mit steigender Wurfgröße (Peaker & Taylor 1996).

2.4.3 Reproduktion im Jahresverlauf

Die Reproduktion des Wildmeerschweinchens (*Cavia aperea*) wurde von Rood (1972) in einer freilebenden Population in Argentinien charakterisiert. In dieser Studie wurde eine nahezu ganzjährige Reproduktion gezeigt, jedoch gab es in dem Wintermonat August eine Unterbrechung der Reproduktion im Untersuchungsgebiet. Zudem wurde im Frühjahr die höchste Reproduktionsrate ermittelt. Auch in einer weiteren Wildmeerschweinchenart, *Cavia cutleri*, konnte eine ganzjährige Reproduktion mit der höchsten Reproduktionsrate im Frühjahr festgestellt werden, allerdings nicht in ihrem natürlichen Lebensraum (Peru) sondern in einer in die USA transportierten und dort in Gehegen gehaltenen Population (Castle & Wright 1916).

Eine Studie an freilebenden und in Käfigen gehaltenen Wildmeerschweinchen unter gleichen klimatische Bedingungen (*Cavia aperea*) in Argentinien zeigte, dass die Anzahl reproduktiver Weibchen (trächtig oder laktierend) in den Frühjahrs- und Sommermonaten am höchsten war (Rood & Weir 1970). Im kalten Winter 1967 wurde, im Gegensatz zu dem im Vergleich milderen Winter 1966, die Reproduktion unterbrochen.

Diese Ergebnisse lassen den Einfluss von Temperatur auf die Reproduktion vermuten. Auch die Fotoperiode, die mit den einzelnen Jahreszeiten stark variiert, kann als beeinflussender Faktor angenommen werden. In einem experimentellen Ansatz, in dem Wildmeerschweinchen sowohl kurzen und langen Tagen als auch kalten und warmen Temperaturen ausgesetzt wurden, konnte jedoch keine Unterbrechung der Reproduktion provoziert werden (Trillmich 2000).

3 Fragestellung

3.1 Etablierung einer stressreduzierten Haltung

Im Jahr 2011 sollte eine Haltung von Wildmeerschweinchen auf der Feldforschungsstation des Leibniz- Instituts für Zoo- und Wildtierforschung etabliert werden. Um die Tiere unter naturnahen Bedingungen untersuchen zu können, stellte sich die Frage ob und wie stark sich das Haltungssystem auf das Wohlbefinden der Tiere auswirkt. Üblicherweise werden Versuchstiere unter standardisierten Laborbedingungen gehalten, um unkontrollierte Effekte von Umwelteinflüssen, wie akustischer Reize und klimatischer Schwankungen, ausschließen zu können. Dass sich jedoch Reize verschiedener Art, z.B. von Käfigeinrichtungsgegenständen, positiv auf das Wohlbefinden und das Verhalten der Tiere auswirkt, konnte schon in anderen Nagetierarten vielfach belegt werden (Chapillon et al. 1999, Branchi & Alleva 2006, Lewejohann et al. 2006). Wenn dies geschah, wurden signifikante Effekte auf Physiologie und Verhalten nachgewiesen (Hetts et al. 1992). So stellten Huck & Price (1975) für die Entwicklung domestizierter Wanderratten (*Rattus norvegicus*) fest, dass sie auf Umweltreize weniger empfindlich reagierten als die Wildform. Künzl & Sachser (1999) verglichen das Verhalten von Haus- und Wildmeerschweinchen und beobachteten in der domestizierten Form ein schwächer ausgeprägtes Aggressivitätsverhalten und ein stärker ausgeprägtes soziopositives Verhalten als in der Wildform. In dieser Studie unterschieden sich zudem beide Tiergruppen in ihren Stresshormonachsen. Die Basal- und Reaktivitätswerte der Sympathikus-Nebennierenmark-Achse (Adrenalin/ Noradrenalin) waren, ebenso wie die Reaktivitätswerte der Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (Glucocorticoide), bei der Wildform höher, was einen geringeren Stressstatus und eine verminderte Stress-Reaktivität in der domestizierten Form impliziert.

Diese Ergebnisse waren der Anlass für die vorliegende Untersuchung, in der ich Innen- und Außenhaltungssysteme einer bereits seit 1981 etablierten Haltung von Wildmeerschweinchen an der Universität Bielefeld verglich. Die Studie sollte klären, ob und wie sich die Innen- und Außenhaltung von Wildmeerschweinchen auf die Tiergesundheit und das Wohlbefinden der Tiere auswirken, um eine optimale Haltungsform auf der Feldforschungsstation des Leibniz- Instituts für Zoo- und Wildtierforschung aufzubauen.

3.2 Charakterisierung des intrauterinen Wachstums mittels Ultraschall

Haus- und Wildmeerschweinchen unterscheiden sich in verschiedenen Reproduktionsparametern wie Trächtiglänge, Wurfgröße und individueller Geburtsmasse erheblich (siehe 2.4.). Studien zur intrauterinen Entwicklung wurden bisher nur an Hausmeerschweinchen durchgeführt und folgten überwiegend einem finalen Versuchsdesign mit Sektion des trächtigen Weibchens (Draper 1920, Ibsen 1928). Lediglich eine Untersuchung von Turner & Trudinger (2000) beschrieb eine longitudinale fetale Entwicklung mittels Ultraschalltechnik. Vergleichbare Daten für das Wildmeerschweinchen sind bisher nicht verfügbar. Um das fetale Wachstum des Wildmeerschweinchens im Verlauf der Trächtigkeit zu charakterisieren, sollten tragende Weibchen regelmäßig mittels eines portablen Ultraschallgerätes untersucht und verschiedene Wachstumsparameter der einzelnen Feten erhoben werden. Diese Daten sollten neben der Charakterisierung des fetalen Wachstums auch eine vergleichende Betrachtung zu bereits veröffentlichten Daten des Hausmeerschweinchens ermöglichen, um zu klären, ob sich Haus- und Wildform auch diesbezüglich unterscheiden. Des Weiteren sollte die Aussagekraft der einzelnen Wachstumsparameter bezüglich des Trächtigkeitsstadiums beurteilt werden, da besonders bei Wildtieren ein möglichst kurzer Untersuchungszeitraum anzustreben ist, um die Belastung für das Tier zu minimieren.

3.3 Untersuchung jahreszeitlicher Einflüsse auf die Reproduktion

Der natürliche Lebensraum von Wildmeerschweinchen ist geprägt von jahreszeitlichen Schwankungen von Temperatur und Tageslichtlänge. Die Reproduktion vieler Spezies ist, genetischen Vorgaben folgend, an die klimatischen Bedingungen angepasst, sodass sie sich nur in den vorteilhaften Jahreszeiten fortpflanzen (Heldmaier 1989). Wildmeerschweinchen werden überwiegend als ganzjährig reproduktive Spezies beschrieben. Bisher wurde lediglich das Auftreten der Reproduktion saisonabhängig untersucht (u.a. Trillmich 2000), ohne jedoch weitere Merkmale wie Wurfgröße, Geburtsmasse und weitere Parameter der mütterlichen Investition in die Fortpflanzung differenziert zu betrachten. Um den Einfluss der jahreszeitlichen Unterschiede auf die Reproduktion und die Auswirkungen auf die mütterliche Investition in ihre Nachkommen zu untersuchen, sollten Verpaarungen von Wildmeerschweinchen in allen Jahreszeiten unter den vorherrschenden natürlichen, also nicht anthropogen beeinflussten, Bedingungen (Fotoperiode, Temperatur) vorgenommen werden. Dafür sollten sowohl die Wurfgrößen als auch die Geburtsmassen erfasst werden. Da die Laktation als energieaufwändigste Periode in der Reproduktion bei Säugetieren gilt

(Hammond & Diamond 1992, Rogowitz & McClure 1995), sollte auch die postnatale Investition betrachtet werden. Als Parameter für dieses wurde der Körpermasseverlust in den ersten sieben Tagen nach der Geburt gewählt. Auch wenn die Jungtiere länger gesäugt werden (siehe 2.4.1.), ist durch die frühe Aufnahme fester Nahrung der Zusammenhang von energetischen Kosten der Mutter zu denen des Nachwuchses im ersten Drittel der Laktationsperiode als am größten anzunehmen.

Schon Rood & Weir (1970) haben eine saisonal unterschiedliche Fortpflanzung mit der höchsten Anzahl reproduktiver Weibchen im Frühling beschrieben. Neben der genauen Untersuchung der saisonalen Einflüsse auf die Reproduktion stellte sich die Frage nach der Regulierung der zu erwartenden Unterschiede. Um schon die mütterliche Investition vor der Verpaarung zu ermitteln, sollte in einem zweiten Versuch die ovarielle Aktivität in den verschiedenen Jahreszeiten erfasst werden. Dafür sollten von erfolgreich verpaarten Weibchen die Gelbkörper und somit die Anzahl der erfolgten Ovulationen bestimmt werden um eine mögliche Steuerung des Reproduktionsergebnisses schon vor der Befruchtung festzustellen.

4 Ergebnisse

4.1 Zusammenfassende Darstellung der Publikationen

Die Ergebnisse dieser Arbeit werden in drei Publikationen dargestellt:

Publikation 1:

Schumann K, Guenther A, Jewgenow K, Trillmich F. Animal housing and welfare: Effects of housing conditions on body weight and cortisol in a medium-sized rodent (*Cavia aperea*).

Journal of Applied Animal Welfare Science (Published: Mar 28, 2014. 17 (2): 111-124. doi: 10.1080/10888705.2014.884407)

Publikation 2:

Schumann K, Guenther A, Goeritz F, Jewgenow K. Characterization of fetal growth by repeated ultrasound measurements in the wild guinea pig (*Cavia aperea*).

Theriogenology (Published: May 12, 2014. 82 (3): 490–494. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.05.007)

Publikation 3:

Ruebensam K, Hribal R, Jewgenow K, Guenther A. Seasonally different reproductive investment in a medium sized rodent (*Cavia aperea*).

Theriogenology (Accepted: April 27, 2015. doi: 10.1016/j.theriogenology.2015.04.023)

4.2 Animal housing and welfare: Effects of housing conditions on body weight and cortisol in a medium-sized rodent (*Cavia aperea*)

Kathrin Schumann^a, Anja Guenther^b, Katarina Jewgenow^a, Fritz Trillmich^b

^a Leibniz Institute for Zoo and Wildlife Research, Berlin, Germany

^b Department of Behavioral Biology, University of Bielefeld, Germany

Journal of Applied Animal Welfare Science (2014). 17 (2): 111-124.

Please purchase this part online.

doi: 10.1080/10888705.2014.884407

4.3 Characterization of fetal growth by repeated ultrasound measurements in the wild guinea pig (*Cavia aperea*)

Kathrin Schumann^a, Anja Guenther^b, Frank Goeritz^a, Katarina Jewgenow^a

^a Leibniz Institute for Zoo and Wildlife Research, Berlin, Germany

^b Department of Behavioral Biology, University of Bielefeld, Germany

Theriogenology (2014). 82 (3): 490–494.

Please purchase this part online.

doi: [10.1016/j.theriogenology.2014.05.007](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.05.007)

4.4 Seasonally different reproductive investment in a medium sized rodent (*Cavia aperea*)

Kathrin Ruebensam^a, Romy Hribal^a, Katarina Jewgenow^a, Anja Guenther^b

^a Leibniz Institute for Zoo and Wildlife Research, Berlin, Germany

^b Department of Behavioral Biology, University of Bielefeld, Germany

Theriogenology (Accepted: April 27, 2015).

Please purchase this part online.

doi: 10.1016/j.theriogenology.2015.04.023

5 Diskussion

5.1 Animal housing and welfare: Effects of housing conditions on body weight and cortisol in a medium-sized rodent (*Cavia aperea*)

In der ersten Studie (siehe 4.2) wurden erhebliche Effekte des Haltungssystems auf Parameter der Tiergesundheit nachgewiesen. Die ausschließliche Innenhaltung dieser Tiere führte zu einer bis zu 12 % geringeren Körpermasse im Vergleich mit in Außengehegen gehaltenen Tieren. Der Wechsel zwischen den Haltungssystemen führte in beide Richtungen zu den beschriebenen Körpermasseveränderungen und war zudem reversibel, wie das Experiment mit mehrmaliger Änderung des Haltungssystems zeigt. Die nachgewiesenen Effekte waren unabhängig vom Alter und der Sozialstruktur der Tiergruppen und können auch nicht auf Unterschiede in der juvenilen Entwicklung zurückgeführt werden, da alle untersuchten Tiere im selben Haltungssystem geboren wurden und bereits beide Systeme erfahren hatten.

Eine mögliche Erklärung der festgestellten Körpermasseunterschiede wären die durch unterschiedliche Grundflächen der Innen- und Außengehege provozierten Bewegungsmuster. Dies wurde in einem Experiment, in dem Tiere in Innengehegen verschiedener Grundflächen untersucht wurden, widerlegt. Als mögliche Ursache der Körpermasseänderungen in Abhängigkeit von der Haltungsform kommen auch die stark signifikanten Unterschiede in der Basalkonzentration von Cortisol beider Tiergruppen in Betracht, die im Rahmen dieses Experiments bei beiden Tiergruppen gemessen wurden. In Außengehegen gehaltene Tiere wiesen deutlich geringere Basalcortisolwerte auf als solche, die in Innengehegen gehalten wurden. Cortisol als das wichtigste Glucocorticoid bei Meerschweinchenverwandten (Caviomorpha) ist ein physiologischer Indikator für die Stressbelastung (Sachser et al. 1994, von Holst 1998, Siegeler et al. 2011) und ist wesentlich an der Aktivierung des katabolen Stoffwechsels beteiligt (von Holst 1998), was den Körpermasseverlust bei innen gehaltenen Tieren erklären könnte. Diese Ergebnisse lassen auf eine starke Beeinflussung der Tiergesundheit durch die allostatistische Last, ausgelöst durch eine dauerhafte Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse in ausschließlicher Innenhaltung schließen.

Auch wenn in zahlreichen Studien ein Effekt von Umweltstimuli auf Cortisolwerte festgestellt wurde (Ritchey & Hennessy 1987, de Jonga et al. 2000, Moncek et al. 2004) und das „*environmental enrichment*“, also eine strukturelle Anreicherung der Umwelt, inzwischen sowohl in wirtschaftlichen Nutztierhaltungen (Beattie et al. 2000) als auch in Labortierhaltungen zunehmend an Bedeutung gewinnt, ist die vorwiegende Haltungsform von Labortieren die ausschließliche Innenhaltung. Dass auch die Umgebung der Käfige oder

Gehege einen Effekt auf die Tiere haben kann, wiesen Schapiro et al. (1993) an Rhesusaffen nach.

In der vorliegenden Studie waren die Innengehege der Wildmeerschweinchen mit blickdichten Wänden umgeben, wohingegen die Außengehege von Maschendrahtzaun begrenzt waren. Diese fehlende Möglichkeit, die umliegende Umgebung beobachten und damit die eigene Situation beurteilen und bewältigen zu können, scheint für die in Innengehegen gehaltenen Tiere eine erhöhte Belastung erzeugt zu haben. Zudem fehlten ihnen auch äußere Umwelteinflüsse, wie klimatische, akustische und olfaktorische Reize. Die hier nachgewiesenen Auswirkungen auf den Organismus einer ausschließlichen Innenhaltung sollten auch bei der Haltung von Nutztieren Beachtung finden und sind konsistent mit Ergebnissen mehrerer Studien, die positive Effekte auf Körpermassezunahme und Verhalten mit verringerter Morbidität und Mortalität bei Schweinen in alternativen Haltungssystemen nachwies (Gentry et al. 2002, Lahrman et al. 2004). Auch wenn diese Haltungssysteme mit höheren Risiken, z.B. einer höheren Infektionswahrscheinlichkeit, verbunden sind (Kijlstra et al. 2004, van der Giessen et al. 2007) sollten sie zur Verbesserung der Tiergesundheit und nicht zuletzt aus ethischen und tierschutzrechtlichen Gründen eine größere Beachtung in der Nutztierhaltung finden.

Auch in wissenschaftlichen Tierhaltungen wird auf die Möglichkeit des Zugangs zu natürlichen Umweltbedingungen zugunsten der Vereinheitlichung der Haltungsbedingungen größtenteils verzichtet, jedoch ist neben kritischer ethischer Abwägung auch an die physiologischen Auswirkungen ausschließlicher Innenhaltung zu denken. Kempermann et al. (1997) fanden in Mäusen, die in mit Umweltreizen angereicherten Käfigen gehalten wurden, mehr Neuronen in der Hippocampusregion. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den denen von Zhu et al. (2006), die erhöhte Neutrophinwerte (Signalstoffe, die zielgerichtete Verbindungen zwischen Nervenzellen bewirken) in mehreren Hirnregionen in Abhängigkeit von der Haltungsform fanden. Diese und weitere Studien (Würbel 2001, Paylor 2009) betrachteten allerdings ausschließlich die Auswirkungen verschiedener Käfigeinrichtungen. Unsere Ergebnisse dagegen demonstrierten eine physiologische Beeinträchtigung direkt durch das Haltungssystem an sich.

Glucocorticoide beeinflussen zahlreiche Stoffwechselfvorgänge (von Holst 1998), was besonders bei wissenschaftlichen Untersuchungen, bei denen metabolische Prozesse eine Rolle spielen (etwa in Pharmakologie, Ernährungsphysiologie u.v.m.), stärker berücksichtigt werden sollte. Auch wenn nicht zu erwarten ist, dass Labortierhaltungssysteme auf, zumindest partielle, Außenhaltung umgestellt werden können, sollte doch überlegt werden, wie man die

fehlenden Umweltreize ersetzen kann. Diese Studie wurde zwar an Wildmeerschweinchen durchgeführt, jedoch können die Ergebnisse auch auf domestizierte Laborstämme übertragen werden. Auch wenn Huck & Price (1975) einen reduzierten Effekt von Umwelteinflüssen bei domestizierten Wanderratten (*Rattus norvegicus*) im Vergleich zu ihrer Wildform feststellten, zeigen die typischen „Labornager“ wie die Hausmaus (*Mus musculus*), die Wanderratte (*Rattus norvegicus*) oder das Meerschweinchen (*Cavia aperea* f. *porcellus*) in ihrer domestizierten Form die Verhaltensmuster ihrer Wildformen und entwickeln unter verhaltens einschränkenden Laborhaltungsbedingungen Stereotypen (Würbel et al. 1996).

5.2 Characterization of fetal growth by repeated ultrasound measurements in the wild guinea pig (*Cavia aperea*)

In einer zweiten Studie (siehe 4.3) untersuchten wir die Trächtigkeit von Wildmeerschweinchen im Vergleich zu bereits veröffentlichten Daten des Hausmeerschweinchens (Turner & Trudinger 2000). Dafür wurden weibliche Wildmeerschweinchen verpaart und die Trächtigkeit mittels Ultraschall bis zwei Wochen vor der erwarteten Geburt untersucht. Auch wenn sich beide Formen in wesentlichen Reproduktionsparametern wie Trächtigkeitlänge, Wurfgröße und individueller Geburtsmasse, erheblich unterscheiden (siehe 2.4.), beobachteten wir ein gleichartiges fetales Wachstum während des Untersuchungszeitraumes. Die Unterschiede in der individuellen Geburtsmasse des Nachwuchses (Künkele & Trillmich 1997, Kasparian et al. 2005, Fey & Trillmich 2008) könnten also erst im letzten Drittel der Trächtigkeit entstehen. Da sich jedoch die Wachstumskurven der Wild- und der domestizierten Form im Untersuchungszeitraum nicht voneinander unterscheiden, ist wahrscheinlicher, dass die längere Trächtigkeit des Hausmeerschweinchens (Künkele 2000 (a), Kapoor & Mathews 2005) ursächlich für die unterschiedlichen Geburtsmassen ist. Auch wenn in anderen Studien, ebenso wie in der dritten Studie dieser Arbeit (siehe 4.4), in größeren Würfen eine geringere individuelle Geburtsmasse festgestellt wurde (Künkele 2000 (a), Fey & Trillmich 2008, siehe 4.4.), hatte die Wurfgröße in dieser Untersuchung keinen derartigen Einfluss auf das fetale Wachstum. Da jedoch das letzte Drittel der Trächtigkeit nicht untersucht wurde, um stressinduzierte Fehlgeburten zu vermeiden, ist, ebenso wie eine mögliche Abweichung der Wachstumskurven von Haus- und Wildmeerschweinchen, ein solcher Einfluss in diesem Zeitraum nicht auszuschließen. Eine weitere Erklärung für höhere Geburtsmassen in kleineren Würfen wäre eine höhere Massen-Wachstumsrate, die sich unabhängig vom

Knochenwachstum, welches durch die in dieser Studie erhobenen Parameter gemessen wird, manifestiert. Neben den Parametern zum fetalen Wachstum haben wir die Lage der Feten in den Uterushörner erfasst, stellten jedoch im Gegensatz zu Turner & Trudinger (2000) keine unterschiedlichen Wachstumskurven zwischen den zwei am häufigsten vorkommenden Positionen (*caudal*) der Feten im Uterus fest. Da Wildmeerschweinchen kleinere Würfe als Hausmeerschweinchen haben (Rood & Weir 1970, Peaker & Taylor 1996, Kasparian et al. 2005), kamen weiter *cranial* liegende Feten zu selten vor, um einen Zusammenhang dieser Positionen zur fetalen Entwicklung analysieren zu können. Würfe mit mehr als zwei Jungtieren verteilen sich meist auf beide Uterushörner, wodurch das seltene Auftreten der anderen Positionen zu erklären ist. Demzufolge sollte bei großen Würfen mit weiter *cranial* liegenden Feten ein solcher potentieller Effekt bei Einschätzung des Trächtigkeitsstadiums berücksichtigt werden.

Neben der Charakterisierung des fetalen Wachstums und dem Vergleich zum Hausmeerschweinchen untersuchten wir auch die Aussagekraft der Ultraschallmessungen über das Trächtigkeitsstadium. Da die Wachstumsparameter untereinander in einem engen Zusammenhang stehen und eng mit dem Trächtigkeitstag verknüpft sind, reicht die Messung nur eines Parameters aus, um den genauen Trächtigkeitstag zu identifizieren.

Gewiss erhöht sich die Genauigkeit mit jeder weiteren Messung, jedoch ist gerade im Freiland oder bei Untersuchung von Wildtieren dies häufig nicht möglich. Zudem stellt eine ausgedehnte Ultraschalluntersuchung eine belastende Prozedur und ein Risiko für die bestehende Trächtigkeit dar, weswegen eine Verkürzung der Dauer und Anzahl solcher Untersuchungen grundsätzlich anzustreben ist.

5.3 Seasonally different reproductive investment in a medium sized rodent

(*Cavia aperea*)

Zusätzlich zur intrauterinen Entwicklung wurde in einer dritten Studie (siehe 4.4) die mütterliche Investition in die Reproduktion von Wildmeerschweinchen in Abhängigkeit von der Jahreszeit untersucht. Die Daten zeigen individuelle Merkmale, die über das ganze Jahr zu finden waren. Schwerere Weibchen bekamen größere Würfe, was daraufhin deutet, dass eine bessere Kondition des Individuums zu einer höheren Investition in die Reproduktion führt. Des Weiteren nahm die durchschnittliche Geburtsmasse der Jungtiere ab, je größer die Würfe wurden, was andere Ergebnisse für Meerschweinchen (Kasparian 2005, Fey & Trillmich 2008) und andere Nagetierarten (Gates 1925, Myers & Lawrence 1983) bestätigt.

Neben diesen ganzjährig auftretenden Merkmalen der Reproduktion fanden wir auch deutlich saisonal geprägte Merkmale. Als stark saisonabhängig erwies sich die Wurfgröße, die im Sommer am größten war. Dies korrespondiert mit der Schlussfolgerung von Millar (1976), der die Wurfgröße als dominierenden Faktor der Anpassung der Fortpflanzung an den Energiebedarf der reproduktiven Weibchen bei Säugetieren beschreibt. Da im Sommer weniger Energie für die Thermoregulation generiert werden muss (Lovegrove 2005), kann das Weibchen mehr Ressourcen in die Reproduktion investieren. Während des Winters erreichten sowohl Wurfgröße als auch individuelle Geburtsmassen einen Tiefpunkt. Frühling und Herbst unterschieden sich ebenfalls in den erfassten Reproduktionsparametern, mit höheren Investitionen im Herbst. Dies ist, obwohl beides intermediäre Jahreszeiten darstellen, möglicherweise dadurch zu erklären, dass im Herbst eine etwas höhere Durchschnittstemperatur (Herbst 9.7 °C; Frühling 8.5 °C) und eine geringere Schwankung von Tag- und Nachttemperatur (Herbst 6.9 °C; Frühling 9.2 °C) in der Untersuchungsregion vorkommen (<http://de.climate-data.org/location/49478/>).

Meerschweinchen bringen sehr weit entwickelte Jungtiere zur Welt (Künkele & Trillmich 1997) und haben eine verhältnismäßig lange Trächtigkeit. Dies könnte dazu führen, dass die Laktation eine geringere energetische Anforderung an das Muttertier im Vergleich zu Nesthockerarten bedeutet, was jedoch bereits beim Hausmeerschweinchen widerlegt wurde. Künkele (2000, b) hat eine Erhöhung der Energiezufuhr während der Trächtigkeit von 16 % im Vergleich zu 92 % während der Laktation gemessen. Demzufolge sind bei der Beurteilung der mütterlichen Investition in die Nachkommen auch die Kosten der Laktation mit zu betrachten. Die postnatale Investition unterlag in unserer Studie jahreszeitlichen Schwankungen. Im Winter und Frühjahr verloren die Weibchen in den ersten sieben Tagen nach der Geburt die meiste Körpermasse, obwohl die Würfe in diesen Jahreszeiten kleiner sind. Das zeigt, dass die energetischen Anforderungen an das Weibchen während der Laktation in diesen Jahreszeiten noch höher sind als diese von größeren Würfen im Sommer. Diese Effekte traten trotz der in dieser Studie ganzjährigen *ad libitum* Fütterung auf. Das zeigt, dass nicht nur die energetische Versorgung die Investitionen in die Nachkommen steuert, sondern offenbar auch die äußeren Umstände für das Weibchen und ihre Nachkommen in die Reproduktionsstrategie miteinbezogen werden.

In einem zweiten Experiment wurde untersucht, wie die jahreszeitlich stark schwankenden Wurfgrößen reguliert werden

Da Nagetiere ihre Feten bis ins zweite Drittel der Trächtigkeit resorbieren und damit die Wurfgrößen im Prinzip an die Umweltbedingungen anpassen können (Storey & Snow 1990,

Clark et al. 1993, Marchlewska-Koj 1997), könnten Resorptionsvorgänge als Regulationsmechanismus wirken. Eine weitere Möglichkeit stellen variierende Fertilitäts- und Implantationsraten dar. Dieser direkte Zusammenhang ist in unserer Studie nicht beurteilbar, da für die Analyse der Investitionen in die Reproduktion und der Regulation dieser zwei unterschiedliche Tiergruppen untersucht wurden. Neben den genannten Faktoren ist auch eine Beeinflussung der Reproduktionsleistung bereits durch veränderte Ovulationsraten denkbar. Die Ovulationsraten wurden an weiblichen Wildmeerschweinchen kurz nach der Verpaarung anhand der Messung der auf dem Eierstock nach dem Eisprung zurückbleibenden Gelbkörper erhoben und zeigten eine stark saisonal geprägte Variation mit den wenigsten Gelbkörpern im Winter und den meisten Gelbkörpern im Frühling. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Weibchen bereits vor der Befruchtung ihre Investition in ihre Nachkommen steuern und nicht nur eine Anpassung an die Umweltbedingungen während der Befruchtung, Implantation oder Trächtigkeit stattfindet. Die Gelbkörperuntersuchungen wurden in den letzten zwei Monaten der jeweiligen Saison durchgeführt, sind also für Würfe der folgenden Saison relevant. Die Ovulationsrate war im Frühjahr am höchsten und passt zu der im Sommer gemessenen höchsten durchschnittlichen Wurfgröße. Jedoch waren sowohl die Ovulationsrate als auch die Wurfgröße im Winter am geringsten, was einen Hinweis darauf liefert, dass weitere Regulationsmechanismen aktiviert werden oder durch Abweichungen beider Experimente voneinander zu erklären ist, da sie an unterschiedlichen Tiergruppen vorgenommen wurden und somit nur unter Vorbehalt in einen Zusammenhang gebracht werden können.

Unter den hier untersuchten Bedingungen weist also das Wildmeerschweinchen im Gegensatz zu vielen anderen Säugetierarten eine ganzjährige Reproduktionsaktivität auf, die durch eine stark jahreszeitlich schwankende mütterliche Investition geprägt ist.

5.4 Zusammenfassende Interpretation

Durch die eingehende Analyse zweier Haltungsformen und verschiedener Merkmale der Reproduktion beim Wildmeerschweinchen können die Verhaltensweisen und physiologischen Charakteristika des weit verbreiteten Hausmeerschweinchens besser beurteilt werden. Eine vergleichende Betrachtung zur Wildform, wie sie bei Ratte und Maus bereits in einigen Arbeiten gemacht wurde, ist für die Interpretation von Ergebnissen wissenschaftlicher Studien von erheblicher Bedeutung, besonders wenn Rückschlüsse auf freilebende Populationen getroffen werden sollen. In dieser Arbeit stellten sich die untersuchten Auswirkungen verschiedener Haltungsbedingungen auf die Physiologie und assoziierte Verhaltensweisen des Wildmeerschweinchens als erheblich dar. Solche Reaktionen auf äußere Einflüsse unterliegen

offenbar einer höheren Plastizität und somit einer stärkeren Beeinflussung durch die Domestikation, wohingegen die vergleichend untersuchten Reproduktionsmerkmale wie das fetale Wachstum im Untersuchungszeitraum keine Unterschiede zum Hausmeerschweinchen aufwiesen, obwohl sich beide Formen in der durchschnittlichen Trächtigkeitslänge unterscheiden. Die saisonal geprägte Investition in die Reproduktion des Wildmeerschweinchens konnte aufgrund fehlender Daten mit der des Hausmeerschweinchens nicht vergleichend betrachtet werden, was vermutlich vor allem an der bereits erwähnten vorwiegenden Innenhaltung der domestizierten Form liegt.

6 Zusammenfassung

„Haltung und Reproduktion des Wildmeerschweinchens (*Cavia aperea*)“

In dieser Arbeit wurde der Einfluss zweier Haltungssysteme auf physiologische Größen des Wildmeerschweinchens ebenso wie die fetale Entwicklung und saisonale Effekte auf die Reproduktion dieser Tierart untersucht.

Es konnte ein signifikanter Einfluss des Haltungssystems mit einem Körpermasseverlust und höheren Basalcortisolwerten in ausschließlicher Innenhaltung im Vergleich zu einer Außenhaltung festgestellt werden. Des Weiteren wurde durch wiederholte Ultraschalluntersuchungen während der Trächtigkeit die fetale Entwicklung beim Wildmeerschweinchen charakterisiert. Durch die vorhandenen Daten kann nun eine Bestimmung des Trächtigkeitsstadiums bei unklarem Deckzeitpunkt vorgenommen werden. Zudem zeigte der Vergleich mit bereits publizierten Daten zum Hausmeerschweinchen keine Unterschiede im fetalen Wachstum im Untersuchungszeitraum. In einer dritten Studie wurde die Reproduktion des Wildmeerschweinchens in unterschiedlichen Jahreszeiten untersucht. Das Wildmeerschweinchen war in dieser Untersuchung ganzjährig reproduktiv, jedoch war die mütterliche Investition in die Nachkommen stark von jahreszeitlichen Einflüssen geprägt.

7 Summary

“keeping and reproduction of the wild guinea pig (*Cavia aperea*)“

In this study the effect of two different housing conditions on physiological parameters as well as fetal growth and seasonally different reproductive investment in the wild guinea pig was examined.

We found a significant effect of housing condition characterized by a body mass loss and higher basal cortisol levels in animals kept indoors compared to animals kept outdoors. Furthermore, the fetal growth was characterized by repeated ultrasound measurements during pregnancy. The data may help to estimate gestational age in the wild guinea pig and showed no significant differences to previously reported data of the domesticated guinea pig. In a third experiment the seasonally different reproductive investment was examined. The wild guinea pig reproduces year-round but the reproductive investment is strongly affected by seasonally changes.

8 Literaturverzeichnis

Asher M, De Oliveira E, Sachser N. Social system and spatial organization of wild guinea pigs (*Cavia aperea*) in a natural population. *J Mammal* 2004; 85: 788-796.

Asher M, Lippmann T, Eppel J, Kraus C, Trillmich F, Sachser N. Large males dominate: ecology, social organization, and mating system of wild cavies, the ancestors of the guinea pig. *Behav Ecol Sociobiol* 2008; 62: 1509-1521.

Beattie V, O'Connell N, Kilpatrick D, Moss B. Influence of environmental enrichment on welfare-related behavioural and physiological parameters in growing pigs. *Anim Sci* 2000; 70: 443-450.

Birmelin I. Meerschweinchen. Gräfe und Unzer Verlag. München. 2007.

Branchi I, Alleva E. Communal nesting, an early social enrichment, increases the adult anxiety-like response and shapes the role of social context in modulating the emotional behavior. *Behav Brain Res* 2006; 172: 299-306.

Castle W, Wright S. Studies of inheritance in guinea pigs and rats. Carnegie Institution of Washington 1916; 241: 192 pp.

Chapillon P, Manneché C, Belzung C, Caston J. Rearing environmental enrichment in two inbred strains of mice: 1. Effects on emotional reactivity. *Behav Genet* 1999; 29: 41-46.

Clark D, Banwatt D, Chaouat G. Stress-Triggered abortion in mice prevented by alloimmunization. *Am J Reprod Immunol* 1993; 29: 141-147.

De Jonga I, Prella T, van de Burgwala J, Lambooija E, Kortea S, Blokhuisa H, Koolhaas J. Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning, and memory, and the circadian rhythm in cortisol in growing pigs. *Physiol Behav* 2000; 68: 571-578.

Draper R. The prenatal growth of the guinea pig. *The Anatomical Record* 1920; 18: 369-392.

Fey K, Trillmich F. Sibling competition in guinea pigs (*Cavia aperea* f. *porcellus*): scrambling for mother's teats is stressful. *Behav Ecol Sociobiol* 2008; 62: 321-329.

Fox J, Anderson L, Loew F, Quimby F. *Laboratory Animal Medicine* 2nd edition. Elsevier. San Diego. 2002.

Gates W. Litter size, birth weight, and early growth rate of mice (*Mus musculus*). *Anat Rec* 1925; 29: 183-193.

Gentry J, McGlone J, Blanton J, Miller M. Alternative housing systems for pigs: Influences on growth, composition, and pork quality. *J Anim Sci* 2002; 80: 1781-1790.

Guenther A, Palme R, Dersen M, Kaiser S, Trillmich F. Photoperiodic effects on reproductive development in male cavies (*Cavia aperea*). *Physiol Behav* 2014; 123: 142-147.

Hammond K, Diamond J. An experimental test for a ceiling on sustained metabolic rate in lactating mice. *Physiol Zool* 1992; 65: 952-977.

Heldmaier G. Seasonal acclimatization of energy requirements in mammals: functional significance of body weight control, hypothermia, torpor and hibernation. In: *Energy transformations in cells and organisms*. Wieser W, Gnaiger E. ed. Georg Thieme Verlag. Stuttgart. 1989: 130-139.

Hetts S, Clark J, Calpin J, Arnold C, Mateo J. Influence of housing conditions on beagle behavior. *Appl Anim Behav Sci* 1992; 34: 137-155.

Huck U, Price E. Differential effects of environmental enrichment on the open-field behavior of wild and domestic norway rats. *J Comp Physiol Psychol* 1975; 89: 892-898.

Ibsen H. Prenatal growth in guinea-pigs with special reference to environmental factors affecting weight at birth. *J Exp Zool* 1928; 51: 51-93.

Kapoor A, Mathews S. Short periods of prenatal stress affect growth, behaviour and hypothalamo-pituitary-adrenal axis activity in male guinea pig offspring. *J Physiol* 2005; 566: 967-977.

Kasparian K, Geissler E, Trillmich F. Optimal offspring size in a small mammal: an exception to the tradeoff invariant life-history rule. *Oikos* 2005; 111: 271-278.

Kempermann G, Kuhn H, Gage F. More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. *Nature* 1997; 386: 493-495.

Kijlstra A, Eissen O, Cornelissen J, Munniksma K, Eijck I, Kortbeek T. *Toxoplasma gondii* infection in animal-friendly pig production systems. *Invest Ophth Vis Sci* 2004; 45: 3165-3169.

Kruska D, Steffen K. Comparative allometric investigations on the skulls of wild cavies (*Cavia aperea*) versus domesticated guinea pigs (*C. aperea f. porcellus*) with comments on the domestication of this species. *Mammalian Biology* 2013; 78: 178–186.

Künkele J. (a) Energetics of gestation relative to lactation in a precocial rodent, the guinea pig (*Cavia porcellus*). *J Zool* 2000; 250: 533-539.

Künkele J. (b) Effects of litter size on the energetics of reproduction in a highly precocial rodent, the guinea pig. *J Mammal* 2000; 81: 691-700.

Künkele J, Trillmich F. Are precocial young cheaper? Lactation energetics in the guinea pig. *Physiol Zool* 1997; 70: 589-596.

Künzl C, Sachser N. The behavioral endocrinology of domestication: A comparison between the domestic guinea pig (*Cavia aperea f. porcellus*) and its wild ancestor, the cavy (*Cavia aperea*). *Horm Behav* 1999; 35: 28-37.

Lahrman H, Bremermann N, Kaufmann O, Dahms S. Health, growing performance and meat quality of pigs in indoor and outdoor housing - a controlled field trial. *Deut Tierarztl Woch* 2004; 111: 205-208.

Lewejohann L, Reinhard C, Schrewe A, Brandewiede J, Haemisch A, Görtz N, Schachner M, Sachser N. Environmental bias? Effects of housing conditions, laboratory environment and experimenter on behavioral tests. *Genes Brain Behav* 2006; 5: 64-72.

Lovegrove B. Seasonal thermoregulatory responses in mammals. *J Comp Physiol B* 2005; 175: 231-247.

Marchlewska-Koj A. Sociogenic stress and rodent reproduction. *Neurosci Biobehav R* 1997; 21: 699-703.

Millar J. Adaptive features of mammalian reproduction. *Evolution* 1976; 31: 370-386.

Moncek F, Duncko R, Johansson B, Jezova, D. Effect of environmental enrichment on stress related systems in rats. *J Neuroendocrinol* 2004; 16: 423-431.

Myers P, Lawrence L. Reproduction by *Peromyscus maniculatus*: size and compromise. *J Mammal* 1983; 64: 1-18.

- Paylor R. Questioning standardization in science. *Nat Methods* 2009; 6: 253-254.
- Peaker M, Taylor E. Sex ratio and litter size in the guinea pig. *J Reprod Fertil* 1996; 108: 63-67.
- Pelz I. Mehr über Meerschweinchen: Rassen - Haltung – Vererbung. Oertel & Spörer Verlag. Reutlingen. 2008.
- Raffel M, Trillmich F, Höner A. Energy allocation in reproducing and non-reproducing guinea pig (*Cavia porcellus*) females and young under ad libitum conditions. *J Zool* 1996; 239: 437-452.
- Ritchey R, Hennessy B. Cortisol and behavioral responses to separation in mother and infant guinea pigs. *Behav Neural Biol* 1987; 48: 1-12.
- Rogowitz G, McClure P. Energy export and offspring growth during lactation in cotton rats (*Sigmodon-Hispidus*). *Funct Ecol* 1995; 9: 143-150.
- Rood J. Ecological and behavioral comparisons of three genera of argentine cavies. *Animal Behaviour Monographs* 1972; 5: 1-83.
- Rood J, Weir B. Reproduction in female wild guinea pigs. *J Reprod Fertil* 1970; 23: 393-409.
- Rowland I, Weir B. Review by Stuart O. 1974; *The Biology of hystricomorph rodents*, *J Mammal* 1977; 58: 459-461.
- Sachser N, Lick C, Stanzel K. The environment, hormones, and aggressive behaviour: a 5-year-study in guinea pigs. *Psychoneuroendocrinology* 1994; 19: 697-707.
- Sachser N. Of domestic and wild guinea pigs: Studies in sociophysiology, domestication, and social evolution. *Naturwissenschaften* 1998; 85: 307-317.
- Schapiro S, Bloomsmith M, Kessel A, Shively C. Effects of enrichment and housing on cortisol response in juvenile rhesus monkeys. *Appl Anim Behav Sci* 1993; 37: 251-263.
- Siegeler K, Sachser N, Kaiser S. The social environment during pregnancy and lactation shapes the behavioral and hormonal profile of male offspring in wild cavies. *Dev Psychobiol* 2011; 53: 575-584.
- Stahnke A, Hendrichs H. Meerschweinchenverwandte Nagetiere. In: *Grzimeks Enzyklopädie Säugetiere*. Grzimek B ed. 1988. Kindler Verlag. München. 1989.

Storey A, Snow D. Postimplantation pregnancy disruptions in meadow voles - relationship to variation in male sexual and aggressive-behavior. *Physiol Behav* 1990; 47: 19-25.

The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <http://www.iucnredlist.org/details/4064/0> (zugegriffen zuletzt am 15.06.2015)

Trillmich F, Laurien-Kehnen C, Adrian A, Linke S. Age at maturity in cavies and guinea-pigs (*Cavia aperea* and *Cavia aperea* f. *porcellus*): influence of social factors. *J Zool* 2006; 268: 285-294.

Trillmich F, Mueller B, Kaiser S, Krause J. Puberty in female cavies (*Cavia aperea*) is affected by photoperiod and social conditions. *Physiol Behav* 2009; 96: 476-480.

Trillmich F. Effects of low temperature and photoperiod on reproduction in the female wild guinea pig (*Cavia aperea*). *J Mammal* 2000; 81: 586-594.

Turner A, Trudinger B. Ultrasound measurement of biparietal diameter and umbilical artery blood flow in the normal fetal guinea pig. *Comp Med* 2000; 50: 379-384.

Van der Giessen J, Fonville M, Bouwknecht M, Langelaar M, Vollema A. Seroprevalence of *Trichinella spiralis* and *Toxoplasma gondii* in pigs from different housing systems in The Netherlands. *Vet Parasitol* 2007; 148: 371-374.

Von Holst, D. The concept of stress and its relevance for animal behavior. *Advances in the Study of Behavior* 1998; 27: 1-131.

Würbel H. Ideal homes? Housing effects on rodent brain and behaviour. *Trends Neurosci* 2001; 24: 207-211.

Würbel H, Stauffacher M, von Holst D. Stereotypies in laboratory mice - Quantitative and qualitative description of the ontogeny of 'wire-gnawing' and 'jumping' in Zur:ICR and Zur:ICR nu. *Ethology* 1996; 102: 371-385.

Zhu S-W, Yee B, Nyffeler M, Winbald B, Feldon J, Mohammed A. Influence of differential housing on emotional behaviour and neurotrophin levels in mice. *Behav Brain Res* 2006; 169: 10-20.

<http://de.climate-data.org/location/49478/> (zugegriffen zuletzt am 15.06.2015)

9 Publikationsliste

Publikationen:

Jewgenow K, Weyrich A, **Schumann K** (2011): Blickpunkt Forschung: Wie der Vater so der Sohn. Verbundjournal des Forschungsverbundes Berlin e.V. 88, 22.

Weyrich A, Schüllermann T, Heeger F, Mazzoni C, Jeschek M, Chen Wei, Schumann K, Fickel J (2014): Whole genome sequencing and methylome analysis of the wild guinea pig. BMC Genomics, doi: 10.1186/1471-2164-15-1036

Schumann K, Guenther A, Jewgenow K, Trillmich F (2014): Animal housing and welfare: effects of housing conditions on body weight and cortisol in a medium sized rodent (*Cavia aperea*). Journal of Applied Animal Welfare Science, doi: 10.1080/10888705.2014.884407

Schumann K, Guenther A, Göritz F, Jewgenow K (2014): Characterization of fetal growth by repeated ultrasound measurements in the wild guinea pig (*Cavia aperea*). Theriogenology, doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.05.007

Rübensam K, Hribal R, Jewgenow K, Guenther A (2014): Seasonally different reproductive investment in a medium sized rodent (*Cavia aperea*). Theriogenology, doi: 10.1016/j.theriogenology.2015.04.023

Weyrich A, Lenz D, Jeschek M, Chung T, Heeger F, **Rübensam K**, Göritz F, Jewgenow K, Fickel J (2015). Paternal epigenetic adaptation to heat exposure in male wild guinea pigs. Science Advances (under review)

Hribal R, **Rübensam K**, Sandra Bernhardt, Jewgenow K, Günther A (2015). Mating in the wild guinea pig (*Cavia aperea*) and effects of seasonal and social conditions in captivity. Theriogenology (under review)

Präsentationen:

Schumann K, Ortmann S, Göritz F, Jewgenow K (2011): Experimental design to evaluate paternal epigenetic effects of environmental factors in the wild guinea pig. 2nd PhD Student Symposium “Biostatistical analysis- the magic tool in wildlife biology and conservation medicine?”, 12.-13.09.2011, Postervortrag

Hribal R, **Schumann K**, Jewgenow K. Mating behaviour in wild guinea pigs (*Cavia aperea*) in captivity. 2nd Joint Polish-German Conference on Reproduction Medicine, 46th Annual Conference Physiol Pathol of Reproduction, 27.02-01.03.2013, Gdansk, Polen, doi: 10.1016/j.repbio.2013.01.079.

Eder S, Müller K, Jewgenow K, Hribal R, **Schumann K** (2013): Cryopreservation of guinea pig spermatozoa – challenges and first success. 2nd Joint German-Polish Conference on Reproductive Medicine, 46th Annual Conference of Physiology and Pathology of Reproduction, 38th Joint Conference on Veterinary and Human Reproductive Medicine, 29.02. – 02.03.2013, Berlin. *Reprod Dom Anim* 48 (Suppl. 1). Postervortrag

Hribal R, **Schumann K**, Bernhard S, Weyrich A, Jewgenow K (2013): Influence of the season on the mating behaviour in wild guinea pigs (*Cavia aperea*) in captivity. 9th International Conference on Behaviour, Physiology and Genetics of Wildlife 2013; 18th to 21st September 2013, Berlin, Germany. Postervortrag

Schumann K, Guenther A, Hribal R, Weyrich A, Jewgenow K (2013): Seasonal effects on litter size and birth weight in the wild guinea pig (*Cavia aperea*). 9th International Conference on Behaviour, Physiology and Genetics of Wildlife 2013; 18th to 21st September 2013, Berlin, Germany. Postervortrag

Weyrich A, Hille K, Heeger F, Hunter C, **Schumann K**, Ortmann S, Göritz F, Jewgenow K, Fickel J (2013): Epigenetic effects in the wild guinea pig. 9th International Conference on Behaviour, Physiology and Genetics of Wildlife 2013; 18th to 21st September 2013, Berlin, Germany. Postervortrag

Hille K., **Schumann K**, Weyrich A, Jewgenow K, Ortmann S (2013): Seasonal response to low protein in wild cavies (*Cavia aperea*). 9th International Conference on Behaviour, Physiology and Genetics of Wildlife 2013; 18th to 21st September 2013, Berlin, Germany. Postervortrag

Schumann K, Guenther A, Göritz F, Jewgenow K (2014): Characterization of fetal growth by repeated ultrasound measurements in the wild guinea pig (*Cavia aperea*). 3rd Joint German-Polish Conference on Reproductive Medicine, 47th Annual Conference of Physiology and Pathology of Reproduction, 39th Joint Conference on Veterinary and Human Reproductive Medicine, 26.02. – 28.02.2014, Gießen. *Reprod Dom Anim* 49. Postervortrag

10 Danksagung

Hiermit danke ich im Besonderen Prof. Katarina Jewgenow für ihre einzigartige Unterstützung und einem stets offenen Ohr in allen Angelegenheiten, Dr. Frank Göritz für die vielen Ratschläge und Hilfestellungen und den Kollegen der Universität Bielefeld, besonders Dr. Anja Günther, für die großartige Zusammenarbeit. Des Weiteren danke ich von ganzem Herzen allen Kollegen der Feldforschungsstation Niederfinow, vor allem Irina Kasprzak für ihre stetige Bereitschaft und Unterstützung und ihre herzliche Art, die einem auch in den schwierigsten Situationen zum Lächeln bringt! Vielen Dank auch die Kollegen der Abteilung Reproduktionsbiologie und –management für die tolle Zeit.

Zudem danke ich meinen Freunden und Familie, insbesondere meinem Mann!

11 Selbständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

„Haltung und Reproduktion des Wildmeerschweinchens (*Cavia aperea*)“ selbstständig angefertigt habe.

Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Berlin, der 15.06.2015

Kathrin Rübensam