

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der
Veterinärmedizin

der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Institut/Klinik für Schweine

(Leiterin: Univ.Prof. Dr. Andrea Ladinig)

**Aktuelle wissenschaftliche Schwerpunkte in bedeutenden Zoos des
deutschsprachigen Raumes**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Christiane Lutonsky

Wien, im Februar 2021

Betreuer: Univ.Prof. Dr.med.vet. Wolfgang Sipos, Dipl.ECPHM

Universitätsklinik für Schweine

Veterinärmedizinische Universität Wien

An dieser Stelle möchte ich meinem Betreuer Univ.Prof. Dr. Wolfgang Sipos herzlich für die Unterstützung, konstruktive Kritik sowie für die hilfreichen Anregungen danken. Die Zusammenarbeit war mir eine große Freude.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Geschichte der Zoologischen Gärten	1
1.2 Aktuelle Daten	8
1.3 Aufgaben der Zoos	10
2. Material und Methode	12
3. Ergebnisse	13
3.1 Tierernährung	16
3.2 Phylogenetik	19
3.3 Krankheiten der Zootiere	20
3.3.1 Krankheiten infektiöser Genese	20
3.3.2 Krankheiten nicht-infektiöser Genese	26
3.3 Reproduktionsmedizin	27
3.4 Ethologie	28
4. Diskussion	33
5. Zusammenfassung	40
6. Summary	41
7. Literaturverzeichnis	42
7.1 Arbeiten aus Schönbrunn	43
7.2 Arbeiten aus Zürich	46
7.3 Arbeiten aus Berlin	50
7.4 Kooperationen	53
7.5 Internetzugriffe	54
8. Abbildungsverzeichnis	57

1. Einleitung

1.1 Geschichte der Zoologischen Gärten

Um zu einem besseren Verständnis der Entwicklung der wissenschaftlichen Forschung in zoologischen Gärten beizutragen, wird die Geschichte des Tiergarten Schönbrunn, des Zoo Zürich, sowie der Zoologischen Gärten in Berlin erläutert. Diese Zoos wurden anhand ihrer Lokalisation in den Hauptstädten der jeweiligen Länder und ihrer herausragenden Bedeutung innerhalb Europas ausgewählt. Darüber hinaus stellt der Tiergarten Schönbrunn den ältesten Zoo der Welt dar (Homepage: Schönbrunner Tiergarten-Gesellschaft m.b.H.).

Die Haltung von Wildtieren hat eine jahrtausendalte Geschichte. Im asiatischen Raum diente diese den unterschiedlichsten Aufgaben, darunter fallen die Jagd und die Verwendung von Tieren für religiöse Zwecke. Seit der Mitte des 15. Jahrhunderts kam das Bestreben nach der Haltung von exotischen Wildtieren auch in Europa an. Die Zugänglichkeit zu fremdländischen Tierarten durch europäische Seefahrermächte führte dazu, dass deren Haltung zu einem Statussymbol für vermögende Familien wurde (Dittrich 2007).

Der Tiergarten Schönbrunn hat, als ältester Zoo der Welt, einen bemerkenswerten Beitrag zu der Entwicklung moderner Tiergärten beigetragen. Dessen Ursprung lässt sich 1569 in der Übernahme des Gutes durch Kaiser Maximilian II finden. Zu dieser Zeit wurde das Gebiet als kaiserliches Jagdgelände genutzt. Hier wurden jedoch nicht nur einheimische Wildtiere gejagt, sondern auch exotische Vögel, wie Truthühner und Pfaue, gehalten. Bereits 73 Jahre nach dem Erwerb durch Kaiser Maximilian II wurde der heutige Name des Tiergarten Schönbrunn erstmals urkundlich erwähnt.

Seit Beginn des 18. Jahrhunderts wurden die Gebäude, welche ehemals zur Unterbringung der höfischen Jagdgesellschaft dienten, vermehrt als Sommerresidenz genutzt (Lehmann 2012). Die Menagerie in Schönbrunn wurde 1752 von Franz Stephan von Lothringen, dem Ehemann Kaiserin Maria Theresias, gegründet (Dittrich 2007). Diese diente zunächst zur bloßen Unterhaltung der kaiserlichen Familie und wurde erst 20 Jahre später allmählich für die Bevölkerung zugänglich. Zu dieser Zeit galt die Haltung von exotischen Tierarten als Sinnbild von Wohlhaben in der höfischen Kultur. Nach dem Tod Maria Theresias setzte Kaiser Joseph II. das Streben nach dem Erwerb exotischer Tiere fort. Auf der Auftragsliste bei Expeditionen nach Südafrika wünschte er stets ein Zebra, welches er 1786 schlussendlich als Geschenk des Prinzen von Oranien erhielt. Dieses wurde später durch zwei weitere Zebras, nach der Heimkehr eines Südafrika-Fahrers im Jahre 1788, ergänzt. Kaiser Joseph II. brachte ebenso

erstmals Raubtiere nach Schönbrunn, welche aus der alten Menagerie beim Schloss Neugebäude stammten (Lehmann 2012).

Während andere europäische zoologische Gärten, beispielsweise die Menagerie von Paris, für alle Bürger geöffnet wurden, war der Besuch in Schönbrunn an strikte Regeln geknüpft. Hier gab es nach wie vor genaue Vorstellungen, wie adäquate BesucherInnen ausschauen sollten. Dies wurde in Form einer Kleiderordnung und Voranmeldungen festgelegt.

Bereits Ende des 18. Jahrhunderts diente die Haltung von exotischen Tieren jedoch nicht mehr ausschließlich der Unterhaltung. Durch präzise Ansprüche an das Personal wurde sichergestellt, dass die Besucher hinsichtlich der verschiedenen Arten informiert und weitergebildet wurden (Dittrich 2007).

Für die Ausweitung des Angebots an exotischen Tieren der kaiserlichen Familie waren Geschenke ausländischer Herrscher weiterhin von großer Bedeutung. Die erste lebendige Giraffe kam 1828, als Geschenk des ägyptischen Vizekönigs Mehmed Ali, nach Schönbrunn. Mit der Beherbergung von Alpensteinböcken, sowie eines Wisents waren bereits zum Ende des 19. Jahrhunderts vom Aussterben bedrohte Tierarten Bewohner des kaiserlichen Zoos.

Mit der Inbesitznahme Afrikas durch europäische Kolonialmächte wurden exotische Tiere zugänglicher für die kaiserliche Menagerie. In nur 35 Jahren stieg die Anzahl der Tiere von etwa 800 auf 3400 Individuen. Zeitgleich wurde in Schönbrunn mit der Eigenzucht begonnen. Dementsprechend wurde bei der Beschaffung von neuen Tieren von nun an darauf geachtet, möglichst beide Geschlechter der jeweiligen Tierarten zu erlangen. Erfolgreiche Nachzuchten gab es bereits Mitte des 19. Jahrhunderts bei Rindern, Kamelen, Schafen, Ziegen, Hirschen, Pferden, Agutis, Tauben, Hühnern und Schwimmvogelarten. Darauf folgten 1850 Nachwüchse von Giraffen, Affen, Straußenvögeln und Wölfen, sowie 1880 von Löwen. Einen Meilenstein setzte Schönbrunn 1906 mit der ersten erfolgreichen Geburt eines afrikanischen Elefanten in Gefangenschaft.

Die darauffolgenden Jahre des Ersten Weltkrieges brachten kaum positive Errungenschaften für die Menagerie Schönbrunn. Sowohl Personalprobleme durch die Einziehung von Tierpflegern, als auch die mangelnde Nahrungsmittelversorgung brachten große Probleme bezüglich der Versorgung der beherbergten Tiere. Letztendlich wurde das Überleben wertvoller exotischer Arten dadurch gesichert, weniger wertvolle Tiere zu schlachten und diese zu verfüttern.

Mit dem Ende des Ersten Weltkrieges wurde die Menagerie als kaiserlicher Besitz enteignet. Diskussionen über eine mögliche Umgestaltung zu einer Geflügelzuchtanstalt oder einem Museum blieben unwirksam. Die Menagerie Schönbrunn wurde im Sommer 1921 erstmals als staatliches Institut weitergeführt. Mit Hilfe von privaten Spenden und der Gründung des „Hilfswerk für den Wiederaufbau der Menagerie Schönbrunn“ konnte die auf den Weltkrieg folgende Krise bewältigt werden.

Zu dem heutigen Namen kam der Tiergarten Schönbrunn im Jahre 1926 unter der Direktion des österreichischen Biologen Otto Antonius. Dieser machte sich zur Aufgabe die Rolle des Zoos von einer Unterhaltungsmöglichkeit für die Bevölkerung zu einer wissenschaftlichen Einrichtung mit tierschutzgerechter Haltung zu wandeln. Im Rahmen dessen entwickelte er, in Zusammenarbeit mit Zoodirektoren anderer zoologischer Gärten und Tierpsychologen, die bis heute geltenden Grundsätze der Tiergartenbiologie.

Während des zweiten Weltkrieges konnte Otto Antonius, als Anhänger der Nationalsozialisten, seine Arbeit unbegrenzt fortsetzen. Er wurde hoch angesehen und genoss großzügige Unterstützung beim Ausbau des Tiergartens. Mit dem Ende des Krieges kam jedoch der Beginn einer erneuten Krise von Schönbrunn. Durch Bombenangriffe kamen zahlreiche Tiere ums Leben und große Areale des Tiergartens wurden zerstört. Der Tierbestand sank rapide ab, während im Jänner 1945 noch 1300 Tiere beherbergt wurden, waren im Februar nur noch 300 Tiere Eigentum des Tiergarten Schönbrunn. Otto Antonius beging am 9. April 1945 gemeinsam mit seiner Frau Selbstmord. Diesen rechtfertigte er in einem Abschiedsbrief damit, dass er sich in seiner Wertvorstellung geirrt habe.

Das Bestehen des überlebenden Tierbestandes konnte dank der Mithilfe der sowjetischen Armee ermöglicht werden. Durch die Bereitstellung von Kamelen konnten die verbliebenen Raubtiere gefüttert werden.

Im Laufe der Nachkriegsjahre wurde der Tiergarten Schönbrunn wiederaufgebaut und erneuert. Dies sollte nicht nur der Belustigung der Zoobesucher, sondern gleichermaßen der Darstellung und dem Nahebringen der Natur für die städtische Bevölkerung dienen. Mit dem Ansturm von Besuchern kam der Wunsch nach einer tiergerechten Haltung. Der Tiergarten Schönbrunn kam erstmals in den 1970er Jahren in die Kritik der Medien. Grund hierfür war die Verwahrlosung des Zoos und der Tiere. Fritz Böck, welcher 1988 die Leitung übernommen hatte, erläuterte einen Konflikt zwischen der Bewahrung der unter Denkmalschutz stehenden

Anlagen und der Erfüllung des größer werdenden Anspruches auf Tierwohl. Zu diesem Zeitpunkt war der Tiergarten Schönbrunn dem Wirtschaftsministerium untergeordnet, wodurch mögliche Änderungen durch die bürokratische Verwaltung zusätzlich erschwert wurden.

1991 wurde der Tiergarten Schönbrunn zu einem Wirtschaftsunternehmen im Eigentum des Bundes erklärt, dessen Führung der Tierarzt Helmut Pechlaner übernahm. Mit der neuen Zuständigkeit kamen Modernisierungsarbeiten hinsichtlich Tierwohl und wissenschaftlicher Forschung. Zusätzlich zu den Umbauten begann Dr. Pechlaner mit der Zucht von gefährdeten heimischen Nutztierarten. Die Renovierung des Tiergarten Schönbrunn lockte zunehmend BesucherInnen an, in nur zehn Jahren stieg die Besucherzahl von 0,72 auf 1,7 Millionen (Lehmann 2012).

Der Zoo Berlin ist aktuell der artenreichste Zoo der Welt (Zoologischer Garten Berlin AG 2020). Dessen Geschichte nimmt ihren Ursprung in einem ehemaligen Hofjagdgebiet, welches König Friedrich II. 1742 in eine Fasanerie umwandelte. Sein Sohn, Friedrich Wilhelm III., sorgte mit einer Umgestaltung dazu, dass bereits 1820 die ersten exotischen Tiere gehalten werden konnten. Bereits 10 Jahre später wurden in der ehemaligen Fasanerie, neben einheimischen Vögeln, auch Kängurus, Affenarten, Bären und ein Löwe gehalten. Bereits damals war die Menagerie zu bestimmten Zeiten für BürgerInnen geöffnet, dennoch diente sie in erster Linie zum Vergnügen des Königs.

Der Mediziner Martin Hinrich Carl Lichtenstein strebte, unterstützt von einem befreundeten Naturforscher, Alexander von Humboldt, nach der Errichtung eines Zoologischen Gartens in Berlin. Seine Faszination für die „Zoological Society of London“ und den 1828 gegründeten Londoner Zoo wurde während einer Studienreise nach Großbritannien, welche König Friedrich Wilhelm III. finanzierte, gefestigt. Nach Wilhelms III. Tod erbte sein Sohn, Wilhelm IV. den Zoo, welcher jedoch weniger Interesse an exotischen Tieren hatte, als sein Vater. Lichtenstein, welcher bereits als königlicher Berater den Tierbestand beaufsichtigte, nahm dies zum Anlass die Verwirklichung des Zoologischen Gartens in Berlin anzustreben. Gemeinsam mit Humboldt und dem Landschaftsarchitekten Peter Joseph Lenné, überzeugte er den König, die Errichtung eines Zoologischen Gartens auf dem Gelände der Fasanerie zu bewilligen (Maier-Wolthausen 2019).

Der Zoologische Garten Berlin ist mit seiner Gründung 1844 der älteste deutsche Zoo (Dietrich 2007). Dieser war mit 22 Hektar die größte Anlage weltweit, jedoch wurden weniger als 100 Tiere gehalten. Unter den Zootieren befanden sich in erster Linie einheimische Tiere, sowie

vereinzelt exotische Tiere, wie ein Leopard, Kamele und Kängurus. Die Begeisterung der Bevölkerung blieb jedoch wider Erwarten Lichtensteins aus. Die geringe Auswahl an verschiedenen exotischen Tierarten, die nicht fertiggestellten Bauarbeiten und der Eintrittspreis führten dazu, dass nur wenige BesucherInnen den Zoo als Freizeitgestaltung nutzten.

Im Februar 1845 verkaufte der König den Zoo an den „Aktien-Verein des zoologischen Garten Berlin“. Dieser wurde von gehobenen BürgerInnen Berlins gegründet, mit dem Bestreben den Zoo hinsichtlich wissenschaftlicher Forschung und Bildung weiterzuentwickeln. Diese Bemühungen blieben jedoch, auf Grund der Lebenssituation der Bevölkerung, ohne Erfolg. Durch die fehlenden Einnahmen mussten die Mitglieder des Aktienvereins die Hilfe des Königs in Anspruch nehmen. Dieser unterstützte den Zoo in den nächsten zehn Jahren laufend mit Darlehen, um den Zoo zu erhalten. Trotz der Bemühungen des Königs und der Eigentümer des Berliner Zoos konnten die notwendigen Einnahmen bis 1869 nicht erwirtschaftet werden. Ein Grund hierfür waren die neuen deutschen Tiergärten in Frankfurt am Main, Köln, Dresden und Hannover, welche von den BesucherInnen als attraktiver wahrgenommen wurden. Auf Grund der ständig mangelhaften Besucherzahlen beschloss der Aktienverein eine Änderung der Statuten. 1869 wurde beschlossen, dass der Leiter des Berliner Zoos ein wissenschaftlicher Direktor sein sollte, welcher nicht mehr nur nebenberuflich arbeiten sollte. Heinrich Bodinus, welcher bereits den Kölner Zoo aufgebaut hatte, wurde als hauptberuflicher Zoodirektor eingestellt. Er schaffte es, das notwendige Kapital durch den Verkauf von Aktien zu erlangen. Mit großer Unterstützung wohlhabender Berliner BürgerInnen konnte der Zoo ausgebaut werden, wodurch die Attraktivität für BesucherInnen immer größer wurde. Mit einer radikalen Umgestaltung des Geländes wurde aus einem wilden Naturpark mit einzelnen Tiergehegen ein ansehnlicher Tiergarten mit gepflegten Rasenflächen, Teichen und Blumenbeeten. Diese Änderungen trugen wesentlich zum Erfolg des Berliner Zoos bei. Die BerlinerInnen sahen den Zoo von nun an als Aushängeschild ihrer Stadt. Zwischen 1870 und 1873 wurden maßgebliche Erneuerungen Teil des Zoos, welche eine Verdreifachung der Einnahmen bewirkten. Der Ausbau der Tiergehege für exotische Tiere, unter anderem ein Bärenzwinger, ein Antilopenhaus und eine Elefantenpagode, lockten immer mehr BesucherInnen in den Zoo.

Heinrich Bodinus hinterließ, nach seinem Tod 1884, einen gesellschaftlich bedeutend gewordenen Zoo an seinen Nachfolger Maximilian Schmidt. Dieser führte die Arbeit von Bodinus fort, bis er nur drei Jahre später verstarb. Auf ihn folgte Ludwig Heck, welcher durch

die Empfehlung eines angesehenen Professors für Parasitologie, Rudolf Leuckert, das Amt als Zoodirektor zugewiesen bekam. Sein Ziel war es, den Zoo mit so vielen verschiedenen Tieren wie möglich auszustatten, um mit den führenden europäischen Tiergärten gleich zu ziehen. In nur 11 Jahren gelang es Heck aus dem einst unbeliebten Berliner Zoo den artenreichsten Tiergarten der Welt zu schaffen. Ungeachtet dessen wurde Hecks Arbeit im Berliner Zoo durch die übergeordnete Instanz, den Kaiser, bereits zu Beginn seiner Arbeit erschwert. Kurz nach seinem Amtsantritt kam er in die Missgunst des Kaisers. Einer der tierischen Zoobewohner, der Elefant „Rostom“, war seit längerer Zeit ein Problem in den Augen seines Vorgängers. Dieser zeigte seit Jahren ein aggressives Verhalten gegenüber den Tierpflegern, weswegen Heck die Tötung des Elefanten vorsah. „Rostom“ kam jedoch 1881 als Geschenk des Prinzen von Wales nach Berlin. Das aggressive Verhalten konnte auf die mangelhaften Haltungsbedingungen der damaligen Zoos zurückgeführt werden, welches in der Ausbildung von Stereotypen resultierte. Doch die notwendigen Änderungen waren zu dem damaligen Wissensstand der Forschung noch nicht verwirklicht und somit ein ständiges Problem. Um die Vielfalt der tierischen Bewohner des Zoos weiter auszubauen, bat Ludwig Heck 1910 um eine Erhöhung des Aktienkapitals beim preußischen König. Mit dessen Einwilligung konnte nun eine neue Attraktion, unter der Planung von Oskar Heinroth, errichtet werden. Mit dem errichteten Terrarium wurden erstmals in Europa Insekten und Spinnentiere großflächig ausgestellt. Eine weitere Errungenschaft von Oskar Heinroth war das Krokodilgehege, welches das erste begehbare überdachte Gehege darstellte. Die BesucherInnen konnten die Krokodile bereits beim Begehen der Treppen durch die gläsernen Wände des Geheges betrachten und diese erstmals beim Schwimmen direkt beobachten. Diese zu damaligen Zeiten einzigartige Erneuerung gilt als eine der wichtigsten Errungenschaften des Zoologischen Gartens.

Mit dem Beginn des ersten Weltkrieges endete jedoch der Erfolg des Berliner Tiergartens. Die folgenden Kriegsjahre führten dazu, dass die Arbeiter in den Kriegsdienst eingezogen wurden und die Besucherzahl rapide abnahm (Maier-Wolthausen 2019). Der finanzielle Engpass sorgte dafür, dass der Berliner Zoo zwischen Oktober 1922 und März 1923 geschlossen wurde. Nach der Wiedereröffnung des Berliner Zoos wurde Dr. Lutz Heck, der Sohn von Ludwig Heck, der stellvertretende Direktor. Zusammen mit seinem Bruder, welcher den Hellabrunn Zoo in München leitete, schuf er Ende der 20er Jahre ein Zuchtprogramm zur Wiedereinführung von gefährdeten heimischen Tierarten.

Die Ernennung von Adolf Hitler zum Reichskanzler hatte zunächst keine negativen Einflüsse

auf die Entwicklung des Zoos. Lutz Heck, welcher das Gedankengut der Nationalsozialisten befürwortete, machte sich zur Aufgabe, alle jüdischen Investoren aus dem Zoo zu entfernen. 1938 verloren diese die Kontrolle über ihre Anteile, 1939 wurde jüdischen Personen der Zutritt zum Zoo untersagt.

Die darauffolgenden Jahre brachten erhebliche Verluste für den Berliner Zoo. Von den 1939 über 4000 Tieren, blieben nach dem Krieg nur 91 Tiere über. Am 22. April 1945 wurde der Zoo, nachdem er den ganzen Krieg hindurch geöffnet blieb, geschlossen. Bereits drei Monate später wurde der Berliner Zoo im Zuge einer Gala für russische Ehrengäste wiedereröffnet. Dr. Katharina Heinroth wurde, als erste weibliche Zoodirektorin Deutschlands, mit der Aufgabe betraut, den zerstörten Zoo wiederaufzubauen. Bereits im Juli 1945 waren 194 Tiere Eigentum des Berliner Zoos, wobei diese größtenteils durch die Abgabe von domestizierten Vögeln aus der Bevölkerung in den Zoo kamen.

1955 wurde, nach der Teilung Deutschlands, der Tierpark Friedrichsfelde gegründet. Mit 160 Hektar war dieser der größte zoologische Garten der Welt (Pregner 2018). Nach der Wiedervereinigung Deutschlands wurde eine enge Kooperation zwischen dem Zoo Berlin und dem Tierpark Friedrichsfelde beschlossen. Hierdurch sollen bis heute die Besonderheiten der beiden zoologischen Gärten hervorgehoben werden (Homepage: Tierpark Berlin-Friedrichsfelde GmbH).

Das Vorhaben, in Zürich einen zoologischen Garten zu erschaffen, geht auf die „Genossenschaft Zoologischer Garten Zürich“ zurück, welche 1924 gegründet wurde. Bereits fünf Jahre später wurde der Zoologische Garten Zürich auf dem Zürichberg eröffnet. Zu dieser Zeit wurden, mit Ausnahme des Raubtierhauses, nur provisorische Gehege errichtet, welche den Ansprüchen der Tiere nicht gerecht wurden. Diese Provisorien wurden nicht spezifisch für die gehaltenen Tierarten erbaut und je nach Anzahl der gehaltenen Tiere verwendet. In den 1930er Jahren wurde der Zoo ausgebaut, wodurch die Haltung von Elefanten, Affen und einheimischer Reptilien ermöglicht wurde. Diese Erneuerungen fanden das Ende mit dem Beginn des Zweiten Weltkrieges, welcher den Zoo in einen finanziellen Engpass brachte. Dieser war zwar durch den Krieg kaum zerstört worden, jedoch zeigten die provisorischen Bauten starke Auswirkungen auf die Gesundheit der Tiere (May 2020).

1954 kam mit dem Zoologen Prof. Dr. Heini Hediger ein neuer Zoodirektor, welcher, im Gegensatz zu seinem Vorgänger, mit der Geschäftsführung betraut wurde. Durch diesen erweiterten Kompetenzbereich konnte er bauliche Maßnahmen veranlassen, welche eine artgerechte Tierhaltung ermöglichen sollten. Die erneuerten Bauten wurden, anders als die

geografische Zonierung in anderen Tiergärten, unter Berücksichtigung der individuellen Ansprüche unterschiedlicher Tierarten errichtet. Den Tieren wurden erstmals Rückzugsmöglichkeiten geboten, wodurch deren Wohlbefinden gesteigert werden sollte. Im Zuge dessen wurden ebenso Seuchenvorkehrungen getroffen, wodurch Paarhufer und Unpaarhufer separat gehalten wurden.

Als Zoologe war es Hedigers Ziel die BesucherInnen auf die verschiedenen Tierarten aufmerksam zu machen. Hierzu wurden Tafeln angebracht, von welchen Informationen zu den verschiedenen gehaltenen Exemplaren entnommen werden konnten. Durch Hinweise auf das Verhalten der unterschiedlichen Tierarten versuchte Hediger den BesucherInnen ein Verständnis für die Lebensweisen der exotischen Zoobewohner zu vermitteln (May 2020).

1.2 Aktuelle Daten

Die aktuellen Daten wurden den Jahresberichten 2018 der jeweiligen zoologischen Gärten entnommen (Homepages: Zoologischer Garten Berlin AG 2019, Schönbrunner Tiergarten-Gesellschaft m.b.H. 2019, Tierpark Berlin-Friedrichsfelde GMBH 2019, Zoo Zürich AG 2019). Die vergleichende Betrachtung der zoologischen Gärten hinsichtlich Besucherzahl, Artenvielfalt und Anzahl der gehaltenen Individuen ergibt, dass der Zoo Berlin in allen genannten Kategorien eine führende Stellung einnimmt. Mit 3,6 Millionen BesucherInnen im Jahr 2018 liegt dieser 1,3 Millionen vor dem zweitplatzierten Zoo, dem Tiergarten Schönbrunn. Der Tierpark Berlin wurde im Jahre 2018 von 1,5 Millionen Personen besucht, gefolgt vom Zoo Zürich, welcher 1,3 Millionen BesucherInnen zählte.

Ebenso im Bereich der Artenvielfalt lässt sich eine klare Führung des zoologischen Gartens von Berlin feststellen. In diesem wurden 2018 insgesamt 1256 verschiedene Tierarten gehalten, während in Schönbrunn 710, im Tierpark Berlin 656 und im Zoo Zürich 375 unterschiedliche Tierarten dokumentiert wurden. Abbildung 1 stellt die Verteilung der Tierarten auf die verschiedenen Klassen dar.

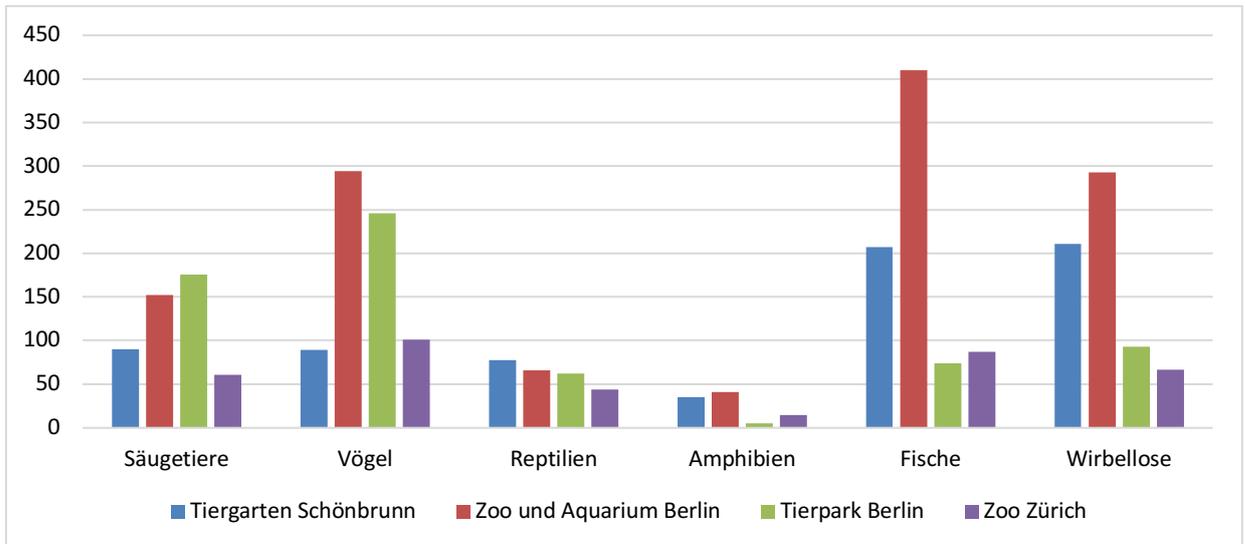


Abbildung 1: Anzahl der Tierarten auf die verschiedenen Tierklassen in den untersuchten Zoos. Quelle: Eigene Abbildung

Hinsichtlich der Individuenanzahl wurden 2018 im Zoo und Aquarium Berlin 20.359 Individuen gehalten, wobei sich diese hohe Anzahl in erster Linie durch 12.265 Tiere aus der Gruppe der Wirbellosen ergibt. Im Tiergarten Schönbrunn wurden 8.062 Individuen 710 verschiedener Tierarten gehalten. Anders als in Berlin sind die meisten Individuen den Fischen zugehörig, mit 2.766. Gleichermäßen ergeben sich die 7.979 Individuen, welche im Tierpark Berlin-Friedrichsfelde gehalten wurden, hier stellen 4.596 Fische. Der Zoo Zürich hält mit 4.817 Individuen die wenigsten Tiere, wobei ebenso hier die meisten davon auf Fische fallen. Die Verteilung der Individuen auf die verschiedenen Klassen kann Abbildung 2 entnommen werden.

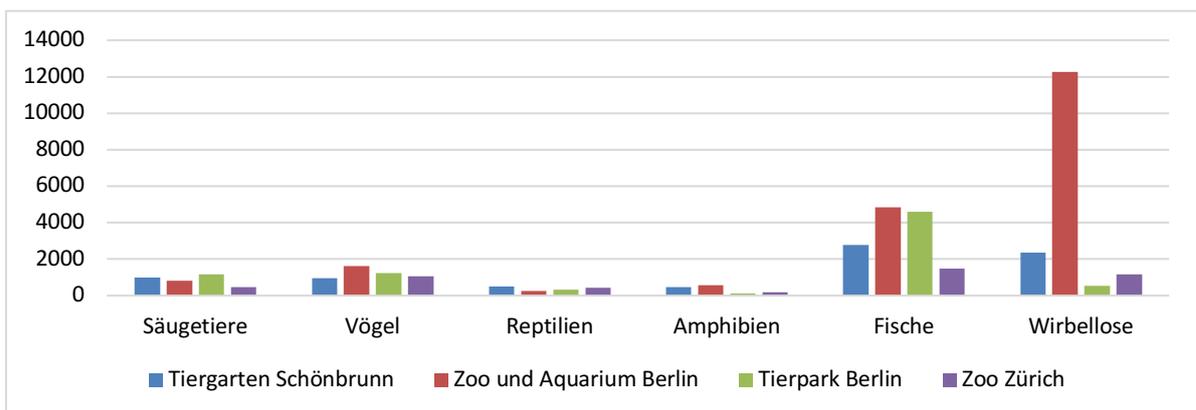


Abbildung 2: Individuenanzahl der Tierklassen im Bezug auf die Tiergärten. Quelle: Eigene Darstellung

Der Tierpark Berlin stellt mit 160 Hektar den größten der betrachteten Zoos dar (Homepage: Tierpark Berlin-Friedrichsfelde GmbH 2020). Zusammen mit dem Zoologischen Garten und dem Aquarium Berlin stellt der Tierpark europaweit den größten Zoobetrieb dar (Homepage: Statista GmbH 2015), wobei sich der Zoo Berlin auf 33 Hektar erstreckt (Homepage: Zoologischer Garten Berlin AG 2020). Mit einer Fläche von 27 Hektar ist der Zoo Zürich um 10 Hektar größer als der kleinste betrachtete Zoo, dem Tiergarten Schönbrunn mit 17 Hektar (Homepages von: Zoo Zürich AG 2005, Schönbrunner Tiergarten-Gesellschaft m.b.H. 2020).

1.3 Aufgaben der Zoos

Die gesetzliche Grundlage für die Haltung von Tieren in Zoos wird in allen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union durch die Richtlinie 1999/22/EG vorgegeben. Diese gilt für alle Einrichtungen, welche lebende Wildtiere für länger als sieben Tage halten, ausgenommen Zirkusse, Tierhandlungen und Einrichtungen, die keine signifikante Anzahl von Tieren beherbergen.

Mit dieser Richtlinie wird klar definiert, dass das Ziel von Zoos darin bestehen muss, die biologische Vielfalt zu erhalten. Die „Erhaltungsmaßnahmen“ sind im Artikel 3 definiert und dienen in ihrer Gesamtheit der Ausführung dieses übergeordneten Ziels:

Die Beteiligung an Forschungsprojekten ist verpflichtend. Diese sollen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt, der Weiterbildung zum besseren Verständnis einer artgerechten Haltung der Wildtiere, sowie der Aufzucht in Gefangenschaft und gegebenenfalls Wiedereinbürgerung in den natürlichen Lebensraum dienen.

Die Aufklärung der Öffentlichkeit über die gehaltenen Tiere, sowie deren Lebensräume, spiegelt ebenso die Zielsetzung der Richtlinie 1999/22/EG wider. Dies dient der Sensibilisierung der Besucher für die Notwendigkeit der Erhaltung der Artenvielfalt.

Die Haltung von Zootieren muss deren natürlichen Bedürfnissen entsprechen, weswegen eine artgerechte Unterbringung und Ernährung vorgeschrieben sind. Schutzmaßnahmen vor dem Entweichen von Zootieren, sowie vor dem Eindringen von Schädlingen sind zu treffen. Die gehaltenen Tiere müssen in einem Register verzeichnet werden, welches stets auf den neusten Stand gebracht werden muss.

Jene Richtlinie der Europäischen Union wird in Österreich in der Zoo-Verordnung 2004 des Tierschutzgesetzes 2004 (TSchG 2004) und in Deutschland in Paragraph 42 des Bundesnaturschutzgesetzes 1976 (BNatSchG 1976) umgesetzt (Zoo-Verordnung). Im Gegensatz dazu schreibt die Gesetzgebung der Schweiz keine expliziten Vorgaben oder

Zielsetzungen an die Haltung von Wildtieren in Zoos vor. Hier sind in erster Linie die Vorschriften der Tierschutzgesetzgebung zu beachten, daher gelten die allgemeinen Grundlagen für den Umgang mit Tieren und deren Haltung, sowie die Mindestanforderungen für das Halten von Wildtieren (Tierschutzverordnung – TSchV 2008).

Ungeachtet dessen sind die betrachteten zoologischen Gärten Mitglieder der European Association of Zoos and Aquaria (EAZA), welche ähnliche Forschungsziele vorgibt. Mit Mitgliedern aus 34 Ländern und über 125 Millionen Besuchern pro Jahr ist diese Assoziation sowohl von wirtschaftlicher als auch wissenschaftlicher Bedeutung. Die Forschung, welche in den dazugehörigen Zoos betrieben wird, steht unter strengen ethischen Richtlinien, die nichtinvasive Forschungsmethoden vorschreiben. Das Hauptziel der Forschung soll der „Schutz der natürlichen Vielfalt“ sein, womit das Überleben der Arten in der Natur und außerhalb des natürlichen Lebensgebietes gewährleistet werden soll (Reid et al. 2009). Darüber hinaus werden klare Ziele hinsichtlich Tierhaltung und Tierwohl gesetzt. Hierdurch ergibt sich eine mögliche Abgrenzung von wissenschaftlich geführten Zoos zu jenen, welche in erster Linie zur Belustigung der BesucherInnen dienen (Grimm und Wild 2016).

Die European Association of Zoos and Aquaria (EAZA) ist Teil der World Organisation of Zoos and Aquariums (WAZA), sowie der International Union for Conservation of Nature (IUCN). Dementsprechend müssen alle Richtlinien der genannten Organisationen von den beteiligten Zoologischen Gärten erfüllt werden. Die IUCN ist eine weitgefächerte Organisation, welche sich unter anderem mit Klimaschutz, Naturschutz sowie Artenschutz befasst (Homepage: EAZA). In Bezug auf Zoologische Gärten sind hier vor allem die Richtlinie bezüglich Ex situ Management für den Artenerhalt, sowie die Richtlinie zur Auswilderung und anderen Artenschutzstrategien, relevant (IUCN/SSC 2013, IUCN 2019). Ähnliche Vorgaben werden durch die WAZA gegeben, welche für die Mitglieder eine Naturschutz- sowie eine Tierschutzstrategie vorgibt (Barongi et al. 2015, Mellor et al. 2015).

2. Material und Methode

Im Fokus der wissenschaftlichen Forschung in bedeutenden Zoos des deutschsprachigen Raumes steht die Errichtung eines nahezu natürlichen Lebensraumes für die dort gehaltenen Tiere sowie die Bewahrung speziell in freier Wildbahn bedrohter Spezies.

Die betrachteten Zoologischen Gärten wurden anhand der Lokalisation in der Hauptstadt der deutschsprachigen Länder und ihrer nationalen sowie internationalen Bedeutung gewählt.

Die Frage, ob sich dieses Ziel in den wissenschaftlichen Arbeiten widerspiegelt, wurde mithilfe einer Literaturrecherche auf PubMed und Scopus untersucht. Dabei verwendete Suchbegriffe sind: „Zoo Vienna“, „Schönbrunn Vienna“, „Zoo Berlin“, „Tiergarten Berlin“ und „Zoo Zurich“. Nachdem bei den Suchbegriffen „Zoo Zurich“ und „Zoo Zürich“ dieselben Publikationen erschienen, wurde „Zoo Zurich“ als Suchbegriff gewählt. Diese Arbeit analysiert alle Publikationen, welche im Zeitraum zwischen Jänner 2000 und Dezember 2020 veröffentlicht wurden, um einen ausreichenden Überblick über die Forschungsziele zu erlangen.

Anhand einer deskriptiv-statistischen Auswertung wurden die wissenschaftlichen Schwerpunkte sowie Forschungsziele der drei Zoos ausgearbeitet. Hierfür wurden die Publikationen in fünf Themengebiete (Ernährung, Ethologie, Krankheiten der Zootiere, phylogenetische Studien und Reproduktionsmedizin) eingeteilt. Darüber hinaus wurde ausgewertet, ob dominierende Tierarten sowie Themengebiete festgestellt werden können.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Hauptaugenmerke der verschiedenen Zoos, sowie gemeinsame Forschungszwecke zu charakterisieren. Inwieweit die wissenschaftliche Forschung die rechtlich vorgegebenen Ziele von Zoos widerspiegelt, stellt eine bedeutende Fragestellung dar.

3. Ergebnisse

In dem Zeitraum von Jänner 2000 bis Dezember 2020 wurden insgesamt 107 Publikationen veröffentlicht. Diese sind annähernd gleich auf die drei betrachteten zoologischen Gärten verteilt, mit 32 Publikationen in Schönbrunn, 35 in Zürich und 35 in Berlin, sowie fünf Kooperationen zwischen den genannten Zoos. Anhand der Abbildungen 3, 4 und 5 werden die Hauptthemengebiete der jeweiligen Zoos ersichtlich gemacht, wobei die Publikationen des Zoo Berlin und Tierpark Berlin zusammengefasst wurden. Aus Abbildung 6 können die Zoo-übergreifenden Schwerpunkte entnommen werden. Eine genauere Aufschlüsselung der verschiedenen Themengebiete folgt entsprechend der Unterkapitel.

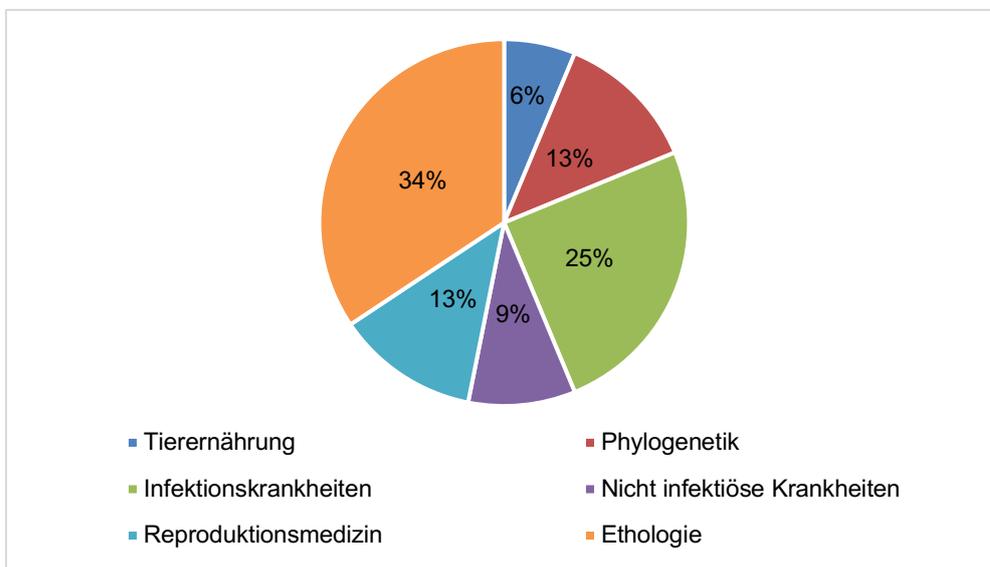


Abbildung 3: Zuteilung der wissenschaftlichen Arbeiten des Tiergarten Schönbrunn zu den untersuchten Themengebieten (n = 32). Quelle: Eigene Darstellung

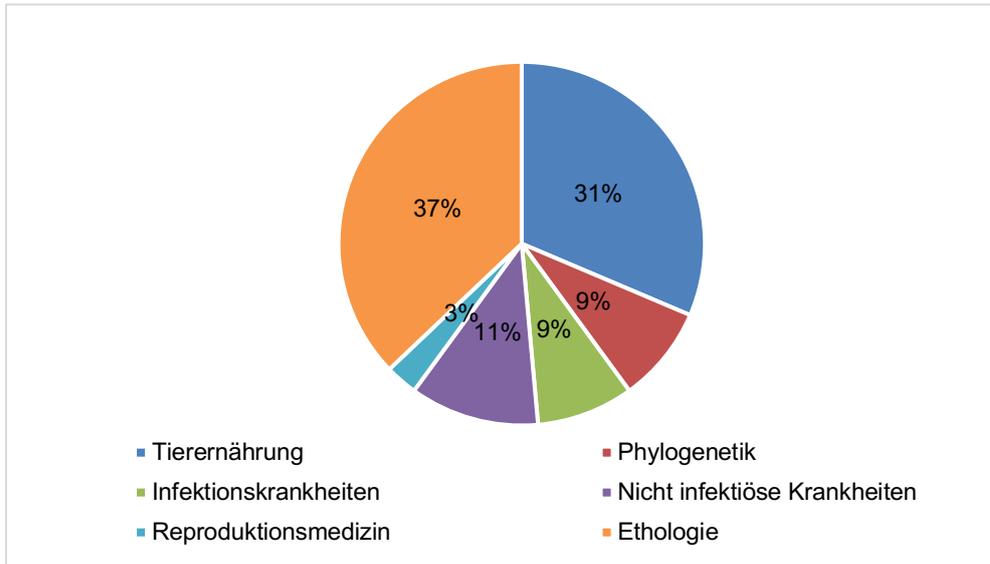


Abbildung 4: Zuteilung der wissenschaftlichen Arbeiten des Zoo Zürich zu den untersuchten Themengebieten (n = 35). Quelle: Eigene Darstellung

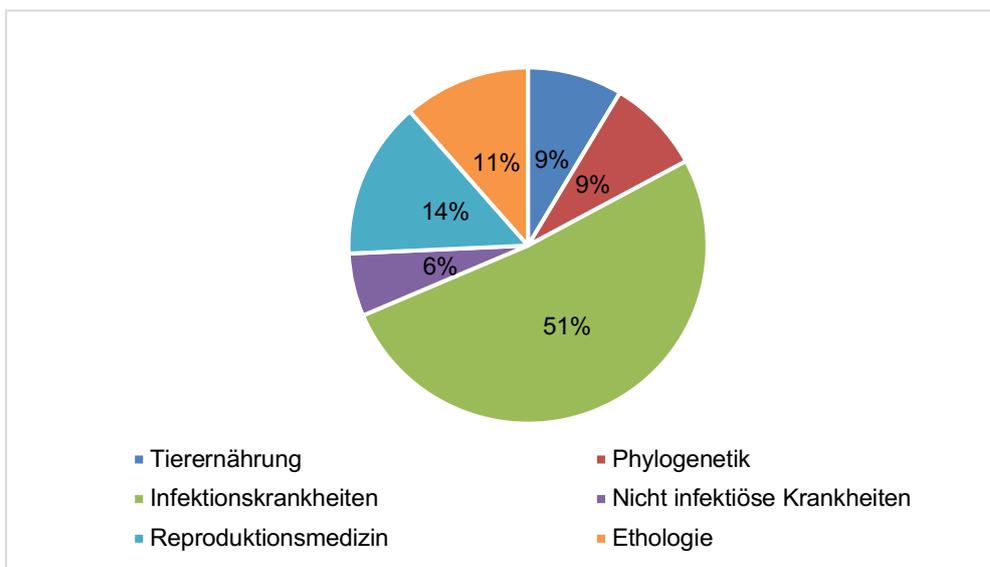


Abbildung 5: Zuteilung der wissenschaftlichen Arbeiten der Zoologischen Gärten in Berlin zu den untersuchten Themengebieten (n = 35). Quelle: Eigene Darstellung

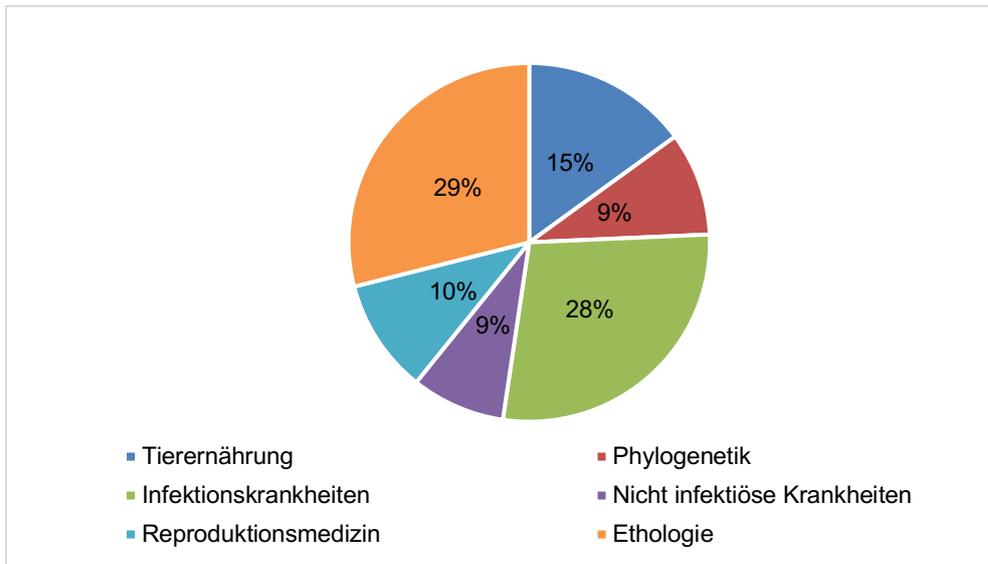


Abbildung 6: Zuteilung der Gesamtheit der betrachteten wissenschaftlichen Arbeiten zu den untersuchten Themengebieten (n = 107). Quelle: Eigene Darstellung

In keinem der genannten Zoologischen Gärten konnten deutlich vorherrschende Spezies bezüglich der Studien ermittelt werden. Häufig untersuchte Tiere sind Schildkröten, mit sieben Studien aus Schönbrunn und Zürich (Furrer et al. 2004, Franz et al. 2011, Holthaus et al. 2015, Falcón et al. 2018, Falcón et al. 2018, Gutnick et al. 2019, Kehlmaier et al. 2019), Elefanten mit sieben Studien, fünf aus Schönbrunn und zwei aus Berlin (Dehnhard et al. 2001, Dehnhard et al. 2007, Gunhold et al. 2006, Hermes et al. 2018, Hittmair und Vielgrader 2005, Stoeger-Horwath et al. 2007, Weissenböck et al. 2009), Eisbären, mit fünf Studien aus Berlin und einer aus Schönbrunn (Pozio et al. 2000, Szentiks et al. 2014, Prüss et al. 2015, Tsangaras et al. 2015, Dayaram et al. 2018, Hein et al. 2020), Nashörner, mit vier Studien, drei aus Zürich (Clauss et al. 2006, Clauss et al. 2007, Steuer et al. 2010) und einer aus Berlin (Hummel et al. 2008) sowie Zebras mit drei Studien aus Berlin (Seeber et al. 2017, Seeber et al 2018, Seeber et al 2019) und Koalas mit drei Studien aus Schönbrunn (Alfano et al. 2015, Tsangaras et al. 2014, Richter 2006).

Hinsichtlich einer Beurteilung nach Tierklassen lässt sich in eine klare Dominanz der Forschung an Säugetieren feststellen. Reptilien stellen das zweithäufigste Forschungsobjekt dar, wobei im Zoo Berlin und Tiergarten Berlin keine Studien aus dieser Tierklasse durchgeführt wurden. Abbildung 7 stellt die prozentuelle Verteilung der Tierklassen bezüglich der betrachteten Studien dar.

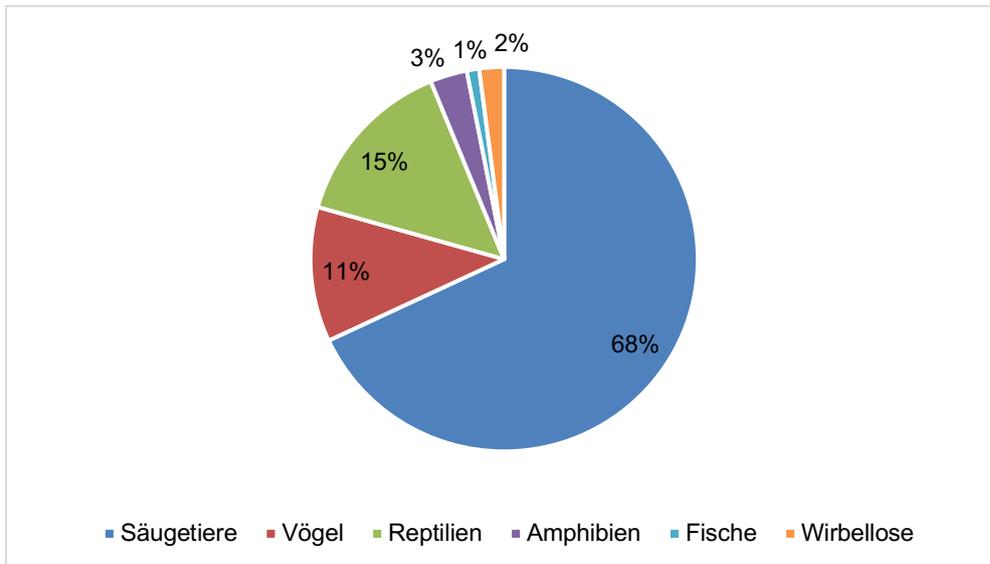


Abbildung 7: Zuteilung der wissenschaftlichen Arbeiten (n = 107) zu den untersuchten Taxa. Quelle: Eigene Darstellung

3.1 Tierernährung

Im Themenbereich der Tierernährung wurden insgesamt 16 Publikationen gefunden. Die zoo-übergreifenden Schwerpunkte bezüglich der Tierernährung können Abbildung 8 entnommen werden.

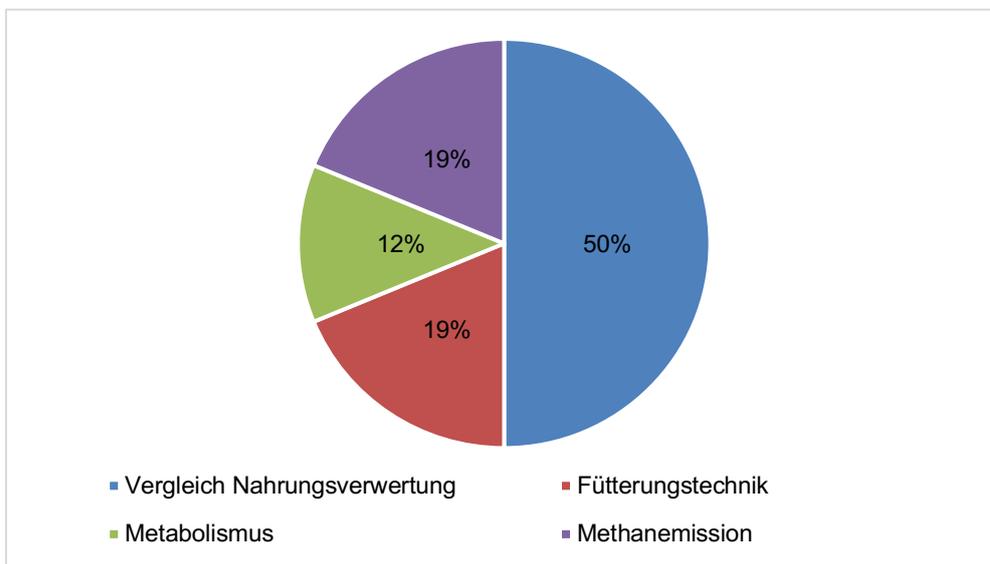


Abbildung 8: Prävalenzen der untersuchten Forschungsziele in den Arbeiten zu Tierernährung (n = 16). Quelle: Eigene Darstellung

Der Großteil der wissenschaftlichen Forschung in diesem Themengebiet stammt aus Zürich

mit elf Veröffentlichungen.

Das dominierende Forschungsziel im Bereich der Ernährung in Zürich war in den Jahren von 2000 bis 2020 die vergleichende Nahrungsverwertung unterschiedlicher Tierarten. Zu diesem Forschungsziel konnten fünf Studien gefunden werden. Clauss et al. (2006) befassten sich in zwei Studien mit der Nahrungsverwertung von Nashörnern. Dabei wurde der Verdauungskoeffizient von Spitzmaulnashörnern ausgewertet. Vergleichend mit Pferden, welche dieselbe Futtermittelration erhielten, zeigten Spitzmaulnashörner geringere Verdauungskoeffizienten bei organischem Material und Rohfaser. Daraus schlossen die AutorInnen, dass das Pferd kein adäquates Modell für die Berechnung von Futtermittelfraktionen für Spitzmaulnashörner darstellt. Darüber hinaus wurde ein direkter Vergleich zwischen Ergebnissen bezüglich der Nahrungsverwertung von verschiedenen Nashörnern getroffen. Dabei kamen die AutorInnen zu dem Schluss, dass grasende Spezies eine höhere Verdaulichkeit organischer Materialien aufweisen als „browsing“ Nashörner, wie das untersuchte Spitzmaulnashorn (Clauss et al. 2006). Die Unterschiede der Verdauung zwischen grasenden und Blattnahrung bevorzugenden Spezies der Nashörner wurden 2010 von Steuer et al. erneut untersucht. Dabei zeigte sich, dass das Breitmaulnashorn, eine grasende Spezies, eine höhere selektive Rückhaltung von Partikeln im Vergleich zu Flüssigkeiten zeigt. Darüber hinaus wurde nachgewiesen, dass das Breitmaulnashorn eine bessere Rohfaserverwertung zeigt als das Spitzmaulnashorn (Steuer et al. 2010).

Die Parallelen der Nährstoffverwertung von domestizierten Pferden und Spitzmaulnashörnern wurden 2007 von Clauss et al. ein weiteres Mal aufgegriffen. In der folgenden Studie wurde die Mineralabsorption der unterschiedlichen Tiere verglichen. Schlussfolgernd wurde festgestellt, dass Pferde, in Bezug auf die Mineralstoffabsorption, ein adäquates Tiermodell für Spitzmaulnashörner darstellen. Mit der Ausnahme von Natrium zeigten die Tiere ähnliche Werte, welche einen Vergleich zwischen den Tierarten zulassen. Weiters wurde vermerkt, dass Salzlecksteine bei der Haltung von Spitzmaulnashörnern zwingend notwendig sind (Clauss et al. 2007).

Die Verweildauer des Verdauungsbreies bezüglich gelöster, sowie unterschiedlich großer Partikel, bei Kameliden wurde von Dittmann et al. untersucht. Dabei wurde ein direkter Vergleich zu Wiederkäuern getroffen. Es zeigten sich deutliche Parallelen bezüglich der Mechanismen für die Partikelsortierung im Verdauungstrakt (Dittmann et al. 2015)

Song et al. (2000) untersuchten die Darmflora von Säugetieren und Vögeln. Die vergleichende Analyse ergab, dass die Darmflora von Fledermäusen am ehesten mit jener der Vögel

übereinstimmt. Die Ursache dieser Parallelen sahen die AutorInnen am ehesten bei physiologischen Anpassungen, welche für die Fähigkeit zum Fliegen essenziell waren. Der zweithäufigste Themenbereich war die Methanemission von drei verschiedenen Zoobewohnern (Dittmann et al. 2014, Franz et al. 2011, Vendl et al. 2016). Die übrigen drei Studien teilten sich auf die Verbesserung der Fütterungstechnik bei Weißkopfmakis, sowie Schildkröten und das Kauverhalten sowie die Zahnabnutzung von Zweifingerfaultieren auf (Furrer et al. 2004, Hohl et al. 2020, Sommerfeld et al. 2006,).

Die Forschung im Bereich der Tierernährung in Berlin befasste sich beinahe ausschließlich mit der Nahrungsverwertung unterschiedlicher Tiere. Der Vergleich von grasenden und blattfressenden Nashörnern wurde, gleichfalls wie in Zürich, gezogen. Als zusätzliche Erkenntnis der AutorInnen stellen diese fest, dass die Zähne von grasenden Nashornspezies gut an die Fütterung im Zoo angepasst wurden. Bezüglich blattfressenden Nashörnern könnten jedoch Pathologien entstehen, da diese kein effizientes Kauverhalten des angebotenen Futters zeigten (Hummel et al. 2008). Die Nahrungsverwertung von Nilpferden wurde in einer Studie von Schwarm et al. (2006) genauer untersucht. Diese zeigten eine geringere durchschnittliche Verdaulichkeit von Trockenmasse, organischem Material sowie Rohfaser. Schwarm et al. (2009) verglichen die Nahrungsverwertung von Halsbandpekari, dem Roten Riesenkänguru, sowie Schlank- und Stummelaffen.

Eine weitere Studie, welche dem Themengebiet der Tierernährung zugeordnet werden konnte, befasste sich mit der Korrelation zwischen der Kopfstellung und der Position des seitlichen knöchernen Bogenganges bei Einhufern (Benoit et al. 2020).

Die im Zusammenhang mit dem Tiergarten Schönbrunn gefundenen Studien bezogen sich auf den ungewöhnlichen Arsen-Metabolismus des großen Pandas und dem Vergleich des fäkalen Mikrobioms von freilebenden und im Zoo gehaltenen Koalas (Alfano et al. 2015, Braeuer et al. 2017). Letztere ergab, dass kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte, was darauf schließen lässt, dass die Gefangenschaft keine negativen Einflüsse auf die mikrobielle Gesundheit dieser Tiere hat (Alfano et al. 2015).

Zusammengefasst war das zoo-übergreifende Forschungsziel der Vergleich der Nahrungsverwertung unterschiedlicher Tierarten mit insgesamt acht von 16 Studien zu dieser Fragestellung (Clauss et al. 2007, Dittmann et al. 2015, Hummel et al. 2008, Schwarm et al. 2006, Schwarm et al. 2009, Song et al. 2020, Steuer et al. 2010).

3.2 Phylogenetik

Phylogenetische Studien wurden in allen drei/vier Zoos durchgeführt, wobei vier von zehn Studien in Zusammenhang mit dem Tiergarten Schönbrunn gebracht werden konnten (Ehrlich et al. 2018, Holthaus et al. 2015, Holthaus et al. 2018, Kehlmaier et al. 2019). Diese Studien befassten sich mit phylogenetischen Fragestellungen bei Amnioten mit Schwerpunkt der Evolution diverser Hautproteine (Ehrlich et al. 2018, Holthaus et al. 2015, Holthaus et al. 2018, Kehlmaier et al. 2019).

Im Hinblick auf entsprechende Forschungsarbeiten aus Zürich konnten drei Studien gefunden werden (Crottini et al. 2020, Espíndola-Hernández et al. 2020, Loog et al. 2020). Die Anpassung der Sensorik an die nächtliche Jagd von Eulen wurde mit Hilfe einer genomweiten Analyse durchgeführt. Es konnte festgestellt werden, dass es in der Evolution von Eulen eine positive Selektion jener Gene, welche die visuelle Wahrnehmung, insbesondere hinsichtlich Phototransduktion, gab (Espíndola-Hernández et al. 2020).

Der geografische Ursprung von Grauen Wölfen konnte in einer Studie von Loog et al. (2020) in Beringia, einer Region zwischen Ostsibirien und Alaska, nachgewiesen werden. Durch diese Studie konnte nicht nur der Ursprung des heutigen grauen Wolfes, sondern vermutlich auch jener der heutigen Haushunde, festgestellt werden (Loog et al. 2020).

Eine in Madagaskar gefundene neue Froschspezies, welche vom Aussterben bedroht ist, konnte mit Hilfe einer Studie aus dem Jahr 2020 dem Genus der Engmaulfrösche zugeordnet werden. Diese bisher unbekanntes Frösche konnten mit Hilfe einer 3-16S Fragment Analyse als eine neue Spezies der Stumpffia-Art beschrieben werden (Crottini et al. 2020).

Im Zusammenhang mit dem Berliner Zoo konnten drei Studien aus dem Gebiet der Phylogenetik gefunden werden (Pitra et al. 2002, Reissmann et al. 2020, Slater et al. 2016). Eine 2002 durchgeführte Studie erforschte die Stammesgeschichte von Trappen. Deren Taxonomie wurde davor, laut den beteiligten AutorInnen, nur mangelhaft durch molekulare Methoden beschrieben. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass der jüngste gemeinsame Vorfahre der Familie der Trappen viel jünger als bisher gedacht, nämlich etwa 30 Millionen Jahre alt ist. Ergänzend kamen sie zu der Erkenntnis, dass der Ursprung dieser Vögel in Süd- und/oder Westafrika gefunden werden kann (Pitra et al. 2002).

Slater et al. beschäftigten sich mit den evolutionären Beziehungen zwischen ausgestorbenen und lebenden Faultieren. Zu diesem Zwecke untersuchten sie das endogenized foamy-like Retrovirus der Faultiere (SloEFV), welches bei ausgestorbenen Faultieren bislang nicht

untersucht worden war (Slater et al. 2016).

Das europäische Reh ist die einzige Hirschspezies, in welcher Melanismus bei 10 – 25 % der natürlichen Population nachgewiesen werden konnte. Die zugrundeliegende genetische Mutation, welche hierfür verantwortlich ist, war bis 2020 unbekannt. Reissmann et al. (2020) gelang es, die Ursache des Melanismus auf das Agouti-Signaling-Protein zurückzuführen. Aus dem häufigen Vorkommen des Melanismus beim europäischen Reh schließen die AutorInnen, dass diese Mutation einen Selektionsvorteil brachte. Durch dies soll eine bessere Tarnung und somit ein Schutz vor natürlichen Fressfeinden und Jägern möglich sein.

3.3 Krankheiten der Zootiere

3.3.1 Krankheiten infektiöser Genese

In dem Bereich der Krankheiten infektiöser Genese wurden mit insgesamt 30 von 107 die zweitmeisten Studien nach dem Themengebiet der Ethologie durchgeführt. Hierfür ausschlaggebend ist die zoologische Forschung in Berlin. Von den insgesamt 35 Berlin zuordenbaren Forschungsarbeiten befassten sich 18 Studien mit Krankheiten infektiöser Genese.

Wie man Abbildung 9 entnehmen kann, war das primäre Forschungsziel im Themenbereich der Krankheiten infektiöser Genese das Vorkommen von verschiedenen Erregern bei Zootieren zu untersuchen. Bei einer Betrachtung der untersuchten Erreger, lässt sich eine klare Dominanz der Arbeiten bezüglich viraler Krankheitserreger feststellen (Abbildung 10).

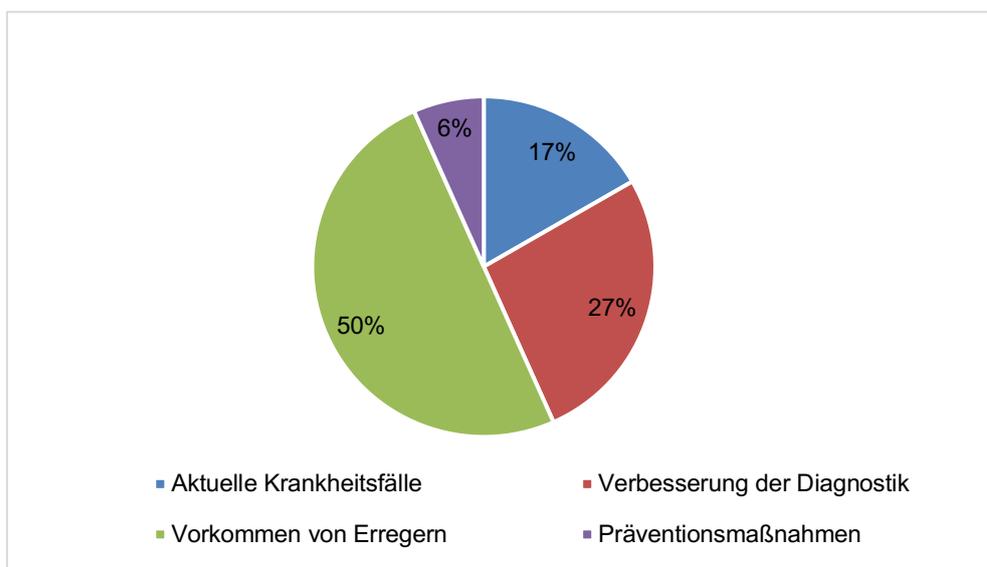


Abbildung 9: Prävalenzen der untersuchten Forschungsziele in den Arbeiten zu Infektionskrankheiten (n = 30). Quelle: Eigene Darstellung

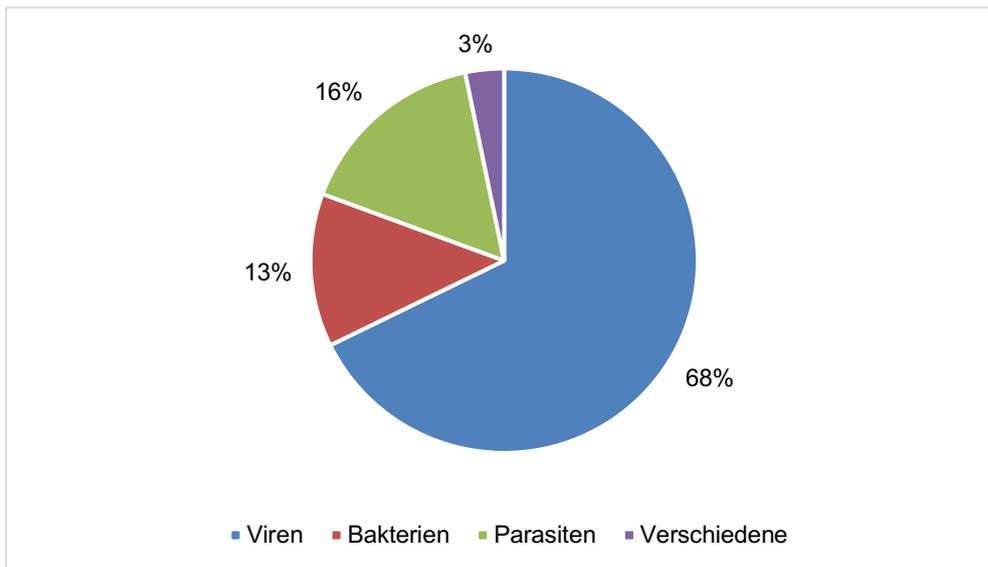


Abbildung 10: Prävalenzen der untersuchten Pathogenklassen in den Arbeiten zu Infektionskrankheiten (n=30). Quelle: Eigene Darstellung

Pozio et al. (2000) beschrieben in ihrer Studie die Dringlichkeit der Kontrolle von lebenden Tieren und Fleischprodukten auf *Trichinella* Isolate. Während das Vorkommen bei einheimischen Wildtieren bereits bekannt war, zeigten sie, dass eine weitere Eintragsquelle der Import von Fleisch und exotischen Tieren aus entsprechenden Regionen darstellt. Im Zoo Berlin konnte bei einem Eisbären *Trichinella nativa* nachgewiesen werden. Dementsprechend empfehlen die AutorInnen, alle betroffenen Importe zu untersuchen und gegebenenfalls verstorbene Tiere fachgerecht zu entsorgen.

Die Verbreitung von *Toxoplasma gondii* in freilebenden und im Zoo lebenden afrikanischen Carnivoren wurde von Ferreira et al. (2019) untersucht. Zum Zeitpunkt der Studie waren keine Daten bezüglich des Vorkommens des intrazellulären protozoischen Parasiten bekannt. Die AutorInnen konnten sowohl bei wildlebenden Carnivoren, als auch bei den Zootieren Antikörper gegen *T. gondii* nachweisen. Sie postulierten, dass einflussnehmende Faktoren auf die Erkrankung die Ernährung und das Alter der Tiere sind. Daher schlossen sie auf ein Reservoir durch kleine Wildkatzen, welche die Ausbreitung von *T. gondii* in afrikanischen Ökosystemen ermöglichen.

Das Vorkommen von *Francisella tularensis* in Deutschland wurde 2013 in einer Studie von Kuehn et al. untersucht. Dabei wurden 2.475 sowohl wild- als auch in Gefangenschaft lebende Tiere mittels ELISA auf Antikörper untersucht. Positive und unschlüssige Ergebnisse wurden

mittels Western Blot nachgetestet. Unter den Zootieren konnten lediglich bei einem Nilpferd Antikörper nachgewiesen werden, bei den wildlebenden Tieren waren 7,5% der untersuchten Proben positiv. Mit dieser Studie zeigten die AutorInnen eine höhere Seroprävalenz für *Francisella tularensis* im Westen Deutschlands als bisher angenommen. Zusätzlich wurde festgestellt, dass Füchse und Waschbären als biologischer Indikator für die Tularämie genutzt werden könnten.

Orthopoxvirus-Isolate bei verstorbenen Zootieren wurden 2001 von Stemmler et al. untersucht. Im Zuge dessen wurden zwei Nachweismethoden, die RAPD (random amplified polymorphic DNA) und die RFLP (Restriktionsfragmentlängen- polymorphismus)-Analyse, miteinander verglichen. Die AutorInnen kamen zu dem Schluss, dass beide Methoden zum Nachweis der untersuchten Orthopoxvirus-Isolate zielführend sind.

Borrelia burgdorferi war, als mögliche Gefährdung der Zootiere und Menschen, Grund für eine breitgefächerte Untersuchung von Stöbel et al. (2003). Im Zuge der Studie wurden 1.487 Zootiere sowie 600 Zecken untersucht, wobei bei 10,4 % der Tiere Antikörper gegen *Borrelia burgdorferi* mittels ELISA nachweisbar waren. Infolgedessen wiesen die AutorInnen darauf hin, dass ein Infektionsrisiko der Zootiere besteht und die Lyme-Borreliose als Differentialdiagnose bei entsprechender Symptomatik bedacht werden sollte.

Eine neue Technik zur Blutprobenentnahme bei Zootieren wurde von Volgt et al. (2006) beschrieben. Eine Stressminimierung bei der Entnahme sahen die AutorInnen in der Verwendung von blutsaugenden Käfern. Dabei wurde getestet, ob Antikörper gegen das Rabbit Hemorrhagic Disease Virus (RHDV) in so gewonnenen Blutproben nachgewiesen werden konnten. Entsprechend der durchgeführten Studie stellen blutsaugende Käfer eine gute Alternative zu der herkömmlichen Blutprobenentnahme dar.

Möglichkeiten zur Stressreduktion bei der Probengewinnung wurden ebenso von Seeber et al. mittels zwei Studien anhand des Nachweises von vier Equinen Herpesviren (EHV-1, EHV-7, Wildesel-Herpesvirus und Zebra-Herpesvirus) untersucht. Die AutorInnen stellten fest, dass der Nachweis des EHV aus Proben von Beschäftigungsmaterialien von Zebras möglich ist (Seeber et al. 2017). Der Nachweis des EHV-1 und Zebra-Herpesvirus in Kotproben wurde 2019 untersucht. Es wurde festgestellt, dass die Menge an nachweisbarer viraler DNA in Kotproben nicht signifikant geringer war als in den herkömmlichen Tupferproben der Nasenschleimhaut. Dementsprechend bieten Kotproben eine nicht-invasive Alternative zur Diagnostik von EHV bei Equiden (Seeber et al. 2019).

Exogene Faktoren, welche die Reaktivierung des EHV bei Zebras verursachen, wurden 2018 von Seeber et al. untersucht. Während zum Zeitpunkt der Studie der Zusammenhang mit erhöhten Glukokortikoid-Werten bei domestizierten Pferden bereits ausführlich beschrieben war, gab es keine Daten bezüglich wilder Equiden. Die AutorInnen kamen zu der Vermutung, dass auch bei Zebras stressbedingte Glukokortikoid-Erhöhungen einen Einfluss auf die Reaktivierung von EHV haben (Seeber et al. 2018).

Enzephalitiden unbekannter Genese bei Eisbären gaben Anlass für zwei Studien aus Berlin. Szentiks et al. (2014) untersuchten das Versterben des berühmten Eisbären „Knut“, welcher durch seine Handaufzucht weitweite Aufmerksamkeit erlangte. Dieser verstarb 2011 ohne vorherige klinische Symptomatik. Post mortem wurde eine Enzephalitis festgestellt, deren Ursache jedoch nicht eindeutig nachweisbar war. Die AutorInnen vermuteten eine Infektion durch Influenzaviren (Szentiks et al. 2014). Zu einer genaueren Abklärung des plötzlichen Todes wurde 2015 eine weitere Studie zum Versterben dieses Eisbären durchgeführt. Tsangaras et al. konnten Porcine endogene Retroviren nachweisen (Tsangaras et al. 2015). Prüss et al. (2015) befassten sich ebenso mit dem plötzlichen Versterben des Eisbären Knut, jedoch gingen diese von einer nicht infektiösen Genese aus. Dementsprechend ist diese Studie unter dem Unterkapitel „Nicht infektiöse Genese“ zu finden, zur Vollständigkeit soll diese Studie jedoch bereits hier erwähnt werden.

Dayaram et al. (2018) befassten sich mit der Gefährdung von Zootieren durch opportunistische Pathogene, welche in der natürlichen Lebensregion der Tiere nicht vorkommen. Anlass hierfür gab der Tod eines vier Monate alten Eisbären, welcher, nach Auftreten von abdominalen Schmerzen, Diarrhoe und Anorexie, plötzlich verstarb. Den AutorInnen gelang der Nachweis eines Mastadenovirus, welches jedoch ausschließlich bei diesem Tier nachgewiesen werden konnte. Aus diesem Ergebnis folgerten sie, dass die Infektion durch ein unbekanntes Reservoir geschehen sein musste. Weiters wurden genauere Untersuchungen hinsichtlich speziesübergreifender Übertragungen von Viren unter relativer Isolation, wie einer Zootierhaltung, empfohlen (Dayaram et al. 2018).

Escalera-Zamudio et al. (2015) konnten in einer Studie ein neues endogenes Retrovirus bei Vampirfledermäusen nachweisen. Dieses Virus konnte auch bei Nagern und Primaten gefunden werden, jedoch wurde es bisher bei diversen Fledermausarten nicht nachgewiesen. Aus den Ergebnissen schlossen die AutorInnen, dass das Virus mehr als einmal zwischen verschiedenen Arten gesprungen sein musste. Die Analyse der evolutionären Prozesse zeigte, dass sich das Virus vor längerer Zeit in das Genom der Vampirfledermäuse integriert

hat. Den Sprung dieses Virus auf Nager und Primaten sehen die AutorInnen jedoch als jünger an.

Die Ätiologie der Pinguin-Diphtherie bei Brillenpinguinen wurde anhand von vier betroffenen Pinguinen aus dem Tierpark Cottbus sowie dem Zoo Berlin erforscht. Die zu dieser Zeit vermutete, virale Ursache der Erkrankung konnte in vorherigen Studien nicht nachgewiesen werden. Pfaff et al. (2017) gelang es, ein Alphaherpesvirus in Zusammenhang mit der beschriebenen Erkrankung zu bringen und somit eine mögliche Basis für die Diagnose weiterer erkrankter Tiere zu schaffen.

Mit Hilfe des Tiergarten Schönbrunn wurden neun Studien im Themenfeld der Krankheiten infektiöser Genese erstellt (Basso et al. 2005, Dinhopf et al. 2011, Fouret et al. 2020, Gaudino et al. 2020, Hermes et al. 2018, Juncker-Voss et al. 2000, Morrow et al. 2020 Tsangaras et al. 2014), wobei eine Publikation eine Kooperation zwischen Schönbrunn, Zürich, Basel und Budapest darstellt (Bucheberner et al. 2013).

Juncker-Voss et al. (2000) untersuchten die Verbreitung von *Capillaria hepatica* anhand indirekter Immunfluoreszenz (IIF). Anhand der hohen Nachweisrate bei den in Schönbrunn gesammelten Mäusen schlossen die AutorInnen auf eine erhebliche Kontamination der Umwelt und damit einhergehende Gefahr für die Angestellten.

In einer Studie von Basso et al. (2005) sind große Erfolge bei der Nachzucht der vom Aussterben bedrohten Pallaskatze beschrieben. Das Auftreten von akuter Toxoplasmose, mit einer hohen Sterblichkeit bei Jungtieren, stellte ein großes Problem bei der erfolgreichen Aufzucht dar. Als Minderung der Problematik empfahlen die AutorInnen eine prophylaktische Therapie mit Clindamycin bei allen Jungtieren.

Vogelmalaria ist eine häufige Erkrankung bei Pinguinen im Zoo. Der Nachweis des Parasiten ist jedoch erschwert, da die für den Nachweis verwendeten Stadien im Blut häufig nicht vorhanden sind. Aus diesem Grund untersuchten Dinhopf et al. (2011) weitere Möglichkeiten, um die Diagnosestellung zu ermöglichen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die In-Situ Hybridisierung aus Proben, welche durch Paraffin fixiert wurden, eine sensitive Möglichkeit zum Nachweis von Plasmodien darstellt.

Die Evolution und Konservierung der Koala-Retroviren wurde von Tsangaras et al. (2014) untersucht. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass neuere Varianten des Virus in älteren Proben nicht nachweisbar waren. Dementsprechend schließen sie auf eine zeitnahe Entstehung dieser Varianten.

Die Diagnose der Tuberkulose bei Elefanten wurde in der Literatur durch eine Spülung des Rüssels empfohlen. Hermes et al. (2018) sahen darin ein mögliches Risiko für den Untersucher durch den Zoonoseerreger. Um eine alternative Nachweismethode zu bieten, welche mit weniger Risiken verbunden ist, beschrieben sie den Nachweis von Bakterien des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes durch eine bronchoalveoläre Lavage.

Die Pathogenität des Nipah-Virus bei Flughunden konnte mit Hilfe von Hautbiopsien von in Schönbrunn gehaltenen Tieren erforscht werden. Die AutorInnen beschrieben durch die Studie die Möglichkeit, präventive Maßnahmen in betroffenen Regionen zu schaffen (Fourret et al. 2020, Gaudino et al. 2020). Ebenso konnte die genauere Klassifizierung des Bakteriums *Walbochia* durch Proben aus dem Tiergarten Schönbrunn durchgeführt werden. Hierzu wurden jedoch nicht die Zootiere verwendet, sondern die Beprobung von Pflanzen durchgeführt (Morrow et al. 2020).

In Zürich konnten drei Studien im Themenfeld der Krankheiten infektiöser Genese gefunden werden (Furger et al. 2008, Steinmetz et al. 2011, Schönenberger et al. 2016).

Die Immunantwort nach einer Aviären Influenza-Impfung bei Vögeln des Züricher Zoos wurde in einem Zeitraum von sechs Monaten von Furger et al. (2008) erforscht. Dabei kamen sie zu dem Schluss, dass bei den untersuchten Vogelspezies eine jährliche Impfung zu empfehlen ist.

Ein zooübergreifendes Thema stellt das Moskito-Screening dar. In Berlin befassten sich vier Studien mit dieser Aufgabenstellung, wobei sich zwei auf den Nachweis des West Nile Virus (Ziegler et al. 2020, Kampen et al. 2020) und eine auf das Usutu Virus (Ziegler et al. 2016) fokussierten. Die Publikationen aus Berlin, welche die Erforschung der Übertragung des West Nile Virus gewidmet waren, werden durch eine Studie aus Zürich ergänzt (Schönenberger et al. 2016). Heym et al. (2019) befassten sich mit dem Nachweis einer Vielzahl an vektorübertragenen Erkrankungen. Die Zoologischen Gärten von Wien und Zürich machten das Moskito Screening im Rahmen der Detektion des Usutuvirus zum Ziel einer Studie. In einer Kooperation zwischen den Zoos aus Wien, Zürich, Basel und Budapest wurden bei bis zu 8,75 % der insgesamt 372 getesteten Vögel spezifische Antikörper festgestellt werden. Die höchste Seroprävalenz wurde bei Strigiformes dokumentiert. In Budapest wurde das Virus nicht nachgewiesen (Bucheberner et al. 2013). Die weite Verbreitung des Usutuvirus konnten Steinmetz et al. (2011) bereits früher verifizieren. In deren Studie schließen sie auf eine erhöhte Sterblichkeitsrate von Passeriformes und Strigiformes durch dieses Virus. Die

Entwicklung einer Herdenimmunität postulierten die AutorInnen als einzige Möglichkeit, um das Usutuvirus einzudämmen (Steinmetz et al. 2011).

3.3.2 Krankheiten nicht-infektiöser Genese

Insgesamt neun Studien konnten im Themenbereich der Krankheiten nicht-infektiöser Genese gefunden werden. Diese verteilen sich wie folgt auf die untersuchten Zoos: Im Zusammenhang mit Berlin wurden zwei Studien gefunden (Prüss et al. 2015, Müller et al. 2009). Bei der Untersuchung des Tiergarten Schönbrunns wurden drei Studien gefunden (Gamero-Mora et al. 2019, Hittmair und Vielgrader 2005, Mellor et al 2020). Der Großteil der Forschungen in diesem Gebiet stamme hingegen aus Zürich mit vier Studien (Forrer et al. 2001, Gull et al. 2009, Jurado et al. 2008, Steinmetz et al. 2007). Das Hautaugenmerk der betrachteten Publikationen lag hier bei diversen aktuellen Krankheitsgeschehen unterschiedlichster Tierarten.

Die erstmalige Beschreibung der Polycystic Kidney Disease bei Goldagutis gelang Müller et al. (2009). Während den AutorInnen kaum Informationen über die genetischen Beziehungen zwischen den betroffenen Tieren zur Verfügung standen, schließen diese auf eine hohe Wahrscheinlichkeit für Inzucht bei den Populationen in deutschen zoologischen Gärten. Schlussfolgernd vermuteten diese einen genetischen Hintergrund.

Enzephalitiden beim Eisbären wurden, wie auch schon bei den Krankheiten infektiöser Genese, ebenso in Bezug auf nicht-infektiöse Ursachen untersucht. Das plötzliche Versterben Knuts schrieben Prüss et al. (2015) einer Autoimmunerkrankung, der Anti-NMDA-Rezeptor Enzephalitis, zu. Diese Krankheit war zu diesem Zeitpunkt lediglich aus der Humanmedizin bekannt, somit stellte laut den AutorInnen Knut das erste Tier dar, bei welchem die Anti-NMDA-Rezeptor Enzephalitis nachgewiesen werden konnte.

Die Regenerationsfähigkeit von Schirmquallen, genauer der Gattung *Cassiopea*, wurde erstmal 2019 beschrieben. Die AutorInnen stellten fest, dass diese Gattung nach Verletzungen nahezu alle Strukturen des Körpers nachbilden kann (Gamero-Mora et al. 2019).

Die Entwicklung präventiver Maßnahmen bezüglich nicht-infektiöser Erkrankungen bei Zootieren wurde in Zürich in drei Studien untersucht. In zoologischen Gärten gehaltene große Makis zeigten eine hohe Tendenz zu der Entwicklung von Fettleibigkeit. Mellor et al. (2020) konnten diesbezügliche Risikofaktoren feststellen, sowie mögliche präventive Maßnahmen eruieren. Ein Fallbericht einer rezidivierenden Einschnürung der Zungenspitze bei einem männlichen Riesennameisenbären im Zoo Zürich wurde Anlass zu einer Studie von Steinmetz

et al. (2007). Ebenso wie Mellor et al. (2020) beschrieben die AutorInnen Präventionsmaßnahmen für diese Problematik. Im Zoo Zürich wurde ein vermehrtes Auftreten der Entwicklung von Katarakten und Leberverfettungen bei Viscachas beobachtet. Gull et al. (2009) konnten feststellen, dass diese Problematiken alimentär bedingt waren und mit einer Anpassung der Fütterung vermindert wurden.

Die irreguläre Zahnabrasion wurde als limitierender Faktor auf die Lebensdauer bei einer Vielzahl freilebender Wildtiere beschrieben. Jurado et al. (2008) untersuchten, ob diese Pathogenese die Lebenserwartung bei Zootieren ebenso limitiert. Hierzu analysierten die AutorInnen die Obduktionsbefunde von Wiederkäuern, welche in einem Verlauf von 15 Jahren im Zoo Zürich verstorben waren. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass irreguläre Zahnabrasion bei 20 % der untersuchten Tiere dokumentiert wurde. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die im Zoo Zürich gehaltenen Wiederkäuer lediglich 41 % der natürlichen Lebenserwartung erreichten.

Eine Studie aus Zürich (Forrer et al. 2001) und eine Studie aus Schönbrunn (Hittmair und Vielgrader 2005) hatten als primäres Forschungsziel die Erweiterung der diagnostischen Möglichkeiten. Die Autorinnen beschäftigten sich mit der Röntgendiagnostik bei Afrikanischen Elefanten, während Forrer et al. (2001) Referenzwerte für die Konzentration von verschiedenen Spurenelementen im Serum und Vollblut von Viscachas festlegten. Mit letzterer Studie konnten sie die bisherige Annahme, dass bestimmte Spurenelemente im Zusammenhang mit der Ausbildung eines Katarakts stünden, widerlegen.

3.3 Reproduktionsmedizin

Mit der Reproduktionsmedizin befassten sich insgesamt elf Studien, wobei hiervon fünf aus Berlin (Dehnhard et al. 2001, Dehnhard et al. 2012, Vogler et al. 2009, Westbury et al. 2018, Wiedemann et al. 2012), vier aus Schönbrunn (Preininger et al. 2015, Walzer et al. 2014, Weissenböck et al. 2009, Weissenbach et al. 2015) und eine aus Zürich (Bahr et al. 2001) stammen. In diesem Themengebiet konnte auch eine Kooperationsstudie gefunden werden (Hammer et al. 2018).

Vier der fünf Studien, welche aus Berlin stammten, fokussierten sich auf Fragestellungen aus der Reproduktionsmedizin bei Katzenartigen (Vogler et al. 2009, Dehnhard et al. 2012, Wiedemann et al. 2012, Westbury et al. 2018). Eine Tierart, welche in diesem Themenbereich mehr als einmal erforscht wurde, war der asiatische Elefant. Sowohl Berlin als auch Schönbrunn führten je eine Studie bezüglich einer Verbesserung der Östruserkennung bei Elefanten in der Gefangenschaft durch (Dehnhard et al. 2001, Weissenböck et al. 2009).

Von den insgesamt vier Studien, welche aus Wien stammten, stellen zwei die erstmals gelungene Nachzucht bedrohter Spezies dar. 2015 gelang es in Schönbrunn, die vom Aussterben bedrohten Batagur-Flußschildkröten und die Nasenmuränen zu vermehren (Preininger et al. 2015, Weissenbacher et al. 2015).

Die Schraubenziege, welche vom Aussterben bedroht ist, wurde Forschungsobjekt einer zooübergreifenden Studie bezüglich einer möglichen Nachzucht durch eine Ex-situ Hybridisierung mit Hausziegen. Hier konnte festgestellt werden, dass die Kreuzung von Schraubenziegen mit Hausziegen eine Möglichkeit darstellt, um einen Tierbestand zu schaffen, welcher ausgewildert werden könnte (Hammer et al. 2008).

Die letzte Studie aus Schönbrunn, welche bedingt im Zusammenhang mit Reproduktionsmedizin steht, beschrieb erstmals die erfolgreiche Kastration von männlichen Nilpferden. Dies ist ein Verfahren, das sowohl für die Erhaltung einer tragbaren Größe von Nilpferdgruppen als auch eine Reduktion der Aggressionsbereitschaft dieser Tiere in zoologischen Gärten darstellt (Walzer et al. 2014).

Der hormonelle Einfluss auf das Verhalten des Muttertieres bei Gorillas wurde 2000 in einer Studie in Zusammenarbeit mit dem Zoo Zürich erforscht. Hierfür wurden konjugierte Östrogene (E1C) und Pregnanediol-3-Glucoronid (PdG) im Urin gemessen. Diesbezüglich konnte, anders als bei anderen Primatenspezies, kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden (Bahr et al. 2000).

3.4 Ethologie

Die Ethologie ist mit 31 durchgeführten Studien das am intensivsten bearbeitete Themengebiet der zoologischen Forschungen in den untersuchten Tiergärten. Mit 13 durchgeführten Studien in Zürich (Jenny und Schmid 2002, Furrer et al. 2006, Traber und Müller 2006, Burgener et al. 2008, Gehring et al. 2008, Wanger et al. 2008, Wanger et al. 2009, Cottle et al. 2010, Jürges et al. 2013, Forss et al. 2015, Falcón et al. 2017, Falcón et al. 2018, Lall et al. 2020) und elf in Schönbrunn (Auersperg et al. 2014, Gunhold et al. 2006, Heiderer et al. 2018, Hein et al. 2020, Kienberger et al. 2018, Kövér et al. 2019, Mangiamele et al. 2016, Richter 2006, Stoeger-Horwath et al. 2007, Stangel et al. 2015, Uhl et al. 2019) stellt die Ethologie das Hauptthemengebiet dieser Zoos dar. In Berlin wurden vier Studien im Themenbereich der Ethologie durchgeführt (Berger et al. 2020, Caecero et al. 2015, Dehnhard 2007, Frey et al. 2016). Zwischen den zoologischen Gärten konnten drei Kooperationen gefunden werden (Baotic et al. 2015, Gutnick et al. 2019, Heldstab et al. 2020).

Die zoo-übergreifenden Forschungsziele im Themengebiet der Ethologie werden in Abbildung

11 veranschaulicht.

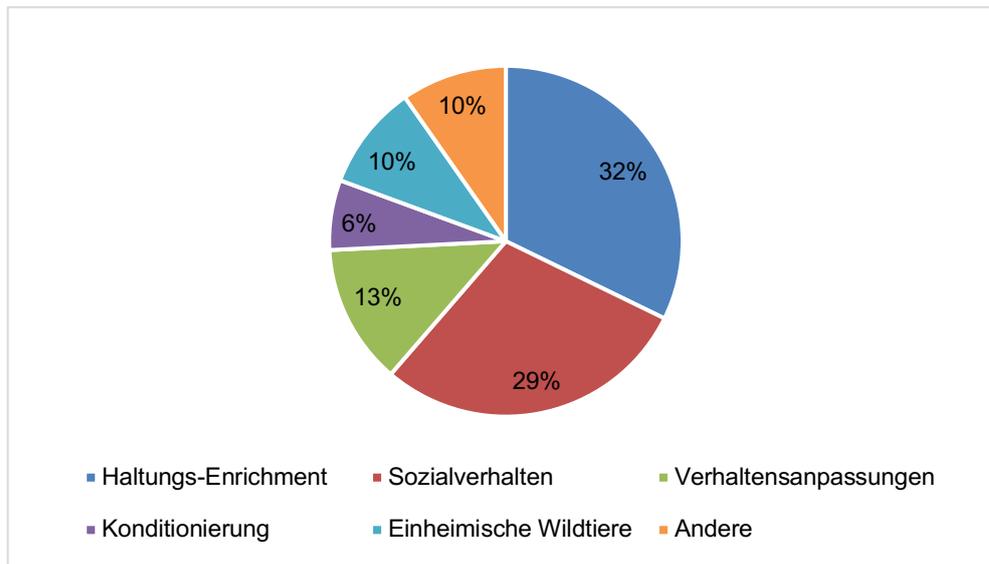


Abbildung 11: Prävalenzen der untersuchten Forschungsziele in den Arbeiten zu Ethologie (n = 31). Quelle: Eigene Darstellung

Das Haltungs-Enrichment stellte den größten Themenbereich der Ethologie dar. Mit insgesamt zehn Studien wurden die aktuelle Haltung der Zootiere untersucht, sowie mögliche Verbesserungen beschrieben. Zusätzlich wurden Möglichkeiten der Stresserkennung erörtert.

Die Entwicklung von Stereotypen bei Karnivoren wurde anhand von zwei Studien aus Zürich untersucht. Bei zwei Sibirischen Tigern wurde stereotypes Verhalten in Form von im Kreis gehen beobachtet. Als Ursache hierfür wurde die permanente Frustration durch das Fehlen der natürlichen Jagd angenommen. Jenny und Schmid (2002) zeigten, dass durch die Verwendung von elektrisch kontrollierte Futterboxen derartige Stereotypen reduziert werden konnten. Ein ähnliches Verhalten wurde bei Schneeleoparden beobachtet. Obwohl die Ursache bei diesen Tieren ebenso in dem Fehlen der natürlichen Jagd gesehen wurde, konnten die AutorInnen keine Verbesserung durch elektrisch kontrollierte Futterboxen feststellen (Burgener et al. 2008). Mit einer Studie über die Reaktionen von BesucherInnen auf die Fütterung von lebenden Tieren zeigten Cottle et al. (2010) einen weiteren möglichen Ansatz zur Vorbeugung von Stereotypen bei Karnivoren in Zootierhaltung. Sowohl die Lebendtier-Fütterung während als auch außerhalb der Öffnungszeiten wurde von einem Großteil der Befragten befürwortet.

Die zeitliche Planung der Versorgung von nachtaktiven Tieren, wie dem Queensland Koala, stellt eine wichtige Überlegung hinsichtlich Zootierhaltung dar. Richter (2006) stellte fest, dass

Fütterungsintervalle während der Schlaf-Perioden der Tiere ein erhebliches Stresspotential mit sich bringen. Dementsprechend empfahl die Forscherin, die Fütterung von nachtaktiven Tieren an deren Zeitrhythmus anzupassen.

Der "Masoala-Regenwald" im Zoo Zürich soll dazu beitragen, das Überleben diverser Spezies aus Madagaskar langfristig zu sichern. In dieser Anlage wurden sieben Studien durchgeführt (Falcón et al. 2017, Falcón et al 2018, Furrer et al. 2006, Gehring et al. 2008, Jürges et al. 2013, Wanger et al. 2008, Wanger et al. 2009). Drei dieser Studien befassten sich mit dem Verhalten von Schuppenkriechtieren im Masoala Regenwald. Gehring et al. (2008) untersuchten die Aktivität von Pantherchamäleons. Das Verhalten des Großen Madagaskar-Taggeckos in der künstlichen Umgebung wurde anhand von drei Studien beobachtet. Dabei kamen die AutorInnen zu dem Schluss, dass durch die naturgetreue Umgebung ein physiologisches Verhalten bei Madagaskar-Taggeckos beobachtet werden kann (Furrer et al. 2006, Wanger et al. 2008, 2009). Falcón et al. (2017, 2018) beschrieben das Verhalten von Aldabra-Riesenschildkröten in Bezug auf künstliche Wärmequellen. Im Zuge dessen konnten die AutorInnen Empfehlungen bezüglich der bestmöglichen Wärmeversorgung für die Schildkröten festlegen und somit den Komfort der Tiere langfristig verbessern. Das Sozialverhalten von Goodman-Mausmakis im Masoala Regenwald wurde von Jürges et al. (2013) untersucht. Die bis dahin bestehende Hypothese besagte, dass diese Tiere lediglich in Bezug auf Ressourcen den Kontakt zu anderen suchen. Die Autoren konnten feststellen, dass Goodman-Mausmakis während Ruhezeiten jedoch stets in unisexuellen Gruppen vorgefunden werden können.

Die Beurteilung des Wohlbefindens von Wildtieren stellt sich als häufige Herausforderung bei der Versorgung von Zootieren dar. Um zusätzlich zu Beobachtungen das Wohlbefinden von Zootieren genauer evaluieren zu können, wurden zwei Studien bezüglich des Nachweises von Stresshormonen in den Exkreten durchgeführt. Hein et al. (2020) führten eine Studie bezüglich des Nachweises von Glukokortikoid-Metaboliten im Kot durch. Sie beschrieben diese Methode als hilfreiches Tool zur Erkennung von langanhaltendem Stress. Dehnhard (2006) untersuchte Selbiges im Urin von Asiatischen und Afrikanischen Elefanten.

Das Sozialverhalten von Zootieren wurde anhand von acht Studien untersucht (Baotic et al. 2015, Ceacero et al. 2015, Frey et al. 2016, Gundhold et al. 2006, Heiderer et al. 2018, Mangiamele et al. 2016, Stangel et al. 2015, Stoeger-Horwath et al. 2007). Einen Aspekt hiervon stellt die intraspezifische Kommunikation dar, welcher sechs Publikationen gewidmet wurden. In diesem Feld wurde sowohl die vokale als auch die non-vokale Kommunikation

unterschiedlichster Tierarten erforscht. Das Vorkommen von zahlreichen Vokalisationen bei Giraffen war zu dem Zeitpunkt der Studie von Boatic et al. (2015) bereits erforscht. Die AutorInnen stellten aber eine ergänzende Tongebung, ein nächtliches Summen, bei den Tieren fest. Weitere Studien wurden bezüglich der Lautgebung von Rotfüchsen (Frey et al. 2016) und juvenilen Elefanten (Stoeger-Horwath et al. 2007) durchgeführt. Die non-vokale Kommunikation wurde bei Mähnenhirschen (Ceacero et al. 2015) und kleinen Winkerfröschen (Stangel et al. 2015, Mangiamele et al. 2016) untersucht. Das maternale Sozialverhalten beim Großen Panda gegenüber Jungtieren konnte mit einem Fallbericht aus Schönbrunn durch Heiderer et al. (2018) festgehalten werden. Diese beschrieben die erste erfolgreiche Aufzucht von Zwillingen beim Großen Panda in Gefangenschaft. Bisher wurde stets durch das Personal des zoologischen Gartens interveniert, um bei der Aufzucht bei Zwillingsgeburten das Überleben beider Nachkommen zu sichern. Mit diesem Fallbericht wurde gezeigt, dass eine Zwillingsaufzucht durch das Muttertier ohne externe Hilfestellungen zwar negative Auswirkungen auf dessen Ruheverhalten hat, aber prinzipiell möglich ist.

Afrikanische Elefanten zeigen ein ausgeprägtes Sozialverhalten mit einer klaren Dominanzhierarchie. Der auf Elefanten wirkende Stress durch sehr dominante Artgossen konnte von Gunhold et al. (2006) beschrieben werden. In Schönbrunn beobachteten die AutorInnen, dass, durch den Tod des ranghöchsten Weibchens ein Rückgang des agonistischen Verhaltens der gesamten Gruppe entstand.

Verhaltensänderungen von Wildtieren durch die Haltung in zoologischen Gärten wurden in Zürich anhand von zwei Studien dokumentiert. Die Aktivitätszyklen von Weißkopfmakis in der Natur verteilen sich über den gesamten Tag. Im Gegensatz dazu zeigen Weißkopfmakis, welche im Zoo geboren wurden, kein zirkadianes Aktivitätsmuster. Aus dieser Verhaltensänderung schließen die AutorInnen, dass durch das andauernde Angebot an Futter sowie das Fehlen natürlicher Prädatoren, die Stimulation, welche für die nächtlichen Aktivitäten verantwortlich waren, in Gefangenschaft fehlen (Traber und Müller 2006). Freilebende Primaten zeigen eine Aversion gegenüber unbekanntem Gegenständen. Durch eine vergleichende Studie wurde die Reaktion von Orang-Utans des Zoo Zürich und einer wilden Population auf unbekannte Gegenstände verglichen. Dabei kamen die AutorInnen zu dem Ergebnis, dass die im Zoo gehaltenen Primaten, im Gegensatz zu ihren freilebenden Artgenossen, Neuem gegenüber mit großer Neugier reagieren (Forss et al. 2015).

Einen weiteren Bereich der Ethologie stellt die operante Konditionierung von Zootieren dar. Zu dieser Aufgabenstellung konnten zwei Studien gefunden werden. Diese AutorInnen

beschrieben die erfolgreiche Konditionierung von Schildkröten in einer Kooperation zwischen Wien und Zürich, und von Papageien im Tiergarten Schönbrunn (Auersperg et al. 2014, Gutnick et al. 2019).

Zoologische Gärten dienen nicht nur exotischen, sondern ebenso heimischen Wildtieren als Rückzugsort. Zu diesem Thema befassten sich drei Studien im Gebiet der Verhaltensforschung (Berger et al. 2020, Kövér et al. 2019, Uhl et al. 2019). Berger et al. (2020) beschäftigten sich mit dem Verhalten des Braunbrustigels in einem urbanen Umfeld. Aufgrund der sinkenden Anzahl von vorkommenden Individuen sahen sie die Notwendigkeit, die Auswirkungen der wachsenden Städte auf diese Tiere zu evaluieren. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass die beobachteten Braunbrustigel weniger beleuchtete Standorte bevorzugten. Die Autoren stellten fest, dass ein Schutz der Igel dadurch ermöglicht werden könnte, diese durch verschattete Wege in sichere Gebiete zu leiten. Zwei Studien beschrieben Krähenpopulationen, welche den Tiergarten Schönbrunn als Lebensstandort gewählt hatten. Uhl et al (2019) beschrieben die Größe des Schwarms, sowie umweltbezogene Faktoren, welche sich auf diese auswirken. Kövér et al (2019) stellten fest, dass im Tiergarten Schönbrunn deutlich mehr Krähen anzufinden sind, als in den zoologischen Gärten von Debrecen und Edinburgh. Außerdem konnten sie durch ihre Beobachtungen darauf schließen, dass der ausschlaggebende Faktor für die Attraktivität von Zoos für Krähen das Nahrungsangebot ist.

Die Entwicklung motorischer Fähigkeiten bei Primaten wurde von Heldstab et al. (2020) untersucht. Dabei kamen die AutorInnen zu dem Ergebnis, dass Primaten mit größeren Gehirnen die komplexe Verwendung von Werkzeugen später in ihrem Leben entwickeln. Aus der Studie schließen sie, dass ausgeprägte Techniken ein langes Leben voraussetzen, weswegen nur eine geringe Anzahl an Primaten bekannt ist, welche sich komplizierte Techniken angeeignet haben.

Die Beschreibung bisher unbekannter Verhaltensweisen und Ansprüche an die Haltung von exotischen Zootieren erfolgte in zwei Studien. Kienberger et al. (2018) gelang die erstmalige Beschreibung des Lebenszyklus von Riesenquallen. Das Verhalten von sechs neotropischen Tieren (Agouti, Paka, Capybara, Südopossum, Halsbandpekari und Großmazama) sowie die Möglichkeit einer Domestikation wurden von Lall et al. (2020) untersucht.

4. Diskussion

Die Durchführung wissenschaftlicher Arbeiten ist einer der Aufgaben moderner Tiergärten. Die untersuchten deutschsprachigen zoologischen Gärten zeigen bei einer Auswertung der im Zeitraum von Jänner 2000 bis Dezember 2020 publizierten Arbeiten unterschiedlich stark gewichtete Schwerpunkte bezüglich der durchgeführten wissenschaftlichen Forschung. In jedem zoologischen Garten konnten dominierende Forschungsziele festgestellt werden, welche sich teilweise sehr stark zwischen den Zoos unterschieden.

Hinsichtlich der untersuchten Tierklassen wurde in allen zoologischen Gärten eine klare Dominanz der Forschung an Säugetieren festgestellt. Demzufolge sollte bei zukünftigen Arbeiten auf eine größere Diversität der untersuchten Tierklassen geachtet werden.

Bei einer Zoo-übergreifenden Betrachtung der Schwerpunkte der wissenschaftlichen Forschungsarbeiten stellt die Ethologie mit 29 % das verbreitetste Forschungsgebiet da. Dies spiegelt sich vor allem in den Publikationen aus dem Tiergarten Schönbrunn und dem Zoo Zürich wider. Die Studien beider zoologischen Gärten befassten sich mit über 30 % mit dem Themengebiet der Ethologie. Innerhalb dieses Themenbereiches lassen sich klare Schwerpunkte der beiden zoologischen Gärten feststellen. Publikationen, welche mit dem Zoo Zürich in Verbindung gebracht werden konnten, befassten sich zum Großteil mit der Verbesserung sowie der Analyse der aktuellen Haltungsbedingungen der Zootiere. Insbesondere die tierischen Bewohner der Masoala-Regenwald-Anlage wurden bezüglich des Verhaltens in der neuen Umgebung gemonitort (Falcón et al. 2017, Falcón et al 2018, Furrer et al. 2006, Gehring et al. 2008, Wanger et al. 2008, Wanger et al. 2009).

Die zoologische Forschung im Themengebiet der Ethologie in Wien setzte den Schwerpunkt auf die Beobachtung des Sozialverhaltens der Zootiere (Gunhold et al. 2006, Heiderer et al. 2018, Mangiamele et al. 2016, Stangel et al. 2015, Stoeger-Horwath et al. 2007).

Im Tiergarten Schönbrunn wurde eine Studie bezüglich des möglichen Stresspotentials, das eine Fütterung am Tag auf nachtaktive Tiere haben kann, ausgewertet. Die Aktivitätszeiten des Queensland Koalas konnten von 01:00 bis 04:00 in der Früh festgestellt werden. Die Fütterungszeiten waren zu dem Zeitpunkt der Studie um 8:00 und 10:30, sowie an manchen Tagen zusätzlich zwischen 14:10 und 16:15. Durch die Beobachtung von Koalas konnte festgestellt werden, dass die Änderung der Fütterungszeiten ein notwendiger Schritt in Richtung der Vermeidung von unnötigem Stresspotential wäre (Richter 2006). Dieser Verbesserungsvorschlag an die Zootierhaltung wurde jedoch nicht umgesetzt. Die Fütterung

der Koalas findet, laut der Bekanntgabe der Fütterungszeiten der Zootiere, durch den Tiergarten Schönbrunn, für BesucherInnen um 16:00 statt (Homepage: Schönbrunner Tiergarten-Gesellschaft m.b.H. 2020).

Als Besonderheit der Forschung von Wien und Berlin konnte die Erforschung einheimischer Wildtiere festgestellt werden. Diese Studien stellten fest, dass zoologische Gärten einen wichtigen Rückzugsort für einheimische Wildtiere in urbanen Gebieten darstellen (Kövéer et al. 2019, Uhl et al. 2019, Berger et al. 2020).

Die Urbanisation wird als eine der wichtigsten Ursachen für die Abnahme der Vielfalt an Tier- und Pflanzenarten angesehen. Das Aussterben von einheimischen Arten wird, neben der Zerstörung des natürlichen Habitats durch den Menschen, häufig im Zusammenhang mit Neozoen gebracht (Wustmans 2015). Gleichfalls beschrieben Essl und Rabitsch (2002) Gefährdung einheimischer Populationen durch Neozoen. Die Einbürgerung von Neozoa sehen die Autoren als Folge der Einschleppung fremder Arten, sowie der Zerstörung des Lebensraumes durch den Menschen (Essl und Rabitsch 2002). Grundsätzlich zeigen Neozoen häufig eine ausgeprägte Invasivität, wodurch einheimische Tiere ohne vorangegangene Umweltzerstörung verdrängt werden können (Pyšek et al. 2020). Die einheimischen Tierarten werden zunehmend von standortfremden Tieren verdrängt, wodurch die ursprüngliche Biodiversität verloren geht (McKinney 2002). Faktoren, welche das Vorkommen heimischer Wildtiere negativ beeinflussen, sollen hier genauer erläutert werden, um die Attraktivität von Zoos für heimische Wildtiere besser zu erläutern. Die ständige Anwesenheit von Menschen (Partecke et al. 2006), sowie deren tierischen Mitbewohnern, speziell Hunde und Katzen, sorgen für eine erhebliche Bedrohung. Insbesondere Katzen, welche als Freigänger gehalten werden, gefährden einheimische Singvogel- sowie Reptilienarten (McDonald et al. 2015). Zusätzlich besteht die Konkurrenz zwischen einheimischen Tierarten und sogenannten „Allerweltsarten“, welche häufig eine höhere Anpassungsfähigkeit an das urbane Umfeld zeigen (McKinney 2006). Störfaktoren, welche in Städten permanent vorkommen, wie Luftverschmutzung, die ständige Beleuchtung und der Lärm, sorgen ebenso für das Aussterben von ursprünglich vorkommenden Tierarten (Longcore und Rich 2004). Zoologische Gärten, welche viele dieser Störfaktoren, sowie die permanente Anwesenheit von Menschen und Haustieren nicht aufweisen, stellen dementsprechend ein Rückzugsgebiet für die verdrängten einheimischen Tierarten da. Hinsichtlich einer Minimierung dieser Störfaktoren und der Erweiterung des Lebensraumes für einheimische Populationen, sollten Nachtführungen sowie Abendveranstaltungen in Zoos kritisch

hinterfragt werden.

Um den Schutz dieser Tierarten zu gewährleisten, könnte über die Unterbringung jener Tiere in zoologischen Gärten diskutiert werden. Jedoch sieht Herzog (2019) dies aus tierschutzrechtlicher Sicht als fragwürdig an. In seiner Publikation argumentiert der Autor, dass Tiere, die in Freiheit geboren und aufgewachsen sind, nicht eingesperrt werden sollten. Vielmehr weist er auf die Notwendigkeit für Rückzugsgebiete für einheimische Wildtiere in urbanen Gebieten hin, welche nicht ausschließlich aus Parks und zoologischen Gärten bestehen sollten. Darüber hinaus dokumentierte Herzog einige Beispiele, welche die negativen Auswirkungen von einheimischen Wildtieren in zoologischen Gärten darstellen. Insbesondere Schäden an Gebäuden, sowie die Gefahr der Krankheitsübertragung auf Zootiere, sowie den Menschen, zeigen die negativen Aspekte der Besiedlung von zoologischen Gärten durch Wildtiere.

Die Publikationen im Themenfeld der Ethologie lassen sich zu großen Teilen dem übergeordneten Ziel, welches durch Richtlinie 1999/22/EG vorgeschrieben ist, zuordnen. Sowohl der Tiergarten Schönbrunn als der Zoo Zürich zeigen durch diese Publikationen einen klaren Wunsch nach der Optimierung der Haltungsbedingungen.

Das Forschungsgebiet der Ethologie stellte in den Jahren von 2000 bis 2020 eine untergeordnete Rolle im Zoo Berlin sowie dem Tierpark Berlin dar.

Der überwiegende Schwerpunkt der zoologischen Forschung im Zoo Berlin und im Tierpark Berlin befasste sich hingegen mit Infektionskrankheiten von Zootieren. Bei einer vergleichenden Betrachtung der anderen untersuchten zoologischen Gärten, mit acht Publikationen aus Wien und drei aus Zürich, wird die Besonderheit dieser Schwerpunktsetzung (18 diesbezügliche Publikationen in Berlin) ersichtlich. Als primäres Forschungsziel der Publikationen aus Berlin konnte die Untersuchung der Verbreitung von Krankheitserregern bei Zootieren festgestellt werden (Ferreira et al. 2019, Heym et al. 2019, Kampen et al. 2020, Kuehn et al. 2013, Pozio et al. 2000, Stemmler et al. 2001, Stoebel et al. 2003, Ziegler et al. 2016, Ziegler et al. 2020). Publikationen über die diagnostische Aufarbeitung von aktuellen infektiösen Krankheitsfällen stellte eine Besonderheit der zoologischen Gärten aus Berlin dar.

Enzephalitiden beim Eisbären wurden anhand von drei unterschiedlichen Studien aufgearbeitet, wobei sich zwei dieser Studien auf das Versterben desselben Eisbären beziehen (Tsangaras et al. 2015, Szentiks et al. 2014). Bei besagten Studien wurden

unterschiedliche virale Erreger als ursächliche Pathogene festgestellt. Eine weitere Publikation, zu demselben Eisbären, wurde noch im selben Jahr veröffentlicht. Die letzte Studie zu dieser Thematik stellte eine Autoimmunerkrankung als Ursache für das plötzliche Versterben fest (Prüss et al. 2015). Die Notwendigkeit der Durchführung von drei Studien zu dem Versterben eines Tieres, wobei die anderen Eisbären keine klinischen Symptome zeigten (Prüss et al. 2015, Szentiks et al. 2014, Tsangaras et al. 2015), könnte hinterfragt werden.

Gleichfalls lassen zwei Studien im Themengebiet der Krankheiten infektiöser Genese aus dem Tiergarten Schönbrunn Fragen offen. Um das bisher wenig erforschte Nipah-Virus der Flughunde genauer zu klassifizieren, wurden Hautbiopsien zur Anzucht des Virus benötigt. Die AutorInnen beschreiben in Ihrer Studie, dass diese Biopsien im Rahmen der tierärztlichen Kontrolle entnommen wurden. Weswegen diese jedoch zu der Routine-Untersuchung bei Flughunden im Tiergarten Schönbrunn gehören, wurde in den Studien nicht ausgeführt (Gaudino et al. 2020, Fouret et al. 2020).

Die Stressreduktion bei der Beprobung von Zootieren stellte eine interessante Fragestellung in den zoologischen Gärten von Berlin dar. Durch die Untersuchung der Blutprobenentnahme durch blutsaugende Käfer zeigten Voigt et al. (2006) eine mögliche Alternative zu der herkömmlichen Probengewinnung. Die Blutprobenentnahme durch blutsaugende Käfer konnte jedoch in keiner weiteren Studie gefunden werden. In Zukunft wären weitere Publikationen bezüglich dieser Alternative hilfreich. Derzeit muss aus dem Fehlen weiterer Papers geschlossen werden, dass diese Technik entweder noch nicht praxisreif ist oder aber mit ihrer Hilfe gewonnene Daten (noch) nicht veröffentlicht wurden.

Gleichfalls wurde eine mögliche Stressreduktion im Rahmen des diagnostischen Prozedere von Equinen Herpesviren erforscht. Seeber et al. (2017, 2019) konnten das EHV durch die Beprobung von Beschäftigungsmaterialien sowie in Kotproben nachweisen. Somit zeigten die AutorInnen, dass die herkömmlichen Tupferproben der Nasenschleimhaut und der mit der Probennahme einhergehende Stress der im Zoo gehaltenen Equiden nicht zwingend notwendig sind.

Weitere Studien bezüglich alternativer Möglichkeiten zur Probengewinnung sowie alternativer Probenmaterialien würden vermutlich maßgeblich zu der Stressreduktion von veterinärmedizinischen Maßnahmen bei Zootieren beitragen können. Durch diese erleichterte Diagnostik bei erkrankten Tieren sowie modifizierte Screening-Untersuchungen der gehaltenen Zootiere könnten zukünftig schnellere Erkenntnisse über den Zustand der Tiere

gewonnen werden.

Die Untersuchung der Gefährdung von Zootieren durch opportunistische Pathogene, welche in dem für diese Tiere unnatürlichen Umfeld vorkommen, wurde anhand einer Studie untersucht. Nachdem in dieser Studie lediglich ein Eisbär untersucht wurde, wären weitere Studien hinsichtlich dieser Fragestellung in Zukunft ein interessantes Forschungsthema (Dayaram et al. 2018).

Der Stellenwert von Zootieren in der Gesetzgebung ist durch die genauere Betrachtung einer Studie von Furger et al. (2008) ersichtlich. In dieser Publikation wird die humorale Immunantwort auf die aviäre Influenza Impfung bei im Zoo gehaltenen Vögeln beschrieben. Die Impfung gegen aviäre Influenza ist in Österreich (Geflügelpest-VO 2007), Deutschland (GeflPestSchV 2007) sowie in der Schweiz (Fachinformation Klassische Geflügelpest) verboten. Ausgenommen von diesen Regelungen sind Vögel, welche in zoologischen Gärten gehalten werden. Dementsprechend kann festgehalten werden, dass das Leben von Zootieren vor dem Gesetz einen höheren Stellenwert einnimmt, als jenes von wirtschaftlich genutzten Tieren, sowie einheimischen Wildvögeln.

Die Tierernährung lässt sich als dritthäufigstes Zoo-übergreifendes Thema feststellen. Die Mehrheit der Studien aus diesem Themengebiet konnten dem Zoo Zürich zugeordnet werden. Mit elf Publikationen zeigt dieser Zoo, im Vergleich zu dem Tiergarten Schönbrunn und den zoologischen Gärten in Berlin, einen klaren Schwerpunkt hinsichtlich der Bewertung der Ernährung von gehaltenen Zootieren. In Wien wurden zwei diesbezügliche Studien publiziert, die zoologischen Gärten in Berlin waren an drei Publikationen beteiligt. Als häufigstes Themengebiet im Bereich der Tierernährung wurde die Nahrungsverwertung unterschiedlicher Tierarten vergleichend untersucht. Die dadurch gewonnene Erkenntnis über die Besonderheiten einzelner Tierspezies konnte als Grundlage für Verbesserungsvorschläge der Fütterung der untersuchten Zootieren verwendet werden (Clauss et al. 2006, Clauss et al. 2007, Schwarm et al. 2006, Steuer et al. 2010).

Die Reproduktionsmedizin stellte in dem betrachteten Zeitraum ein untergeordnetes Forschungsgebiet der zoologischen Gärten dar. Zoo-übergreifend waren 10 % der Publikationen der Reproduktionsmedizin gewidmet. Die meisten Studien konnten dem Zoo Berlin zugeordnet werden Die Publikationen im Themengebiet der Reproduktionsmedizin befassten sich zu großen Teilen mit der Vermehrung von bedrohten Tierarten. Dabei konnten im Tiergarten Schönbrunn erfolgreiche Nachkommen bei Batagur-Flußschildkröten und Nasenmuränen gezogen werden (Preininger et al. 2015, Weissenbacher et al. 2015). Diese

erfolgreichen Aufzuchten werden durch eine Studie, welche dem Themengebiet der Ethologie zugeordnet wurde, ergänzt. In dieser Studie wurde die erste dokumentierte erfolgreiche Zwillingsaufzucht bei großen Pandabären beschrieben. Mit dieser Dokumentation der erfolgreichen Vermehrung sowie Aufzucht von Zootieren in Gefangenschaft, zeigt der Tiergarten Schönbrunn ein klares Streben nach der Erfüllung der Forschungsziele der Richtlinie 1999/22/EG.

Gleichermaßen konnte das Streben nach der Vermehrung von Zootieren in den zoologischen Gärten von Berlin festgestellt werden. Die Gesamtheit der diesbezüglich gefundenen Studien beschäftigten sich mit Fragestellungen bezüglich Verbesserungen im Bereich der Zucht von exotischen Tieren, wie Asiatischen Elefanten, Sandkatzen, Falbkatzen, Bengalkatzen, Fischkatzen, Kleinfleckkatzen, Pumas, Geparden, Pardelluchsen, Eurasischen Luchsen, Ozelots, Karakals, Servals, Schwarzen Panthern, Chinesischen Leoparden, Persischen Leoparden, Sumatra-Tigern, Indochinesischen Tigern, nördlichen Tigerkatzen, Löwen, Fossas, Schabrackenhyänen und Schraubenziegen, in Gefangenschaft (Dehnhard et al. 2001, Dehnhard et al. 2012, Hammer et al. 2008, Vogler et al. 2009, Westbury et al. 2018, Wiedemann et al. 2012).

In Bezug auf die Aufgaben von zoologischen Gärten, welche sowohl durch die Europäische Union als auch durch die European Association of Zoos and Aquaria (EAZA), vorgeschrieben werden (Richtlinie 1999/22/EG, Reid et al. 2009), zeigen die Zoos eine unerwartet geringe Schwerpunktsetzung der Studien hinsichtlich der Aufzucht sowie Wiedereinbürgerung in den natürlichen Lebensraum. In Zukunft könnte eine vermehrte Zielsetzung bezüglich der Forschung in diesem Themengebiet hilfreich sein, um diesen vorgeschriebenen Forschungszielen gerecht zu werden. Die erfolgreiche Wiedereinbürgerung von gezüchteten Zootieren wurde mit keiner Studie festgehalten.

Bei der Betrachtung der IUCN Roten Liste der gefährdeten Arten wird das Flusspferd als vom Aussterben bedrohte Spezies eingestuft (Lewison und Pluháček 2017). Dementsprechend kann die Kastration von männlichen Nilpferden, welche im Zuge einer Studie von 2014 durchgeführt wurden, kritisch betrachtet werden (Walter et al. 2014).

Die Ätiologie nicht infektiöser Krankheiten konnte bei sechs von neun Studien aktuellen Krankheitsfällen bei Zootieren zugeordnet werden (Müller et al. 2009, Mellor et al. 2020, Steinmetz et al. 2007, Gull et al. 2009, Jurado et al. 2008, Forrer et al. 2001). Entsprechende Verbesserungsmaßnahmen, welche sich in erster Linie auf die Fütterung der Zootiere fokussierten, wurden in allen genannten Studien beschrieben. Nachdem die Haltung von

Zootieren deren natürlichen Bedürfnissen entsprechen muss, sollten diese Mängel in den zoologischen Gärten minimiert werden, falls dies noch nicht geschehen ist (Richtlinie 1999/22/EG). Entsprechende Anpassungen der Zootierhaltung an die beobachteten Missstände, konnten in keinen Publikationen gefunden werden.

Bei einer Auswertung der Obduktionsbefunde von Wiederkäuern, welche zwischen 1950 und 2005 im Zoo Zürich verstorben sind, kamen die AutorInnen zu dem Ergebnis, dass diese Tiere im Durchschnitt lediglich 41 % ihrer natürlichen Lebenserwartung erreichen (Jurado et al. 2008). Die Durchführung einer Folgestudie hinsichtlich der aktuellen Lebenserwartung der im Zoo Zürich gehaltenen Wiederkäuer konnte bis Dezember 2020 nicht gefunden werden. Dies wäre jedoch sehr interessant, um eine Verbesserung der Lebensqualität jener Tiere zu evaluieren.

Der Großteil der phylogenetischen Studien wurden in Zusammenarbeit mit dem Tiergarten Schönbrunn durchgeführt. In diesem Themengebiet wurden, zusammen mit der Reproduktionsmedizin, die drittmeisten Publikationen veröffentlicht. Sowohl im Zoo Zürich als auch in den Zoologischen Gärten Berlin, nahm die Phylogenetik eine geringe Rolle mit 9 % aller durchgeführten Studien ein. Gleichfalls stellt sich die Verteilung in Bezug auf die zoo-übergreifenden Schwerpunkte dar. Zusammen mit den nicht infektiösen Erkrankungen wurde die geringste Forschungsarbeit in diesen Themengebieten geleistet.

In den Bereichen der Phylogenetik, der Untersuchung nicht infektiöser Krankheiten, sowie der Reproduktionsmedizin wurde die geringste Forschungsarbeit geleistet. Eine Schwerpunktsetzung in Richtung dieser Themengebiete, insbesondere der Reproduktionsmedizin, könnte zu einem besseren Verständnis der Zootiere, einem intensiveren Aufbau von ex-situ Populationen sowie der weiteren Ausführung der rechtlich vorgeschriebenen Aufgaben von zoologischen Gärten, dienen (Richtlinie 1999/22/EG).

5. Zusammenfassung

Die wissenschaftliche Forschung in bedeutenden Zoos des deutschsprachigen Raumes zeigte in den Jahren von 2000 bis 2020 ein breites Spektrum an Thematiken. Bei der Betrachtung der unterschiedlichen zoologischen Gärten konnten verschiedene Schwerpunkte festgestellt werden. Während der Tiergarten Schönbrunn und der Zoo Zürich einen großen Beitrag im Gebiet der Ethologie leisteten, wurden in den Zoologischen Gärten in Berlin Infektionskrankheiten von Zootieren genauer untersucht. Die zoologischen Gärten scheinen, anhand der Forschungsarbeiten, dem Wunsch nach einer optimierten Zootierhaltung, insbesondere der Verbesserung des Tierwohls, nachzugehen. Die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse ist scheinbar in manchen Bereichen entweder noch nicht gelungen oder diese Erneuerungen wurden nicht publiziert. Hierdurch erscheinen manche Publikationen interessant, jedoch von fraglichem Nutzen.

Hinsichtlich der Erfüllung der vorgegebenen Forschungsziele von zoologischen Gärten, wäre eine Schwerpunktsetzung auf das Themengebiet der Reproduktionsmedizin, sowie die wissenschaftliche Dokumentation der Umsetzung der Ergebnisse der aktuellen Studien der Ethologie wünschenswert. Insbesondere Publikationen, bezüglich der erfolgreichen Auswilderung von erfolgreichen Nachzuchten in zoologischen Gärten, würden die bereits veröffentlichten Publikationen zu den gelungenen Aufzuchten ergänzen.

Der Großteil der Arbeiten beschäftigte sich mit Säugetieren. In Zukunft sollten aber ebenso andere Tierklassen in Forschungsvorhaben mit einbezogen werden.

6. Summary

In summary it can be said that scientific work in the analysed zoological gardens showed a wide spectrum of topics between 2000 and 2020. Prioritization of individual fields of research seems to be unique to the different zoological gardens. While a great number of publications regarding ethology came from Tiergarten Schönbrunn and Zoo Zurich, the zoological gardens of Berlin showed more interest in the classification and analysis of infectious diseases. Therefore, it can be concluded that each zoological garden takes great care in providing health to the zoo animals. Nevertheless, some changes, which were recommended in some of the studies, were not performed or not published. Looking forward, these changes should be applied to provide a species-appropriate environment to each zoo animal species. Additionally, the lack of research in the field of reproductive medicine should be recognised in further scientific work. Documentations regarding the reintroduction of zoo animals into the wild could not be found. Therefore, studies related to this subject seem feasible for further research. Most studies found covered mammals. Therefore, future studies referring to other animal classes should be performed.

7. Literaturverzeichnis

- Barongi R, Finken FA, Parker M, Gusset M. 2015. Committing to Conservation: The World Zoo and Aquarium Conservation Strategy. Gland: WAZA Executive Office, 69.
- Dittrich L. 2007. Zootierhaltung – Tiere in menschlicher Obhut. Grundlagen. Neunte Auflage. Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main, 13-14.
- Essl F, Rabitsch W. 2002. Neobiota in Österreich. Umweltbundesamt, Wien: 20.
- Grimm H, Wild M. 2016. Tierethik zur Einführung. Junius Verlag GmbH, Hamburg, 186-188.
- Herzog S. 2019. Wildtiere in historischen Gärten. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften.
- IUCN/SSC. 2013. Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission, viii + 57 pp.
- Lehmann O. 2012. Tiergarten Schönbrunn, Mythos und Wahrheit. Erste Aufl. Wien: Verlag Christian Brandstätter, 10-47.
- Lewison R, Pluháček J. 2017. Hippopotamus amphibius. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T10103A18567364.
- Longcore T, Rich C. 2004. Ecological light pollution. In: *Frontiers in Ecology and the Environment* 2(4): 191–198.
- Maier-Wolthausen C, Knieriem A, Hrsg. 2019. Hauptstadt der Tiere. Die Geschichte des ältesten deutschen Zoos. Christoph Links Verlag GmbH, Berlin, 21-84.
- May CK. 2020. Die Szenografie der Wildnis. Immersive Techniken in zoologischen Gärten im 20. und 21. Jahrhundert. Neofelis Verlag GmbH, Berlin, 146-161.
- McKinney ML. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *Bioscience*, 52: 883–890.
- McKinney ML. 2006. Urbanization, as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127: 247–260.
- Mellor DJ, Hunt S, Gusset, M. 2015. Caring for Wildlife: The World Zoo and Aquarium Animal Welfare Strategy. Gland: WAZA Executive Office, 87.
- Partecke J, Schwabl I, Gwinner E. 2006. Stress and the city: urbanization and its effects on the stress physiology in European blackbirds, *Ecology* 87(8): 1945–1952.

Pyšek P, Hulme E, Simberloff D, Bacher S, Blackburn TM, Carlton JT, Dawson W, Essl F, Foxcroft LC, Genovesi P, Jeschke JM, Kühn I, Liebhold AM, Mandrak NE, Meyerson LA, Pauchard A, Pergl J, Roy HE, Seebens H, van Kleunen M, Vilà M, Wingfield MJ, Richardson DM. 2020. Scientists' warning on invasive alien species. *Biol. Rev.* 95: 1511-1534.

Pregner K. 2018. *War Zone Zoo: The Berlin Zoo and World War*. Independently Published.

Reid GM, Macdonald AA, Fidgett AL, Hiddinga B, Leus K (Hrsg). 2009. *Das Forschungspotential in Zoos und Aquarien. Die Forschungsstrategie der EAZA*. Filander Verlag GmbH, Erlangen.

Wustmans C. 2015. *Tierethik als Ethik des Artenschutzes. Chancen und Grenzen*. W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart, 1. Auflage.

7.1 Arbeiten aus Schönbrunn

Alfano N, Courtiol A, Vielgrader H, Timms P, Roca AL, Greenwood AD. 2015. Variation in koala microbiomes within and between individuals: effect of body region and captivity status. *Scientific Reports*, 5, 10189.

Auersperg AMI, Oswald N, Domanegg M, Gajdon GK, Bugnyar T. 2014. Unrewarded Object Combinations in Captive Parrots. *Anm. Behav, Cogn.*, 1(4): 470-488.

Basso W, Edelhofer R, Zenker W, Möstl K, Küber-Heiss A, Prosl H. 2005. Toxoplasmosis in Pallas' cats (*Otocolobus manul*) raised in captivity. *Parasitology*, 130(3): 293-299.

Braeuer S, Dungal E, Hoffmann W, Li D, Wang C, Zhang H, Goessler W. (2017): Unusual arsenic metabolism in Giant Pandas. *Chemosphere*, 189: 419-424.

Dinhopl N, et al. 2011. Application of in-situ hybridization for the detection and identification of avian malaria parasites in paraffin wax-embedded tissues from captive penguins. *Avian Pathology*, 40(3): 315-320.

Ehrlich F, Fischer H, Langbein L, Praetzel-Wunder S, Ebner B, Figlak K, Weissenbacher A, Sipos W, Tschachler E, Eckhart L. 2018. Differential Evolution of the Epidermal Keratin Cytoskeleton in Terrestrial and Aquatic Mammals. *Mol. Biol. Evol.*, 36(2): 328–340.

Fouret J, Brunet FG, Binet M, Aurine N, Enchéry F, Croze S, Guinier M, Goumaidi A, Preininger D, Volf J-N, Bailly-Bechet M, Lachuer J, Horvat B and Legras-Lachuer C. 2020. Sequencing the Genome of Indian Flying Fox, Natural Reservoir of Nipah Virus, Using Hybrid Assembly and Conservative Secondary Scaffolding. *Front. Microbiol*, 11(1807).

- Gamero-Mora E, Halbauer R, Bartsch V, Stampar N, Morandini AC. 2019. Regenerative Capacity of the Upside-down Jellyfish *Cassiopea xamachana*. *Zoological Studies* 58(37).
- Gaudino M, Aurine N, Dumont E, Fouret J, Ferren M, Mathieu C, Reynard O, Volchkov VE, Georges-Courbot MC, Horvat B. 2020. High Pathogenicity of Nipah Virus from *Pteropus lylei* Fruit Bats, Cambodia. *Emerging Infectious Diseases*, 26(1).
- Gunhold T, Weissenböck NM, Schwammer HM. 2006. Die Dominanzhierarchie in der Herde Afrikanischer Elefanten (*Loxodonta africana*) im Tiergarten Schönbrunn. *Zool. Garten N.F.*, 76(3): 169-177.
- Heiderer M, Westenberg C, Li D, Zhang H, Preininger D, Dungl E. 2018. Giant panda twin rearing without assistance requires more interactions and less rest of the mother—A case study at Vienna Zoo. *PLoS ONE*, 13(11): e0207433.
- Hermes R, Saragusty J, Moser I, Holtze S, Nieter J, Sachse K, Voracek T, Bernhard A, Bouts T, Göritz F, Hildebrandt TB. 2018. Bronchoalveolar lavage for diagnosis of tuberculosis infection in elephants. *Epidemiology and Infection*, 146: 481-488.
- Hein A, Palme R, Baumgartner K, von Fersen L, Woelfing B, Greenwood AD, Bechshoft T, Siebert U. 2020. Faecal glucocorticoid metabolites as a measure of adrenocortical activity in polar bears (*Ursus maritimus*). *Conserv Physiol*, 8(1).
- Hittmair KM, Vielgrader HD. 2005. Radiographic Diagnosis of Lameness in African Elephants (*Loxodonta africana*). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(6): 511-515.
- Holthaus KB, Strasser N, Sipos W, Schmidt HA, Mlitz V, Sukserree S, Weissenbacher A, Tschachler E, Alibardi L, Eckhart L. 2015: Comparative Genomics Identifies Epidermal Proteins Associated with the Evolution of the Turtle Shell. *Mol. Biol. Evol.*, 33(3): 726-737.
- Holthaus KB, Strasser B, Lachner J, Sukserree S, Sipos W, Weissenbacher A, Tschachler E, Alibardi L, Eckhart L. 2018. Comparative Analysis of Epidermal Differentiation Genes of Crocodylians Suggests New Models for the Evolutionary Origin of Avian Feather Proteins. *Genome Biol. Evol.*, 10(2): 694–704.
- Juncker-Voss M, Prosl H, Lussy H, Enzenberg U, Auer, H, Nowotny N. 2000. Serological Detection of *Capillaria hepatica* by Indirect Immunofluorescence Assay. *Journal of Clinical Microbiology*, 38(1): 431-433.
- Kienberger K, Riera-Buch M, Schönemann AM, Bartsch V, Halbauer R, Prieto L. 2018. First description of the life cycle of the jellyfish *Rhizostoma luteum* (Scyphozoa: Rhizostomeae). *PLoS ONE*, 13(8): e0202093.

- Kehlmaier C, Graciá E, Campbell PD, Hofmeyr MD, Schweiger S, Martínez-Silvestre A, Joyce W, Fritz U. 2019. Ancient mitogenomics clarifies radiation of extinct Mascarene giant tortoises (*Cylindraspis* spp.). *Scientific Reports* 9(17487).
- Kövér L, Lengyel S, Takenaka M, Kirchmeir A, Uhl F, Miller R, Schab C. 2019. Why do zoos attract crows? A comparative study from Europe and Asia. *Ecology and Evolution*, 9: 14465-14475.
- Mangiamele LA, Fuxjager MJ, Schuppe ER, Taylor RS, Hödl W, Preininger D. 2016. Increased androgenic sensitivity in the hind limb muscular system marks the evolution of a derived gestural display. *PNAS*, 113(20): 5664-5669.
- Mellor EL, Cuthill IC, Schwitzer C, Mason GJ, Mendl M. 2020. Large Lemurs: Ecological, Demographic and Environmental Risk Factors for Weight Gain in Captivity. *Animals*, 10(1443).
- Morrow JL, Schneider DI, Klasson L, Janitz C, Miller WJ, Riegler M. 2020. Parallel Sequencing of *Wolbachia* wCer2 from Donor and Novel Hosts Reveals Multiple Incompatibility Factors and Genome Stability after Host Transfers. *Genome Biol. Evol*, 12(5):720-735.
- Preininger D, Halbauer R, Bartsch V, Weissenbacher A. 2015. First Observations of Fertilized Eggs and Preleptocephalus Larvae of *Rhinomuraena quaesita* in the Vienna Zoo. *Zoo Biology*, 34: 85-88.
- Richter C. 2006. Chrono-Ethologic Investigations on the Queensland Koala (*Phascolarctos cinereus adustus*) in Captivity. *Zoo Biology*, 25: 358-366.
- Stangel J, Preininger D, Sztatecsny M, Hödl W. 2015. Ontogenetic Change of Signal Brightness in the Foot-Flagging Frog Species *Staurois parvus* and *Staurois guttatus*. *The Herpetologists`League, Inc.*, 71(1):1-7.
- Stoeger-Horwath AS, Stoeger S, Schwammer HM. 2007. Call repertoire of infant African elephants: First insights into early vocal ontogeny. *J Acoust Soc Am*, 121(6): 3922-3931.
- Tsangaras K, Siracusa MC, Nikolaidis N, Ishida Y, Cui P, et al. 2014. Hybridization Capture Reveals Evolution and Conservation across the Entire Koala Retrovirus Genome. *PLoS ONE*, 9(4): 5-13.
- Uhl F, Ringler M, Miller R, Deventer SA, Bugnyar T, Schwab C. 2019. Counting crows: population structure and group size variation in an urban population of crows. *Behavioral Ecology*, 30(1): 57–67.
- Walzer C, Petit T, Stalder GL, Horowitz I, Saragusty J, Hermes R. 2014. Surgical castration of the male common hippopotamus (*Hippopotamus amphibius*). *Theriogenology*, 81: 514-518.

Weissenbacher A, Preininger D, Ghosh R, Morshed AGJ, Praschag P. 2015. Conservation breeding of the Northern river terrapin *Batagur baska* at the Vienna Zoo, Austria, and in Bangladesh. *International Zoo Yearbook*, 49: 31-41.

Weissenböck NM, Schwammer HM, Ruf T. 2009. Estrous synchrony in a group of African elephants (*Loxodonta africana*) under human care. *Animal Reproduction Science*, 113: 322-326.

7.2 Arbeiten aus Zürich

Bahr NI, Martin RD, Pryce CR. 2001. Peripartum Sex Steroid Profiles and Endocrine Correlates of Postpartum Maternal Behavior in Captive Gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*). *Hormones and Behaviour*, 40: 533-541.

Burgener N, Gusset M, Schmid H. 2008. Frustrated Appetitive Foraging Behavior, Stereotypic Pacing, and Fecal Glucocorticoid Levels in Snow Leopards (*Uncia uncia*) in the Zurich Zoo. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 11(1): 74-83.

Clauss M, Castell JC, Kienzle E, Dierenfeld ES, Flach EJ, Behlert O, Ortmann S, Streich WJ, Hummel J, Hatt J-M. 2006. Digestion coefficients achieved by the black rhinoceros (*Diceros bicornis*), a large browsing hindgut fermenter. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90: 325–334.

Clauss M, Castell JC, Kienzle E, Schramel P, Dierenfeld ES, Flach EJ, Behlert O, Streich WJ, Hummel J, Hatt J-M. 2007. Mineral absorption in the black rhinoceros (*Diceros bicornis*) as compared with the domestic horse. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 91: 193–204.

Cottle L, Tamir D, Hyseni M, Bühler D, Lindemann-Matthies P. 2010. Feeding Live Prey to Zoo Animals: Response of Zoo Visitors in Switzerland. *Zoo Biology*, 29: 344-350.

Crottini A, Rosa GM, Penny SG, Cocca W, Holderied MW, Rakotozafy LMS, Andreone F. 2020. A new stump-toed frog from the transitional forests of NW Madagascar (Anura, Microhylidae, Cophylinae, Stumpffia). *ZooKeys*, 933: 139–164.

Dittmann MT, Runge U, Lang RA, Moser D, Galeffi C, Kreuzer M, Clauss M. 2014. Methane Emission by Camelids. *PLoS ONE*, 9(4): e94363.

Dittmann MT, Runge U, Ortmann S, Lang RA, Moser D, Galeffi C, Schwarm A, Kreuzer M, Clauss M. 2015. Digesta retention patterns of solute and different-sized particles in camelids compared with ruminants and other foregut fermenters. *Journal of Comparative Physiology B*, 185(5): 559-573.

- Espíndola-Hernández P, Mueller JC, Carrete M, Boerno S, Kempenaers B. 2020. Genomic Evidence for Sensorial Adaptations to a Nocturnal Predatory Lifestyle in Owls. *Genome Biol. Evol.* 12(10): 1895-1908.
- Falcón W, Baxter RP, Furrer S, Bauert M, Hatt J-M, Schaeppman-Strub G, Ozgul A, Bunbury N, Clauss M, Hansen DM. 2017. Patterns of activity and body temperature of Aldabra giant tortoises in relation to environmental temperature. *Ecology and Evolution*, 8: 2108-2121.
- Falcón W, Furrer S, Bauert M, Hatt J-M, Hansen DM, Clauss M. 2018. Evaluation of artificial heating sources for the thermoregulation of Aldabra giant tortoises (*Aldabrachelys gigantea*) in Zurich zoo. *Zoo Biology*, 37: 458-465.
- Forrer R, Wenker Ch, Gautschi K, Lutz H. 2001. Concentration of 17 Trace Elements in Serum and Whole Blood of Plains Viscachas (*Lagostomus maximus*) by ICP-MS, Their Reference Ranges, and Their Relation to Cataract. *Biological Trace Element Research*, 81(1):47-62.
- Forss SIF, Schuppli C, Haiden D, Zweifel N, Van Schaik CP. 2015. Contrasting Responses to Novelty by Wild and Captive Orangutans. *American Journal of Primatology*, 77: 1109-1121.
- Franz R, Soliva CR, Kreuzer M, Hatt J-M, Furrer S, Hummel J, Clauss M. 2011. Methane Output of Tortoises: Its Contribution to Energy Loss Related to Herbivore Body Mass. *PLoS ONE*, 6(3): e17628.
- Furger M, Hoop R, Steinmetz H, Eulenberger U, Hatt J-M. 2008. Humoral Immune Response to Avian Influenza Vaccination Over a Six-Month Period in Different Species of Captive Wild Birds. *Avian Diseases*, 52: 222-228.

- Furrer SC, Hatt JM, Snell H, Marquez C, Honegger RE, Rübél A. 2004. Comparative Study on the Growth of Juvenile Galapagos Giant Tortoises (*Geochelone nigra*) at the Charles Darwin Research Station (Galapagos Islands, Ecuador) and Zoo Zurich (Zurich, Switzerland). *Zoo Biology*, 23: 177-179.
- Furrer SC, Jaag K, Stockar S, Rübél A. 2006. First Experiences With Free-Ranging Giant Day Geckos (*Phelsuma madagascariensis grandis*, Gray 1870) in the Masoala Rainforest Exhibit in Zurich Zoo, Switzerland. *Zoo Biology*, 25: 409-415.
- Gehring PS, Lutzmann N, Furrer S, Sossinka R. 2008. Habitat preferences and activity patterns of *Furcifer pardalis* (Cuvier, 1829) in the Masoala Rain Forest Hall of the Zurich Zoo. *Salamandra*, 44(3): 129-140.
- Gull J, Steinmetz H, Clauss M, Besselmann D, Ossent P, Wenker CJ, Hatt J-M. 2009. Occurrence of Cataract and Fatty Liver in Captive Plains Viscachas (*Lagostomus maximus*) in Relation to Diet. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 40(4): 652-658.
- Hohl CJM, Codron D, Kaiser TM, Martin LF, Müller DWH, Hatt J-M, Clauss M. 2020. Chewing, dental morphology and wear in tapirs (*Tapirus* spp.) and a comparison of free-ranging and captive specimens. *PLoS ONE* 15(6): e0234826.
- Jenny S, Schmid H. 2002. Effect of Feeding Boxes on the Behavior of Stereotyping Amur Tigers (*Panthera tigris altaica*) in the Zurich Zoo, Zurich, Switzerland. *Zoo Biology*, 21: 573-584.
- Jürges V, Kitzler, J, Zingg R, Radespiel U. 2013. First Insights into the Social Organisation of Goodman's Mouse Lemur (*Microcebus lehilahytsara*) – Testing Predictions from Socio-Ecological Hypotheses in the Masoala Hall of Zurich Zoo. *Folia Primatol*, 84: 32-48.
- Lall KR, Jones RK, Garcia GW. 2020. Natural Habitat, Housing, and Restraint of Six Selected Neotropical Animals in Trinidad and Tobago with the Potential for Domestication. *Scientifica*.
- Loog L, Thalmann O, Sinding M-HS. et al. 2020. Ancient DNA suggests modern wolves trace their origin to a Late Pleistocene expansion from Beringia. *Mol Ecol.*, 29:1596–1610.
- Schönenberger AC, Wagner S, Tuten HC, Schaffner F, Torgerson P, Furrer S, Mathis A, Silaghi C. 2016. Host preferences in host-seeking and blood-fed mosquitoes in Switzerland. *Medical and Veterinary Entomology*, 30: 39-52.
- Sommerfeld R, Bauert M, Hillmann E, Stauffacher M. 2006. Feeding Enrichment by Self-Operated Food Boxes for White-Fronted Lemurs (*Eulemur fulvus albifrons*) in the Masoala Exhibit of the Zurich Zoo. *Zoo Biology*, 25: 145-154.

- Song SJ, Sanders JG, Delsuc F, Metcalf J, Amato K, Taylor MW, Mazel F, Lutz HL, Winker K, Graves GR, Humphrey G, Gilbert JA, Hackett SJ, White KP, Skeen HR, Kurtis SM, Withrow J, Braile T, Miller M, McCracken KG, Maley JM, Ezenwa VO, Williams A, Blanton JM, McKenzie VJ, Knight R. 2020. Comparative analyses of vertebrate gut microbiomes reveal convergence between birds and bats. *mBio*, 11(1).
- Steinmetz HW, Clauss M, Feige K, Thio T, Isenbügel E, Hatt J-M. 2007. Recurrent Tongue Tip Constriction in a Captive Giant Anteater (*Myrmecophaga Tridactyla*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 38(1): 146-149.
- Steinmetz HW, Bakonyi T, Weissenböck H, Hatt JM, Eulenberger U, Robert N, Hoop RK, Nowotny N. 2011. Emergence and establishment of Usutu virus infection in wild and captive avian species in and around Zurich, Switzerland-Genomic and pathologic comparison to other central European outbreaks. *Veterinary Microbiology*, 148(2-4): 207-212.
- Steuer P, Clauss M, Südekum KH, Hat JM, Silinski S, Klomburg S, Zimmermann W, Fickel J, Streich WJ, Hummel J. 2010. Comparative investigations on digestion in grazing (*Ceratotherium simum*) and browsing (*Diceros bicornis*) rhinoceroses. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A, Molecular and Integrative Physiology*, 156(4):380-388.
- Traber SY, Müller AE. 2006. A Note on the Activity Cycle of Captive White-Fronted Lemurs (*Eulemur fulvus albifrons*). *Folia Primatol.*, 77: 139–142.
- Jurado OM, Clauss M, Streich J, Hatt J-M. 2008. Irregular Tooth Wear and Longevity in Captive Wild Ruminants: A Pilot Survey of Necropsy Reports. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 39(1): 69-75.
- Vendl C, Frei S, Dittmann MT, Furrer S, Osmann C, Ortmann S, Munn A, Kreuzer M, Clauss M. 2016. Digestive physiology, metabolism and methane production of captive Linne's two-toed sloths (*Choloepus didactylus*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100: 552–564.
- Wanger TC, Motzke I, Furrer SC, Brook BW, Gruber B. 2008. How to monitor elusive lizards: comparison of capture–recapture methods on giant day geckos (*Gekkonidae*, *Phelsuma madagascariensis grandis*) in the Masoala rainforest exhibit, Zurich Zoo. *Ecological Research* 24: 345-353.
- Wanger TC, Motzke I, Furrer SC, Gruber B. 2009. Movement patterns and habitat selection of the giant day gecko (*Phelsuma madagascariensis grandis*) in the Masoala rainforest exhibit, Zurich Zoo. *Salamandra*, 45(3): 147-153.

7.3 Arbeiten aus Berlin

Benoit J, Legendre LJ, Farke AA, Neenan JM, Mennecart B, Costeur L, Merigeaud S, Manger PR. 2020. A test of the lateral semicircular canal correlation to head posture, diet and other biological traits in “ungulate” mammals. *Scienc Reports* 10:19602.

Berger A, Lozano B, Barthel LM, Schubert N. 2020. Moving in the Dark—Evidence for an Influence of Artificial Light at Night on the Movement Behaviour of European Hedgehogs (*Erinaceus europaeus*). *Animals*, 10(1306).

Ceacero F, Pluháček J, Komárková M, Zábřanský M. 2015. Pre-orbital gland opening during aggressive interactions in rusa deer (*Rusa timorensis*). *Behavioural Processes*, 111: 51–54.

Dayaram A, Tsangaras K, Pavulraj S, Azab W, Groenke N, Wibbelt G, Sicks F, Osterrieder N, Greenwood AD. 2018. A novel divergent polar bear-associated mastadenovirus recovered from a deceased juvenile polar bear. *mSphere*, 3: e00171-18.

Dehnhard M, Heistermann M, Göritz F, Hermes R, Hildebrandt T, Haber H. 2001. Demonstration of 2-unsaturated C19-steroids in the urine of female Asian elephants, *Elephas maximus*, and their dependence on ovarian activity. *Reproduction* 121: 475-484.

Dehnhard M. 2007. Characterisation of the sympathetic nervous system of Asian (*Elephas maximus*) and African (*Loxodonta africana*) elephants based on urinary catecholamine analyses. *General and Comparative Endocrinology*, 151: 274–284.

Dehnhard M, Finkenwirth C, Crosier A, Penfold F, Ringleb J, Jewgenow K. 2012. Using PGFM (13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F_{2α}) as a non-invasive pregnancy marker for felids. *Theriogenology*, 77: 1088-1099.

Escalera-Zamudio M, Mendoza MLZ, Heeger F, Loza-Rubio E, Rojas-Anaya E, Méndez-Ojeda ML, Taboada B, Mazzoni CJ, Arias CF, Greenwood AD. 2015. A novel endogenous betaretrovirus in the common vampire bat (*Desmodus rotundus*) suggests multiple independent infection and cross-species transmission events. *J Virol*, 89: 5180 –5184.

Ferreira SC, Torelli F, Klein S, Fyumagwa R, Karesh WB, Hofer H, Seeber F, East ML. 2019. Evidence of high exposure to *Toxoplasma gondii* in free-ranging and captive African carnivores. *parasites and Wildlife*, 8: 111–117.

Frey R, Volodin IA, Fritsch G, Volodina EV. 2016. Potential Sources of High Frequency and Biphonic Vocalization in the Dhole (*Cuon alpinus*). *PLoS ONE*, 11(1): e0146330.

Heym EC, Kampen H, Krone O, Schäfer M, Werner D. 2019. Molecular detection of vector-borne pathogens from mosquitoes collected in two zoological gardens in Germany.

Parasitology Research, 118: 2097–2105.

Hummel J, Fritz J, Kienzle E, Medici EP, Lang S, Zimmermann W, Streich WJ, Clauss M. 2008. Differences in Fecal Particle Size Between Free-ranging and Captive Individuals of Two Browser Species. *Zoo Biology*, 27(1):70-77.

Kampen H, Holicki CM, Ziegler U, Groschup MH, Tews BA, Werner D. 2020. West Nile Virus Mosquito Vectors (Diptera: Culicidae) in Germany. *Viruses*, 12(498).

Kuehn A, Schulze C, Kutzer P, Hlinak A, Ochs A, Grunow R. 2013. Tularaemia seroprevalence of captured and wild animals in Germany: the fox (*Vulpes vulpes*) as a biological indicator. *Epidemiol. Infect.*, 141: 833–840.

Müller DWH, Szentiks CA, Wibbelt G. 2009. Polycystic Kidney Disease in Adult Brazilian Agoutis (*Dasyprocta leporina*). *Vet. Pathol.*, 46:656-661.

Pfaff F, Schulze C, König P, Franzke K, Bock S, Hlinak A, Kämmerling J, Ochs A, Schüle A, Mettenleiter TC, Höper D, Beer M. 2017. A novel alphaherpesvirus associated with fatal diseases in banded Penguins. *Journal of General Virology*, 98: 89–95.

Pitra C, Lieckfeldt D, Frahnert S, Fickel J. 2002. Phylogenetic Relationships and Ancestral Areas of the Bustards (Gruiformes: Otidae), Inferred from Mitochondrial DNA and Nuclear Intron Sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 23(1): 63–74.

Pozio E, Nöckler K, Hoffman L, Voigt WP. 2000. Autochthonous and imported *Trichinella* isolates in Germany. *Veterinary Parasitology*, 87: 157–161.

Prüss H, Leuber J, Wenke NK, Cziráj GA, Szentiks CA, Greenwood AD. 2015. Anti-NMDA Receptor Encephalitis in the Polar Bear (*Ursus maritimus*) Knut. *Sci. Rep.*, 5: 12805.

Reissmann M, Lutz W, Lieckfeldt D, Sandoval-Castellanos E, Ludwig A. 2020. An Agouti-Signaling-Protein Mutation is Strongly Associated with Melanism in European Roe Deer (*Capreolus capreolus*). *Genes*, 11(647).

Schwarm A, Ortmann S, Hofer H, Streich WJ, Flach EJ, Kühne R, Hummel J, Castell JC, Clauss M. 2006. Digestion studies in captive Hippopotamidae: a group of large ungulates with an unusually low metabolic rate. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90: 300–308.

Schwarm A, Ortmann S, Wolf C, Streich WJ, Clauss M. 2009. Passage Marker Excretion in Red Kangaroo (*Macropus rufus*), Collared Peccary (*Pecari tajacu*) and Colobine Monkeys (*Colobus angolensis*, *C. polykomos*, *Trachypithecus johnii*). *Journal of Experimental Zoology*, 311A: 647-661.

- Seeber PA, Soilemetzidou SE, East ML, Walzer C, Greenwood AD. 2017. Equine behavioral enrichment toys as tools for non-invasive recovery of viral and host DNA. *Zoo Biology*, 36: 341–344.
- Seeber PA, Quintard B, Sicks F, Dehnhard M, Greenwood AD, Franz M. 2018. Environmental stressors may cause equine herpesvirus reactivation in captive Grévy's zebras (*Equus grevyi*). *PeerJ*, 6: e5422.
- Seeber PA, Dayaram A, Sicks F, Osterrieder N, Franz M, Greenwood AD. 2019. Noninvasive detection of equid herpesviruses in fecal samples. *Appl. Environ. Microbiol.*, 85: e02234-18.
- Slater GJ, Cui P, Forasiepi AM, Lenz D, Tsanagaras K, Voirin B, Moraes-Barros N, MacPhee DE, Greenwood AD. 2016. Evolutionary Relationships among Extinct and Extant Sloths: The Evidence of Mitogenomes and Retroviruses. *Genome Biol. Evol.*, 8(3): 607–621.
- Stemmler M, Neubaer H, Meyer H. 2001. Comparison of Closely Related Orthopoxvirus Isolates by Random Amplified Polymorphic DNA and Restriction Fragment Length Polymorphism Analysis. *Journal of Veterinary Medicine Series B*, 48: 647-654.
- Stoebel K, Schoenberg A, Streich WJ. 2003. The seroepidemiology of Lyme borreliosis in zoo animals in Germany. *Epidemiology & Infection*, 131: 975-983.
- Szentiks CA, Tsangaras K, Abendroth B, Scheuch M, Stenglein MD, Wohlsein P, Heeger F, Höveler R, Chen W, Sun W, Damiani A, Nikolin V, Gruber AD, Grobbel M, Kalthoff D, Höper D, Czirják GA, DeRisi J, Mazzoni CJ, Schüle A, Aue A, East ML, Hofer H, Beer M, Osterrieder

N, Greenwood AD. 2014. Polar Bear Encephalitis: Establishment of a Comprehensive Next-generation Pathogen Analysis Pipeline for Captive and Free-living Wildlife. *J. Comp. Path.*, 150: 474-488.

Tsangaras K, Mayer J, Alquezar-Planas DE, Greenwood AD. 2015. An Evolutionarily Young Polar Bear (*Ursus maritimus*) Endogenous Retrovirus Identified from Next Generation Sequence Data. *Viruses*, 7: 6089–6107.

Vogler BR, Blevins B, Goeritz F, Hildebrandt TB, Dehnhard M. 2009. Gonadal Activity in Male and Female Captive Fossas (*Cryptoprocta ferox*) During the Mating Season. *Reproduction in Domestic Animals*, 44(2): 98-102.

Voigt CC, Peschel U, Wibbelt G, Frölich K. 2006. An Alternative, Less Invasive Blood Sample Collection Technique for Serologic Studies Utilizing Triatomine Bugs (Heteroptera; Insecta). *Journal of Wildlife Diseases*, 42(2): 466-469.

Westbury MV, Hartmann S, Barlow A, Wiesel I, Leo V, Welch R, Parker DM, Sicks F, Ludwig A, Dalén L, Hofreiter M. 2018. Extended and Continuous Decline in Effective Population Size Results in Low Genomic Diversity in the World's Rarest Hyena Species, the Brown Hyena. *Mol. Biol. Evol.*, 35(5): 1225–1237.

Wiedemann C, Hribal R, Ringleb J, Bertelsen MF, Rasmusen K, Andersen CY, Kristensen SG, Jewgenow K. 2012. Preservation of Primordial Follicles from Lions by Slow Freezing and Xenotransplantation of Ovarian Cortex into an Immunodeficient Mouse. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(6): 300-304.

Ziegler U, Fast C, Eiden M, Bock S, Schulze C, Hoeper D, Ochs A, Schlieben P, Keller M, Zielke DE, Luehken R, Cadar D, Walther D, Schmidt-Chanasit J, Groschup MH. 2016. Evidence for an independent third Usutu virus introduction into Germany. *Veterinary Microbiology*, 192: 60–66.

Ziegler U, Santos PD, Groschup MH, Hattendorf C, Eiden M, Höper D, Eisermann P, Keller M, Michel F, Klopffleisch R, Müller K, Werner D, Kampen H, Beer M, Frank C, Lachmann R, Tews BA, Wylezich C. 2020. West Nile Virus Epidemic in Germany Triggered by Epizootic Emergence, 2019. *Viruses* 2020, 12(448).

7.4 Kooperationen

Baotic A, Sicks F, Stoeger AS. 2015. Nocturnal “humming” vocalizations: adding a piece to the puzzle of giraffe vocal communication. *BMC Res. Notes*, 8: 425.

Buchebner N, Zenker W, Wenker C, Steinmetz HW, Sós E, Lussy H, Nowotny N. 2013. Low

Usutu virus seroprevalence in four zoological gardens in central Europe. BMC Veterinary Research, 9(153): 1-7.

Gutnick T, Weissenbacher A, Kuba MJ. 2019. The underestimated giants: operant conditioning, visual discrimination and long-term memory in giant tortoises. Animal Cognition. Animal Cognition, 23(1): 159-167.

Hammer SE, Schwammer HM, Suchentrunk F. 2008. Evidence for Introgressive Hybridization of Captive Markhorn (*Capra falconeri*) with Domestic Goat: Cautions for Reintroduction. Biochem Genet 46: 216-226.

Heldstab SA, Isler K, Schuppli C, Schaik CP. 2020. When ontogeny recapitulates phylogeny: Fixed neurodevelopmental sequence of manipulative skills among primates. Sci. Adv., 6: eabb4685.

7.5 Internetzugriffe

Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort. Zoo-Verordnung. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003823> (Zugriff 11.7.2020)

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Bundesnaturschutzgesetz. http://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/42.html (Zugriff 11.7.2020)

Bundesbehörden der Schweizerischen Eidgenossenschaft. Tierschutzverordnung. <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20080796/index.html#app2> (Zugriff 11.7.2020)

EAZA. 2020. <https://www.eaza.net/about-us/eazadocuments/> (Zugriff am 27.11.2020)

Europäische Union. RL 1999/22/EG. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:31999L0022> (Zugriff 11.7.2020)

Europäische Union. Dokument über bewährte Verfahren für die EU-Zoorichtlinie. 2015. <https://ec.europa.eu/environment/nature/pdf/Zoos%20Directive%20Good%20Practices-DE.pdf> (Zugriff 11.7.2020)

Geflügelpest-VO. 2007. Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20005527> (Zugriff 27.11.2020)

Fachinformation klassische Geflügelpest. Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV. 2018. Geflügelpest (Aviäre Influenza, AI).

IUCN/SSC.2013. Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission, viiii + 57 pp. <https://www.eaza.net/assets/Uploads/Position-statements/IUCN-Guidelines-for-Reintroductions-and-Conservation-Translocation.pdf> (Zugriff am 27.11.2020)

IUCN. 2019. Guidelines for the management of confiscated, live organisms. <https://www.eaza.net/assets/Uploads/Governing-documents/Confiscated-organisms.pdf> (Zugriff am 27.11.2020)

Schönbrunner Tiergarten-Gesellschaft m.b.H. 2019. Jahresbericht 2018.

https://www.zoovienna.at/media/uploads/dokumente/jahresbericht_tgs_2018_mittel.pdf (Zugriff am 20.11.2020)

Schönbrunner Tiergarten-Gesellschaft m.b.H. 2020.

<https://www.zoovienna.at/ueber-uns/tiergarten-schonbrunn/> (Zugriff am 20.11.2020)

Schönbrunner Tiergarten-Gesellschaft m.b.H. 2020.

<https://www.zoovienna.at/termine/fuetterungen/> (Zugriff am 20.11.2020)

Statista GmbH. 2015. Ranking der größten europäischen Zoos nach der genutzten Fläche im Jahr 2015. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/762998/umfrage/groesste-europaeische-zoos-nach-flaeche/> (Zugriff am 20.11.2020)

Tierpark Berlin-Friedrichsfelde GmbH. 2020. <https://www.tierpark-berlin.de/de> (Zugriff am 20.11.2020)

Tierpark Berlin-Friedrichsfelde GmbH. 2020. <https://www.tierpark-berlin.de/de/ueber-uns/geschichte> (Zugriff am 9.12.2020)

Verordnung zum Schutz gegen Geflügelpest (GeflPestSchV). 2007. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. <https://www.gesetze-im-internet.de/geflpestschv/BJNR234800007.html> (Zugriff 27.11.2020)

Zoologischer Garten Berlin AG, Tierpark Berlin-Friedrichsfelde GMBH.2019. Jahresbericht 2018. <https://www.zoo->

[berlin.de/fileadmin/downloads/pdf/zoo/unternehmen/Geschaeftsbericht_ZGB_2018.pdf](http://www.zoo-berlin.de/fileadmin/downloads/pdf/zoo/unternehmen/Geschaeftsbericht_ZGB_2018.pdf) (Zugriff am 20.11.2020)

Zoologischer Garten Berlin AG. 2020. <https://www.zoo-berlin.de/de#c20603>

Zoo Zürich AG. 2005. Fakten und Zahlen Zoo Zürich. <http://www.artenschutz.ch/biotope/ZooZuerichFactsheet.pdf> (Zugriff am 20.11.2020)

Zoo Zürich AG. 2019. Jahresbericht 2018.

https://www.zoo.ch/sites/default/files/media/file/Jahresbericht_2018_Druckerei_DS_lowres-ohne-spenden.pdf (Zugriff am 20.11.2020)

8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der Tierarten auf die verschiedenen Tierklassen in den untersuchten Zoos. Quelle: Eigene Abbildung.....	9
Abbildung 2: Individuenanzahl der Tierklassen im Bezug auf die Tiergärten. Quelle: Eigene Darstellung	9
Abbildung 3: Zuteilung der wissenschaftlichen Arbeiten des Tiergarten Schönbrunn zu den untersuchten Themengebieten (n = 32). Quelle: Eigene Darstellung	13
Abbildung 4: Zuteilung der wissenschaftlichen Arbeiten des Zoo Zürich zu den untersuchten Themengebieten (n = 35). Quelle: Eigene Darstellung	14
Abbildung 5: Zuteilung der wissenschaftlichen Arbeiten der Zoologischen Gärten in Berlin zu den untersuchten Themengebieten (n = 35). Quelle: Eigene Darstellung	14
Abbildung 6: Zuteilung der Gesamtheit der betrachteten wissenschaftlichen Arbeiten zu den untersuchten Themengebieten (n = 107). Quelle: Eigene Darstellung	15
Abbildung 7: Zuteilung der wissenschaftlichen Arbeiten (n = 107) zu den untersuchten Taxa. Quelle: Eigene Darstellung	16
Abbildung 8: Prävalenzen der untersuchten Forschungsziele in den Arbeiten zu Tierernährung (n = 16). Quelle: Eigene Darstellung	16
Abbildung 9: Prävalenzen der untersuchten Forschungsziele in den Arbeiten zu Infektionskrankheiten (n = 30). Quelle: Eigene Darstellung	20
Abbildung 10: Prävalenzen der untersuchten Pathogenklassen in den Arbeiten zu Infektionskrankheiten (n=30). Quelle: Eigene Darstellung	21
Abbildung 11: Prävalenzen der untersuchten Forschungsziele in den Arbeiten zu Ethologie (n = 31). Quelle: Eigene Darstellung	29