

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Zeitschrift für die gesamte Tiergärtnerei (Neue Folge)



Offizielles Organ des Verbandes der Zoologischen Gärten – VdZ
Organ of the World Association of Zoos and Aquariums – WAZA



DER ZOOLOGISCHE GARTEN

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Zeitschrift für die gesamte Tiergärtnerei (Neue Folge)
Offizielles Organ des Verbandes der Zoologischen Gärten – VdZ
Organ of the World Association of Zoos and Aquariums – WAZA

DER ZOOLOGISCHE GARTEN ist eine internationale, wissenschaftliche Zeitschrift, die allen die Tiergärtnerei (im weitesten Sinne) betreffenden Originalarbeiten offensteht. Neben größeren Abhandlungen werden Kurzmitteilungen und Nachrichten aus Zoologischen Gärten aufgenommen.

THE ZOOLOGICAL GARDEN is an international scientific journal which is open to all original papers concerning zoo biology and related topics. In addition to larger original scientific contributions, we accept short notes and news from zoological gardens.

Founded in 1859 and continued since 1929 as "New Series" by Georg Grimpe, Karl Max Schneider, Heinrich Dathe, Hans-Günter Petzold, Wolfgang Grummt, Bernhard Blaszkiewitz and Ragnar Kühne.

Aims and Scope

THE ZOOLOGICAL GARDEN covers all aspects of zoological gardens, as for example

- experiences in breeding and keeping zoo animals
- management of zoological gardens
- behavioral science
- research on animals in the wild
- conservation of rare and threatened species
- reintroduction projects
- planning, building and designing at zoological gardens including horticulture
- veterinary medicine
- zoological pedagogic
- history of zoological gardens
- news from zoological gardens
- book reviews

Editor-in-Chief

Prof. Theo B. Pagel
AG Zoologischer Garten Köln
Riehler Str. 173
50735 Köln
Deutschland/Germany

Co-editors in Chief

Dr. Alexander Sliwa
Prof. Dr. Thomas Ziegler
Bernd Marcordes

Editorial board

Dr. Sven Hammer
Dipl. Biologe Volker Homes
Prof. Dr. Dieter Jauch
Dipl. Biologe Claus Pohle
Dr. Dennis Rödder
Dipl. Biologe Michael Schröpel
Dr. Ulrich Schürer
Dr. Mona van Schingen-Khan

Editorial Assistant

Maerte Siemen
E-Mail: editor@koelnerzoo.de
Tel.: +49 221 7785 102

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Zeitschrift für die gesamte Tiergärtnerie (Neue Folge)

Volume 90 · 2022

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Zeitschrift für die gesamte Tiergärtnerei (Neue Folge)

Volume 90 · 2022



VNW

Verlag Natur & Wissenschaft · Solingen

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

doi:10.53188/zg004

Zool. Garten N.F. 90 (2022) 85-102

THE ZOOLOGICAL GARDEN

A historical overview of polar bears (*Ursus maritimus* Phipps, 1774) in Italian zoological gardens

Historische Übersicht über die Eisbären in Zoologischen Gärten Italiens

Dario Fraschetti

Società per la Storia della Fauna “Giuseppe Altobello”, Viale Manzoni, 28, 00185 Roma, Italy

Abstract

The polar bear (*Ursus maritimus* Phipps, 1774) is one of the most iconic species of Ursidae, which, until the end of the 20th century, was rather common in zoological gardens. Nowadays, its numbers in captivity have decreased as several European zoological gardens, during the past three decades, have opted to keep this species no longer. Italy is not an exception to this trend as polar bears, once rather common, are now kept in only one zoo. As there are no formal publications about polar bears in Italian zoos, this paper intends to gather and review all the available data.

Key words: *Ursus maritimus*, zoo history, Italy.

Introduction

All through the 20th century, the polar bear (*Ursus maritimus* Phipps, 1774) was rather common in European zoological gardens but in the past three decades it has been gradually phased out by several European zoos, especially in Southern-European countries (Richardson, personal communication). However, this trend is not limited to Southern Europe as, for example, polar bears are now kept in two zoological gardens in the United Kingdom while in 1986 they were present in nine institutions (Horsman, 1986), which all subsequently phased out this species (Richardson, personal communication). This process was mainly caused by the inadequateness

*Corresp. author:

E-Mail: dariofraschetti@yahoo.it (Dario Fraschetti)

of the exhibits, the issues with the species management (e.g. high cub mortality and stereotypies) and the resulting criticism drawn by the public. In the 1970s zoos kept polar bears either in rocky plateaus surrounded by walls and moats, pits, paddocks or cages (van Keulen-Kormouth, 1978). Usually, plateaus and pits for polar bears also featured a pool in which the bears could swim (Klös, 1974; van Keulen-Kormouth, 1978; Horsman, 1986; Stephan, 2006; Pagel et al., 2010; Leclerc-Cassan et al., 2014). In the last two decades, European zoos that still keep this species gradually refurbished and expanded their preexisting exhibits (e.g. Tierpark Hellabrunn) or built new ones (e.g. Zoo am Meer, Zoologischer Stadtpark Karlsruhe, Erlebnis Zoo Hannover): naturalistic enclosures ($>2,000 \text{ m}^2$) that feature pools and both natural ground and rocks or concrete as substrate (Stephan, 2006; Kück & Schöne, 2014; Meuser, 2018). A further style of polar bear enclosure is represented by Highland Wildlife Park large-scale ($>10,000 \text{ m}^2$) enclosures (Richardson, 2019) and their associated dynamic husbandry (e.g. female and males enclosures are located in different parts of the zoo and the animals are mixed only during the breeding season) and enrichment programme based on Ames (2000).

Furthermore, the management of this species in captivity is somewhat problematic as it can present issues with stereotypic behaviour and high cub mortality rate. Clubb & Mason (2003) reported that, among carnivores in captivity, polar bear showed the highest rate of stereotypic behaviour (mainly pacing issues) among the analyzed species. The authors reported a positive correlation with the size of their home ranges, implying that the exhibits in which this species was kept were too small for them to fare well. Fernandez (2020) linked stereotypies in captive polar bears to repeated loops in foraging behaviour, in which captive carnivores display repeated search behaviour before being fed as they do not encounter the focal stimuli (e.g. scent and visual contact) their wild counterparts meet while searching for food. In the last two decades, several studies aimed at discovering the factors that reduce stereotypies in captive polar bears were carried out (Ames, 2000; Ross, 2006; Canino and Powell, 2010; Shepherdson et al., 2013; Kelly et al., 2015; Dahl et al., 2020; Fernandez, 2020). The study carried out on the biggest sample (Shepherdson et al., 2013) reported that diverse environmental enrichment, a view out of the exhibit, and a larger social group are positively associated with the reduction of stereotypic pacing; albeit, the last factor mainly depends on the single animal. Furthermore, a more frequent delivery of small amounts of food with adequate focal stimuli was reported to reduce stereotypic behaviour (Fernandez, 2020). Interestingly, a similar strategy that managed to reduce stereotypies in captive polar bears was already developed by Markowitz (1982) by devising an automatic machine that threw food into the exhibit only when the bears emitted certain sounds. However, both the American Zoo Association and the European Association of Zoos and Aquaria provide adequate guidelines for enrichment in their polar bear husbandry guidelines (Claro-Hergueta et al., 2007; AZA, 2009).

Italy is among the countries whose zoos have gradually phased out polar bears. Nowadays, only one Italian zoo keeps this species but, in the 20th century, polar bears were kept by six other zoos. However, data concerning polar bears in Italy are rather sparse or non-existent in the literature. Thus, this paper aims to collect and review all the available and fragmented data on polar bears in Italian zoos.

Materials and Methods

For every Italian zoo that kept polar bears, available data concerning the exhibits, management, and husbandry of this species were gathered. These data are the results of interviews with people who worked or still work in Italian zoos. For the data concerning the Giardino Zoológico di Roma, the Archivio del Giardino Zoologico at the Archivio Capitolino (Rome, Italy)

was consulted. Whenever possible, the size of the exhibits and indoor quarters, and the depth of the pools were included. These data were gathered from sources such as the municipal land registry maps, Google Earth and the original projects. The census for rare species carried out by the International Zoo Yearbook from 1963 and 1968 and the birth records in the same journal from 1961 to 1998 were consulted in order to report more thoroughly the births of polar bears in Italian zoos. The web archive of the Italian newspaper *Il Corriere della Sera* was also consulted. When possible, a complete list of all the bears kept in the different structures was compiled. Data from the studbook were supplied by Douglas Richardson.

Results

Polar bears were kept in seven Italian zoos during the 20th century. However, this species has gradually been phased out by Italian zoos for a number of reasons including the closure of the zoos. Nowadays, only two females are kept in Zoosafari Fasanolandia in Apulia.

Rome

The Giardino Zoologico di Roma (now Bioparco) kept polar bears continuously from 1911 until 1990 (Gippoliti, 2010). The zoo was designed by Carl Hagenbeck and it featured a polar landscape similar to the one in his Tierpark in Hamburg. This complex measured approximately 1,200 m² and consisted of three different enclosures, located on different levels and separated



Fig. 1: Part of the original Polar complex in the Giardino Zoologico di Roma (1910s). The pool for seals is visible in the foreground and the polar bear plateau is visible in the background. A polar bear can be seen at the centre of the grotto. Source: Spartaco Gippoliti Archive.

by invisible moats. The lowest level consisted of a pool for seals and sea lions which measured approximately 170 m². Behind it stood a plateau of approximately 250 m² where polar bears were kept (Fig. 1). A paddock for reindeer was located to its left. The plateau was surrounded by artificial rockwork painted white in order to resemble a snowy Arctic landscape. A cave, which led to the bears' indoor quarters, was located in the left part of the plateau. A pool of unknown size and depth was located in front of the cave (Gippoliti, personal communication). The indoor quarters originally consisted of a large cage (120 m²) located in the off-exhibit area behind the artificial rockwork. Subsequently, iron bars were added to split the cage into eight dens, probably in order to ease the introduction of new animals and to manage pregnant females in a better way (Gippoliti, 2010).

In 1915 Theodore Knottnerus-Meyer, the first director of the Giardino Zoologico di Roma, proposed merging the polar bear plateau with the seal pool in order to create a bigger, and at the time unique, exhibit for polar bears with a large pool where they could dive (Società Italiana per l'impianto e l'esercizio del Giardino Zoologico, 1915). However, this project was realised only in 1925 (Fig. 2) (Rossetti, 1998). The small pool in front of the cave and the moat that separated the bears from the seals became part of the plateau. After the refurbishment, the outdoor area available to the bears amounted to about 520 m². The new pool measured approximately 200 m² and it featured an island at its centre. The pool had two different depths: the part located in front of the island was deeper (the bottom was approximately 4 m below the visitors viewing levels) while the one behind the island was shallower. When filled, the pool reached a maximum depth of 2.5 m while the depth behind the island was approximately 1 m; its full capacity was approximately 300 m³ (Bertolino, 1955a).



Fig. 2: Polar bear exhibit in the Giardino Zoologico di Roma in the 1970s. Source: Spartaco Gippoliti Archive.

Table 1 presents a partial list of the polar bears that were kept in the Giardino Zoologico di Roma. Knottnerus-Meyer classified the first bears kept at the Giardino Zoologico as *Thalarctos eogroenlandicus*, a species from Eastern Greenland described in a taxonomic review of the species (Knottnerus-Meyer, 1908). According to the 1925 census, the Giardino Zoologico kept seven polar bears: 1.3 originally received in 1910 from Hagenbeck and 2.1 from Norway. The latter were part of a shipment of four juveniles that the zoo received in 1924 (Clementi, 1925). In 1933 thirteen bears were donated to the Giardino Zoologico by the Municipality of Tripoli

Tab. 1: List of known polar bears kept at the Giardino Zoologico di Roma from 1920s onwards. None of the polar bears born at the zoo survived and so are not listed as their number remain unknown.

Date of entry DD/MM/YY	Sex and studbook number	Name	Origin	Date of death/ transfer DD/MM/YY
1910 ^a	M	?	Hagenbeck (Hamburg, Germany)	?
1910 ^a	F	?	Hagenbeck (Hamburg, Germany)	?
1910 ^a	F	?	Hagenbeck (Hamburg, Germany)	?
1910 ^a	F	?	Hagenbeck (Hamburg, Germany)	?
1924 ^b	M	?	Lund (Norway)	?
1924 ^b	M	?	Lund (Norway)	?
1924 ^b	F	?	Lund (Norway)	?
1924 ^b	?	?	Lund (Norway)	?
1933 ^c	M	?	Municipality of Tripoli (Libya)	1935
1933 ^c	M	?	Municipality of Tripoli (Libya)	1935
1933 ^c	M	?	Municipality of Tripoli (Libya)	1936-1937
1933 ^c	M	?	Municipality of Tripoli (Libya)	?
1933 ^c	M	?	Municipality of Tripoli (Libya)	?
1933 ^c	M	?	Municipality of Tripoli (Libya)	early 1950s
1933 ^c	F	?	Municipality of Tripoli (Libya)	?
1933 ^c	F	Elsa	Municipality of Tripoli (Libya)	06/06/1952 to Naples
1933 ^c	F	Lola	Municipality of Tripoli (Libya)	06/06/1952 to Naples
1933 ^c	?	?	Municipality of Tripoli (Libya)	?
1933 ^c	?	?	Municipality of Tripoli (Libya)	?
1933 ^c	?	?	Municipality of Tripoli (Libya)	?
1933 ^c	?	?	Municipality of Tripoli (Libya)	?
05/01/1951 ^d	M	?	Molinari-Zoo di Milano (Italy)	10/12/1954
05/01/1951 ^d	M	Marco	Molinari-Zoo di Milano (Italy)	02/1974
05/01/1951 ^d	M	Bob	Molinari-Zoo di Milano (Italy)	03/1977
05/01/1951 ^d	F	Rosetta	Molinari-Zoo di Milano (Italy)	10/1971
05/01/1951 ^d	F	?	Molinari-Zoo di Milano (Italy)	08/1973
05/01/1951 ^d	F	?	Molinari-Zoo di Milano (Italy)	02/1974
05/01/1951 ^d	F	?	Molinari-Zoo di Milano (Italy)	10/1977
05/01/1951 ^d	?	?	Molinari-Zoo di Milano (Italy)	?
05/01/1951 ^d	?	?	Molinari-Zoo di Milano (Italy)	?
05/01/1951 ^d	?	?	Molinari-Zoo di Milano (Italy)	?
1977 ^e	M	?	Circus	10/1980
1977 ^e	F	?	Circus	1984
1977 ^e	F	?	Circus	1986
07/03/1981 ^f	M (199)	Napoli	Giardino Zoologico di Napoli (Italy)	16/11/1990
11/06/1983 ^g	F (939)	Bobo	Bordi (Rome, Italy)	25/01/1987
11/06/1983 ^g	F (938)	Bibi	Bordi (Rome, Italy)	16/03/1987

a) animals born in the wild in an unknown year.

b) animals born in the wild (Norway) in 1923-1924.

c) animals born in the wild in 1930.

d) animals born in the wild (Norway) in 1950.

e) animals of unknown age at the time of entry.

f) born in the Giardino Zoologico di Napoli on 02/12/1978.

g) animals of unknown age at the time of entry.

(Libya) (Gippoliti, 2010). According to the 1930s censuses, nine bears (6.3) were kept in 1934, seven (4.3) in 1935, and six (3.3) from 1938 to 1940. On January 5th 1951, the zoo received ten juveniles from the animal dealer Molinar who ran the Milan Zoo (Italy). Ermanno Bronzini, who at the time was the zoo biologist, reported that these juveniles were introduced to the last three bears (1.2) from the 1930s group and that, unexpectedly, the old male was rather protective towards the juveniles while the two old females were rather aggressive with them. The two old females were then sent to Naples in 1952 (Gippoliti, 2016). Bertolino (1955a) reported that ten polar bears were present at the Giardino Zoologico in 1954, one of which (1.0) had to be euthanised on December 12th 1954 due to dermatosis (Bertolino, 1955b). In the late 1960s the zoo kept six polar bears (2.4) (Anonymous, 1969). These bears gradually died during the 1970s. In 1977, the Giardino Zoologico received three bears from a circus (1.2) that were introduced without problems to the last pair, which died the same year (Gippoliti, 2010; Gippoliti pers. com). In the early 1980s the zoo received its last polar bears: 1.0 from Naples in 1981 and 0.2 from an animal dealer in 1983 (Gippoliti, pers. communication). These bears gradually died in the following years and with the death of the last bear in 1990 the Giardino Zoologico stopped keeping this species (Gippoliti, 2010).

Available records report that the species bred at least ten times in the Giardino Zoologico: 1935, 1936, 1937, 1940, 1955, 1956, 1958, 1961, 1964 (D'Alessandro & Gippoliti, 1993), and 1969 (Anonymous, 1971). However, breeding was always unsuccessful as the cubs died when they were just a few days old because they were not reared by their mothers or because they were eaten by conspecifics. Some hand-rearing attempts were made by the staff but they were unsuccessful.



Fig. 3: Partially filled pool of the polar bear exhibit in the Giardino Zoologico di Roma in the 1970s.
Source: Bronzini, 1975.

The original diet of the bears consisted of tripe, cod liver oil, and fruit (Knotterus-Meyer, 1925). In the 1950s, the diet consisted of cooked horse tripe, fruit, bread and carrots during the summer months while in the winter they were fed cod liver oil, powdered milk and tripe soup (Bertolino, 1955a). During the 1970s fish and chicken substituted tripe as the main constituents of the bears' daily diet (Gippoliti, pers. communication). In the past century the Giardino Zoologico was no exception to the unhealthy practice of visitors feeding the animals. In those instances, visitors threw into the exhibit fruit, bread, or fish that was sold for feeding seals and sea lions. As the zoo kept polar bears in large numbers, the animals who were dominant over the others used to sit on the island at the centre of the pool and displayed begging behaviour or paced back and forth so that visitors could throw them some food; while the low-ranking animals positioned themselves in the pool or in its edge (Gippoliti, pers. communication). Despite the climatic differences between Italy and the Arctic, Carl Hagenbeck noted that the species frequently used to sunbathe (Gippoliti, 2010). Bronzini (1975) reported that during the summer months polar bears enacted a cycle of sunbathing and diving during the hottest hours of the hottest months; ice blocks were produced and placed in the pool during the summer months (Gippoliti, pers. communication). Furthermore, in 1986, when Rome was hit by a heavy snowfall (February 11th and 12th), the polar bears opted to stay in the indoor quarters, which a keeper provided with straw beds, instead of wandering in the snow-laden exhibit (Gippoliti, 2018). In the late 1980s, large branches were thrown into the pool as a form of enrichment for the last remaining bear (Gippoliti, 2018).

Milan

A local menagerie run by the Natural History Museum had existed for a long time in the public gardens of Milan but only in 1930 its management was taken over by the Molinar ani-



Fig. 4: Polar bear cage in the Giardino Zoologico di Milano in 1986. Photo: Francesco Radino.

mal-dealing firm and run in a more systematic way as a small zoo until its closure in 1992. For example, on October 28th 1950 the zoo received twenty-one young polar bears (Anonymous, 1950a). Of these, all bears but one were sent in the subsequent months to other localities: ten were sent to the Giardino Zoologico di Roma, two to Australia, two to Ceylon, and an unknown number to a menagerie in Turin (Anonymous, 1951). These young bears were fed with milk, fish, soup, and polenta (Anonymous, 1950b). The zoo's polar bears were kept in a small cage (< 80 m²) surrounding a grotto behind which there were two indoor dens; the cage had a small pool (Fig. 4).

Table 2 presents a partial list of the polar bears kept at the zoo. In 1950, the zoo kept a female named *Bering*, born in 1948-1949, that was paired the only remaining youngster (1.0) of the batch that arrived at the zoo in 1950 (Anonymous, 1950b; 1951). In 1968 the zoo kept two polar bears (1.1) (Anonymous, 1969). However, it is currently unknown whether the bears listed in the census are the ones mentioned in the 1950s article. In 1969 the zoo received two new bears (1.1) which were kept until the 1980s (Anonymous, 1984). This pair bred at least once in 1981 (Anonymous) when one cub was produced and reared. The zoo stopped to keep this species in 1986 when the male died and the female was sent to Pistoia.

Tab. 2: List of known polar bears kept at the Giardino Zoologico di Milano. As the zoo was also used as a temporary holding area for the animals by the Molinar firm, several bears were kept at the zoo for a short period of time (e.g. four months). Thus, only the bears which stayed at zoo for more than one year have been listed.

Date of entry DD/MM/YY	Sex and studbook number	Name	Origin	Date of death/ transfer DD/MM/YY
1949 ^a	F	Bering	?	?
28/10/1950 ^b	M	?	Tromsø (Norway)	?
1/3/1969 ^c	M (196)	Aver	?	20/11/1986
1/3/1969 ^c	F (197)	Miska	?	27/09/1986 to Pistoia
1981	?	?	Aver x Miska	?

- a) animal born in the wild in 1948-1949.
- b) animal born in the wild (Norway) in 1950.
- c) animals born in the wild in 1968.

Naples

The Giardino Zoologico in Naples kept polar bears from 1952 until the mid-1990s. The zoo featured a concrete pit (approximately 1000 m²) divided into three smaller exhibits which respectively kept polar bears, brown bears, and Asian black bears and a pool for sea lions (e.g. *Arctocephalus pusillus*, *Otaria byronia*, and *Zalophus californianus*). The polar bear exhibit measured approximately 170 m². It was terraced and it featured a pool located in front of the visitor viewing area (Fig. 5). The pool measured approximately 70 m² and consisted of two levels. When completely filled it reached the maximum depth of 1.5 m while the minimum depth was 0.3 to 0.5 m. The bottom of the deepest part was located 3.5 m below the visitors' viewing level. The indoor quarters consisted of three dens of 9 m² each.

Table 3 presents a list of all the known polar bears kept at the Giardino Zoologico di Napoli. In 1952, two elderly females from the Giardino Zoologico di Roma were among the first polar bears to be kept in Naples; the last female died in 1959 (Gippoliti, 2016). In the 1968 the zoo kept two bears (1.1) (Anonymous, 1969), an unknown male and female *Enrica* that bred in 1968 (Florio, 1977;

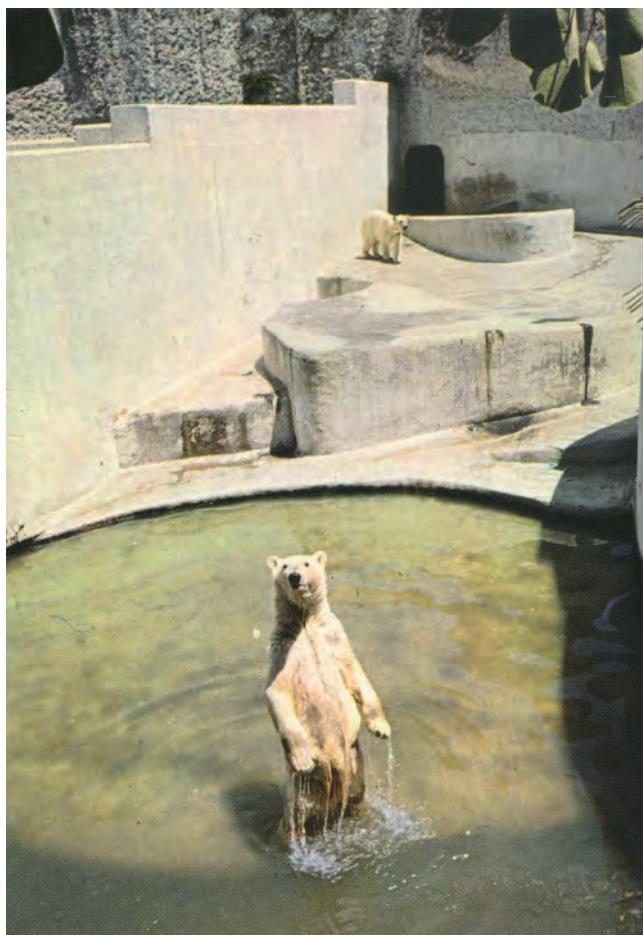


Fig. 5: 1960s Postcard of the polar bear exhibit in the Giardino Zoologico in Naples. Source: Jonas Livet Archive <http://www.leszoosdanslemonde.com/>.

Gippoliti, 2010). However, in the early 1970s the male either died or was sent to another zoo. Thus, in 1971 the zoo received *Ingo*, a young male from Kölner Zoo, who bred with *Enrica* multiple times in the following years. However, in 1982 *Ingo* died leaving just *Enrica* who, in 1986, was joined by *Lucifer* (1.0), donated by a Dutch citizen. These bears died in the early 1990s and were not replaced.

The birth of a female on December 6th 1968 was an important event as it was the first instance when, in an Italian zoological garden, a polar bear cub was reared by the mother until weaning age (Florio, 1977; Gippoliti, 2010). This bear died in the Giardino Zoologico in 1973 (Gippoliti, pers. communication). The species bred on five occasions between the 1970s and the 1980s: 1973, 1974, 1976, 1978, 1980 (Anonymous, 1975; 1976; 1978; 1980; 1982). However, the cubs survived more than a few days only in 1976 (1.1) and 1978 (1.0). The fate of the cubs born in 1976 is unknown while the male born in 1978 reached maturity and was sent to Rome in 1981; on both occasions cubs were reared by their mother. The female was kept in the indoor dens for the first months of rearing while the male could use the outdoor exhibit. Subsequently, the female and the cubs were introduced to the male when the cubs

Tab. 3: List of known polar bears kept at the Giardino Zoologico di Napoli.

Date of entry DD/MM/YY	Sex and studbook number	Name	Origin	Date of death/ transfer DD/MM/YY
06/06/1952 ^a	F	Elsa	Giardino Zoologico di Roma	late 1950s
06/06/1952 ^a	F	Lola	Giardino Zoologico di Roma	19/07/1959
1960s ^b	M	?	unknown	?
07/04/1963 ^b	F (198)	Enrica	unknown	21/10/1991
06/12/1968	F	?	? x Enrica	10/08/1973
20/05/1971 ^c	M (200)	Ingo	Köln Zoo	15/09/1982
1973	M	?	Ingo x Enrica	1973
1973	F	?	Ingo x Enrica	1973
07/12/1974	F	---	Ingo x Enrica	12/1974
07/12/1974	F	---	Ingo x Enrica	12/1974
04/12/1976	M	?	Ingo x Enrica	?
04/12/1976	F	?	Ingo x Enrica	?
02/12/1978	M (199)	Napoli	Ingo x Enrica	07/03/1981 to Rome
02/12/1978	?	---	Ingo x Enrica	12/1978
1980	?	---	Ingo x Enrica	1980
1980	?	---	Ingo x Enrica	1980
05/07/1986 ^d	M (899)	Lucifer	Dutch private citizen	1992-1993

a) animals born in the wild in 1930.

b) animals of unknown age at the time of entry, probably born in the early 1960s.

c) animal born in Köln Zoo on 24/11/1968.

d) animal of unknown age at the time of entry

were approximately four months old. In 1978, the female gave birth outdoors as she built a small den behind a boulder on the step located at the same level as the indoor quarters. In this instance, the male was kept in the indoor dens for the first four months of the rearing. The bears were primarily fed with fish and meat. Sometimes, the bears also received fruit and even pasta with chunks of fish.

Turin

The Giardino Zoologico di Torino opened in 1955 and closed in 1987 (Maschietti et al., 1990). This zoo kept polar bears, together with brown bears (Anonymous, 1984), in a 110 m² terraced pit (Maschietti et al., 1990). The lowest level of the pit served as a pool (Fig. 6) (Maschietti et al., 1990). In the late 1960s (Anonymous, 1969) the zoo kept a female named *Titti*, which arrived at the zoo in 1955 and died on January 15th 1985. It is unknown whether the zoo kept other polar bears.

Pistoia

The Giardino Zoologico di Pistoia kept polar bears from 1980 to 2011. The exhibit consisted of a rectangular pit of 100 m² (Fig. 7). Visitors could observe the bears from glass windows located 1.5 m above the ground level of the exhibit. Steps of smooth concrete, modelled after the ones in Tierpark Hellabrunn in Munich, served as the dry land area of the exhibit. The pool was 1.7 m deep and measured approximately 35 m². It was surrounded by a concrete walkway. The indoor quarters consisted of four dens. Two of these were directly connected with the exhibit while the other two were located respectively on the left and right. One of the indoor dens measured 15 m² while the other three 9 m² each.

Table 4 presents a complete list of the polar bears kept at the Giardino Zoologico di Pistoia. The zoo received its first bears, two siblings (1.1) named *Romeo* and *Giulietta*, from Chey-



Fig. 6: Bear pit in the Giardino Zoologico di Torino. Source: Maschietti et al., 1990.



Fig. 7: Polar Bear exhibit in the Giardino Zoologico di Pistoia in 2000. Source: Finotello 2004.

enne Mountain Zoo in Colorado (USA). This pair bred in 1984 and 1985 (Anonymous, 1987; 1988) but the cubs did not survive. In 1986, *Giulietta* died and the zoo received a new female, named *Miska*, from the Milan Zoo after the death of their male. This pair bred in 1987,

Tab. 4: List of polar bears kept at the Giardino Zoologico di Pistoia.

Date of entry DD/MM/YY	Sex and studbook number	Name	Origin	Date of death/ transfer DD/MM/YY
19/09/1979 ^a	M (662)	Romeo	Cheyenne Mountain Zoo	24/03/2000
19/09/1979 ^a	F (663)	Giulietta	Cheyenne Mountain Zoo	05/10/1986
29/11/1984	M (664)	?	Romeo x Giulietta	01/12/1984
20/11/1985	M (665)	?	Romeo x Giulietta	21/11/1985
27/09/1986 ^b	F (197)	Miska	Zoo di Milano	19/12/1998
06/12/1987	F (1162)	Bimba	Romeo x Miska	30/03/2011 to Budapest
12/1995	M	?	Romeo x Miska	12/1995
12/1995	F	?	Romeo x Miska	12/1995
11/1996	?	?	Romeo x Miska	11/1996
29/11/1999	M	Yoghi	Romeo x Bimba	10/05/2007 to München
16/12/2006	M (2928)	Blizzard	Yoghi x Bimba	09/12/2010 to Rostock

a) animals born in Cheyenne Mountain Zoo on 25/11/1978

b) animal born in the wild in the late 1960s

1995, and 1996 (Anonymous, 1990; 1998) but the only surviving cub was a female born in 1987. This female, named *Bimba*, bred twice in the zoo (1999 and 2006) and produced two males, *Yoghi* (born in 1999) and *Blizzard* (born in 2006). In 1999 she bred with *Romeo*, who died in 2000, and in 2006 with *Yoghi*. As the exhibit did not meet modern standards, the zoo phased out its polar bears between 2008 and 2011.

Usually, pregnant females were isolated from the male in the indoor quarters. Once the pregnant female chose the indoor den to give birth in, straw was provided so that she could build a nest out of it. When rearing was successful, the female and the cub were mixed with the male outdoors when the cub was three months old. Despite the young age of the cub, the introductions went along smoothly with the males (both *Romeo* and *Yoghi*) never aggressive towards the cubs towards whom the mothers (both *Miska* and *Bimba*) were very protective. For example, during the first few months after the introductions the mothers kept themselves very close to their cubs while the males used to keep themselves away. The females and the cubs were fed in the same indoor den while the male was fed in a different one. It is also noteworthy that both *Yoghi* and *Blizzard* became more independent from their mother when they were approximately one year old (e.g. they moved to an indoor den different to the one occupied by their mother during feeding time). On the other hand, *Bimba* maintained a closer bond with her mother even when she reached adulthood (e.g. never parted with her mother during feeding time).

The bears were mainly fed with meat (also horsemeat), fish, fruit (mainly apples and seasonal fruit), lettuce and nuts. Ice blocks with fruit, tubes filled with fruit and ice, and plastic containers were used as the main forms of environmental enrichment. When the bears were given plastic containers, they used to throw them out of their exhibit so that the keepers could throw them in again. During the summer months the bears usually slept while sunbathing outdoors. In the wintertime, the bears avoided swimming and, in the case of the water freezing or when there were snowfalls, they opted to stay indoors.

Oria

The now-closed Zoo di Oria, in Apulia kept polar bears (Finotello, 2004). Between the 1980s and 1990s it kept a single male, probably a former circus animal, in a rather inadequate wire-mesh cage (< 100 m²) that had a small pool (Finotello, pers. communication).

Fasano

Zoosafari Fasanolandia in Apulia has kept polar bears since 1996. At present, it is the only Italian zoo that keeps this species and it holds two females. The bears are kept in a 1,040 m²



Fig. 8: Original polar bear exhibit in Zoosafari Fasanolandia in 2014. Photo: Spartaco Gippoliti.



Fig. 9: New polar bear exhibit in Zoosafari Fasanolandia in 2021. The gate that links it with the original exhibit is visible in the background. Photo: Francesco Marchio.

complex consisting of two concrete pits located 3 m below the visitors viewing level. This complex was refurbished in 2017 as an adjoining pit was added to the original one. The old pit, built in the early 1990s, is approximately 430 m² (Fig. 8). It features a 220 m² pool with a depth ranging from 0.5 to 1.5 m located below the visitors viewing station. Behind the pool stands a 90 m² kopje of eight different levels and 2 m high with a waterfall that goes into the pool and a narrow corridor (1m wide) in which the bears can hide. The indoor quarters consist of three dens of 9 m² each. The new pit is 610 m² and is rather similar to the old one as it features a pool (110 m² and 2 m deep) and a 105 m² kopje of eight levels with a 2 m high waterfall that goes into the pool (Fig. 9). Furthermore, some fir tree have been planted in the pit and the bears can use a 15 m² sandbox. The indoor quarters consist of two 16 m² dens.

Table 5 reports all the polar bears kept at Zoosafari Fasanolandia. In 1996, the zoo received two young bears (1.1), *Felix* from Berlin Tierpark (Germany) and *Marissa* from Tiergarten Schönbrunn (Vienna, Austria). The pair bred four times between 2003 and 2012 and the cubs were always reared by their mother. The only cub that was not reared until weaning age died due to chocking when it was just four months old. The bears born in Fasano in the 2000s were sent to different zoos worldwide when they were either 2 or 3 years old. *Felix* died in 2018. At present the zoo keeps two females: *Marissa* and *Grace* who was born at Fasano in 2012.

Tab. 5: List of polar bears kept at the Zoosafari Fasanolandia.

Date of entry DD/MM/YY	Sex and studbook number	Name	Origin	Date of death/ transfer DD/MM/YY
19/03/1996 ^a	M (1502)	Felix	Tierpark Berlin (Germany)	13/07/2018
23/03/1996 ^b	F (858)	Marissa	Tiergarten Schönbrunn (Austria)	---
03/12/2003	F (1757)	Noel	Felix x Marissa	13/10/2005 to Copenhagen
28/11/2006	F (1801)	Giovanna	Felix x Marissa	20/01/2008 to Münich
02/12/2008	F (2912)	Dea	Felix x Marissa	16/03/2012 to Tokyo
06/12/2012	F (3294)	Grace	Felix x Marissa	---
06/12/2012	F (3295)	?	Felix x Marissa	11/02/2013

a) born in Kolmården Wildlife Park on 25/12/1993

b) born in Tierpark Berlin on 16/12/1994

When *Marissa* was pregnant, *Felix* was separated from her in late November-early December so that she could choose the indoor den to give birth in. In those instances, the space of the den was reduced to approximately 4 m². At first, she was kept indoors for approximately three months while the male used the outdoor enclosure. However, *Marissa* once opted to give birth in the corridor of the kopje in the original pit. In this instance, *Felix* was allowed to use the outdoor enclosure but kept himself away from the kopje where the female was rearing her cub. Then, she and the cubs were introduced to *Felix* who, in the first weeks of the introduction, was vehemently kept away from the cub by *Marissa*. However, the male was always rather tame towards his cubs and never displayed aggressive behaviour towards them. Furthermore, in June 2014 (Fig. 10) *Felix* was observed displaying a playful attitude with his cub *Grace*, who actively chased and played with him (Gippoliti, personal communication).

The diet consists of fish, meat (mainly horsemeat) and fruit. Among the forms of environmental enrichments, the zookeepers use ice blocks with fruit, logs, and buoys or balls which are thrown into the pools. During the summer months, the temperature in the hottest hours is above 30°C. Thus, the pool is refrigerated down to 15° C, the bears can access the refrigerated indoor dens all day, and some water sprays in both pits are activated. However, in the hottest days of summer the bears prefer to use the outdoor enclosure most of the time rather than staying in the refrigerated indoor dens.



Fig. 10: Male *Felix* actively playing with his cub *Grace* in June 2014. Photo: Spartaco Gippoliti.

Discussion and Conclusions

Currently, only two polar bears are kept in an Italian zoo (Zoosafari Fasanolandia) but six other Italian zoos kept this species. Of these zoos, Milan and Turin phased out the species in the 1980s, Rome, Naples, and Oria in the 1990s while Pistoia sent away its last polar bear in 2011. Four zoos (Oria, Milan, Turin, and Pistoia) kept their polar bears in facilities smaller than 150 m², Naples in facilities smaller than 200 m², while only Rome (after the 1925 refurbishment) and Fasano kept their bears in facilities larger than 400 m². Although, Fasano, which still keeps the species, has recently enlarged the size of its facility to nearly 1050 m². With the exception of Rome, all the zoos had pools with a depth of less than 2 m. The facilities appear inappropriate but it must be taken into account that they were built when such exhibits were the norm in zoological gardens (Klös, 1974; van Keulen-Kormouth, 1978; Horsman, 1986). For example, van Keulen-Kormouth (1978) reported that moated enclosures in which polar bears were kept had a mean surface area of 340 m², the pits averaged 1,122 m², while the paddocks and the cages measured on average 219 m² and 65 m², respectively.

The species bred in Rome, Napoli, Pistoia, Milano and Fasano at least once. The cubs survived in all zoos except Rome. No details concerning the rearing of the cub born in Milan in 1981 are currently available. In two zoos, (Pistoia and Fasano) pregnant females were allowed to choose the den to give birth in while they were isolated from the male. In these zoos, integration with the male usually took place when the cubs were between 3 months old. It is interesting to note that, while mixing cubs with the males at a very young age is generally not advised due to the risks it may cause (Richardson, personal communication), there are no known instances of cubs being attacked and/or killed by their father during or after the integration process in Pistoia, Napoli, and Fasano. The latter is also the Italian zoo with the best breeding record as four out of five cubs reached adulthood and interestingly it is the Italian zoo located at the lowest latitude. The absence of any correlation between latitude and cub mortality in captive polar bears was reported by Curry et al. (2015). Gippoliti (2014) noted that data concerning the breeding of polar bears in Italian zoos seemed to counter Clubb and Mason (2003), according to whom the infant mortality rate of carnivores in captivity is positively correlated with the size of the home range, suggesting that the exhibits are too small to allow female polar bears to properly rear their cubs. However, in Italian zoos females managed to successfully rear their cubs in three

facilities which were rather small (two ≤ 100 m 2 , one of 170 m 2) and in one of 430 m 2 while in the zoo with the largest exhibit (Rome) polar bear cubs never survived. Thus, Gippoliti (2014) suggested that the survival of infant polar bears in Italian zoos may be associated with the privacy that female polar bears had during labour and during the first months of rearing. The need for privacy and isolation for female polar bears to breed successfully has also been emphasised by Kawata (2019) and is a key recommendation in the European breeding programme's polar bear reproduction guidelines (Richardson et al., 2019). The fact that the Giardino Zoologico di Roma kept the species in large groups (between 4 and 10 animals), unlike the other Italian zoos where bears were kept in pairs, and the use of metal bars as dividers of the indoor dens did not provide an environment where females could manage to rear their cubs. Furthermore, the fact that on at least one occasion, the cubs were eaten by a male (Gippoliti, 2010) highlights that the lack of isolation was a critical issue with the husbandry of polar bears at the Giardino Zoologico di Roma.

Data from Rome, Pistoia, and Fasano report that polar bears preferred to stay indoors on the coldest days of the winter when events such as snowfalls and water freezing took place while opting to stay outdoors on the hottest days of summer, sunbathing or swimming. This would indicate a higher tolerance of captive polar bears for hot summers rather than cold winters; at least for the bears who were acclimated to a Mediterranean climate. However, as these are just anecdotal data, no assumptions over the climatic tolerance of captive polar bears can be drawn. Nonetheless, it was deemed interesting to include these data.

As the polar bear has been gradually phased out by Italian zoos, the documentation of the history and management of this species in the different Italian zoological gardens seems relevant, even if not comparable to current standards. It is hoped that this paper may contribute to this and that it may also serve as testimony to the history of Italian zoos which is sometimes overlooked.

Acknowledgements

For this paper, I would like to thank Spartaco Gippoliti and Douglas Richardson for their valuable review. Paolo Cavicchio (director of the Giardino Zoologico di Pistoia), Fabio Rausa (general curator at Zoosafari Fasanolandia), Maik Hones (headkeeper at Zoosafari Fasanolandia), Mauro Picone (former keeper at the Giardino Zoologico di Roma) and Raffaele D'Alterio (former keeper at the Giardino Zoologico di Napoli) for agreeing to the interviews. Additionally, I would like to thank Spartaco Gippoliti, Jonas Livet, Francesco Marchio, and Francesco Radino for allowing me to use their photos and personal photographic archives. Furthermore, I would also like to thank Elizabeth Duncan for her linguistic revision of this paper.

Zusammenfassung

Eisbären werden heute nur noch in einem einzigen italienischen Zoo (Fasano) gehalten, aber in der Vergangenheit wurden sie in sechs weiteren Zoos (Rom, Mailand, Neapel, Turin, Pistoia und Oria) gehalten. In diesen Zoos wurden Eisbären in altmodischen Einrichtungen wie Gruben mit Becken oder sogar Käfigen gehalten, deren Größe nicht immer die beste für diese Art war. In all diesen Zoos wurden Eisbären gezüchtet, außer in Oria und Turin, wo nur Einzeltiere gehalten wurden. Die Aufzucht der Art in italienischen Zoos war nicht sehr erfolgreich, da die Sterblichkeitsrate der Jungtiere sehr hoch war, insbesondere im Giardino Zoologico di Roma, wo die Nachkommen nie überlebten. Dies könnte mit der Art der Innenhöhlen zusammenhängen, denn

Rom hatte nicht nur die größten, sondern auch die am wenigsten isolierten Höhlen (z. B. waren die Höhlen durch Gitterstäbe getrennt). Darüber hinaus könnte auch die Anzahl der in der Anlage gehaltenen Bären einen gewissen Einfluss gehabt haben, da der Giardino Zoologico di Roma seine Eisbären im Gegensatz zu den anderen Zoos in Gruppen hielt. Trächtige Weibchen wurden daher nicht in einer für die Zucht geeigneten Isolation gehalten. Interessanterweise ist Fasano, der italienische Zoo auf dem niedrigsten Breitengrad, derjenige mit den besten Zuchterfolgen.

References

- Ames, A. (2000). The Management and Behaviour of Captive Polar Bears. PhD Thesis. Open University.
- Anonymous. (1950a). Ventuno orsi polari giunti stamane a Milano. Il Corriere della Sera, 28 October 1950, 2.
- Anonymous. (1950b). "L'invasione" di orsi dall'Artide a Milano. Il Corriere della Sera, 8 November 1950, 2.
- Anonymous, (1951). Si caccia nel Kenia per lo zoo Milano. Il Corriere della Sera, 9 March 1951, 2.
- Anonymous. (1969). Census of rare animals in captivity. International Zoo Yearbook, 9 (1), 274-306.
- Anonymous. (1971). Species of wild animals bred in captivity in 1969. International Zoo Yearbook, 11 (1), 259-320.
- Anonymous. (1975). Species of wild animals bred in captivity during 1973 and multiple generation captive births. International Zoo Yearbook, 15 (1), 315-392.
- Anonymous. (1976). Species of wild animals bred in captivity during 1974 and multiple generation captive births. International Zoo Yearbook, 16 (1), 333-446.
- Anonymous. (1978). Species of wild animals bred in captivity during 1976 and multiple generation captive births. International Zoo Yearbook, 18 (1), 319-404.
- Anonymous. (1980). Species of wild animals bred in captivity during 1978 and multiple generation captive births. International Zoo Yearbook, 20 (1), 374-448.
- Anonymous. (1982). Species of wild animals bred in captivity during 1980 and multiple generation captive births. International Zoo Yearbook, 22 (1), 363-438.
- Anonymous. (1984). Animali da salvare. Segrate: Rizzoli.
- Anonymous. (1987). Species of wild animals bred in captivity during 1984 and multiple generation captive births. International Zoo Yearbook, 26 (1), 411-506.
- Anonymous. (1988). Species of wild animals bred in captivity during 1985 and multiple generation captive births. International Zoo Yearbook, 27 (1), 341-435.
- Anonymous. (1990). Species of wild animals bred in captivity during 1987 and multiple generation captive births. International Zoo Yearbook, 29 (1), 243-348.
- Anonymous. (1998). Species of wild animals bred in captivity during 1995/1996 and multiple generation captive births. International Zoo Yearbook, 36 (1): 363-551.
- Bertolino, P. (1955a). Un episodio di dermatosi negli orsi polari dello Zoo di Roma. Profilassi, 28 (1), 3-9.
- Bertolino, P. (1955b). Ancora sull'episodio di dermatosi negli orsi polari (nota conclusiva). Profilassi, 28 (5), 3-6.
- Bronzini, E. (1975). La città degli animali. Roma: Comune di Roma.
- Claro-Hergueta, F., Dollinger, P., Götzenboth, R., Kitchener, A., Kok, J., & Kolter, L. (2007). EAZA Ursid Husbandry Guidelines.
- Clementi, F. (1925). Dal vivarium al giardino zoologico. Capitolium, 1 (4), 204-213.
- Clubb, R., & Mason, G. (2003). Captivity effects on wide-ranging carnivores. Nature, 425 (6957), 473-474.
- Curry, E., Safayi, S., Meyerson, R., & Roth, T. (2015). Reproductive trends of captive polar bears in North American zoos: a historical analysis. Journal of Zoo and Aquarium Research, 3 (3), 99-106.
- D'Alessandro, A., & Gippoliti, S. (1993). A list of wild mammals breeding at the Zoo of Rome from its foundation (1911) to 1991. Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy, 4 (2), 45-59.
- Fernandez, E. J. (2020). Appetitive Search Behaviors and Stereotypies in Polar Bears (*Ursus maritimus*). Behavioural Processes, 182, 104299.
- Finotello, P. L. (2004). I parchi faunistici: storia e funzioni di giardini zoologici, acquari e collezioni faunistiche specializzate. Palermo: L'epos.
- Florio, P.L. (1977). I più importanti Giardini Zoologici del mondo. In Baschieri Salvadori, F. (Ed.) Nel meraviglioso regno degli animali (pp. 2837-2853). Rome: Armando Curcio Editore.
- Gippoliti, S. (2010). La giungla di Villa Borghese: i cento anni del Giardino Zoologico di Roma. Latina: Edizioni Belvedere.
- Gippoliti, S. (2014). Animali esotici negli zoo e valutazione del loro benessere: un approccio olistico. Biologia Ambientale, 28 (8), 1-8.

- Gippoliti, S. (2016). An outline of the history of the Giardino Zoologico in Naples with some personal notes. *Museologia Scientifica nuova serie*, 10, 110-116.
- Gippoliti, S. (2018). L'ultimo bambino dello zoo. Le mie esperienze tra gli animali del Giardino Zoologico di Roma. Milan: Castel Negrino.
- Horsman, P. V. (1986). Captive Polar Bears in UK and Ireland. Paul V. Horsman.
- Kawata, K. (2019). Bats, Bear, and Lions: Zoo Dinosaur's Report Card. *ZAA Journal*, 13 (4), 11-17.
- Klös, H. G. (1974). New bear exhibit in the West Berlin Zoo. *International Zoo Yearbook*, 14 (1), 223-225.
- Knottnerus-Meyer, T. (1908). Über den Eisbären und seine geographischen Formen. *Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin*, 49, 170-187.
- Knottnerus-Meyer, T. (1925). Nel Giardino Zoologico. Osservazioni e studi. Rome: Maglione & Strini.
- Kück, H., & Schöne, J. (2014). Eisbärenzucht (*Ursus maritimus Phipps*, 1774) im Zoo am Meer Bremerhaven – Fortsetzung einer langen Tradition. *Der Zoologische Garten*, 83 (4-6), 83-92.
- Leclerc-Cassan, M., Pinon, D., & Warmoes, I. (2014). Le parc zoologique de Paris: des origines à la rénovation. Paris: Muséum national d'Histoire naturelle.
- Markowitz, H. (1982). Behavioral enrichment in the zoo. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Maschietti, G., Muti, M., & Passerin d'Entrèves, P. (1990). Giardini zoologici. Vicende storico-politiche degli zoo torinesi (1851-1989). Turin: Allemandi.
- Meuser, N. (2018). Zoo buildings. Construction and Design Manual. Berlin: Dom Publishers.
- Pagel T., Reckewitz M., & Spieß, W. (2010). Der Kölner Zoo. Köln: J.P. Bachem Verlag.
- Richardson, D. (2019). Captive Management of Polar Bears; a new approach.
- Richardson, D., Szánthó, J., & Kolter, L. (2019). Critical criteria for breeding and rearing polar bears in captivity.
- Ross, S.R. (2006). Issues of choice and control in the behaviour of a pair of captive polar bears (*Ursus maritimus*). *Behavioral Processes*, 73, 117-120.
- Rossetti, G. (1998). Dal Giardino Zoologico al Bioparco. Storia e architettura dello Zoo di Roma. Viterbo: BetaGamma.
- Shepherdson, D., Lewis, K. D., Carlstead, K., Bauman, J., & Perrin, N. (2013). Individual and environmental factors associated with stereotypic behavior and fecal glucocorticoid metabolite levels in zoo housed polar bears. *Applied Animal Behaviour Science*, 147 (3-4), 268-277.
- Società Italiana per l'impianto e l'esercizio del Giardino Zoologico (1915). Relazione Tecnica per l'esercizio 1914. *Bollettino della Società Zoologica Italiana*, 3 (3), 119-134.
- Stephan, U. (2006): Untersuchungen an Eisbären in europäischen zoologischen Gärten: Verhalten und Veränderungen von Stresshormon-Konzentrationen unter Berücksichtigung der Gehegegröße und Gruppenzusammensetzung. Dissertation. Universität Karlsruhe.
- TAG, AZA Bear. Polar Bear (*Ursus maritimus*) Care Manual (2009). Association of Zoos and Aquariums, Silver Spring, MD.
- van Keulen-Kermouth, G. (1978). Zoo enclosures for bears. *International Zoo Yearbook*, 18 (1), 177-186.

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

doi:10.53188/zg005

Zool. Garten N.F. 90 (2022) 103-119

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Ist der Nacktmull (*Heterocephalus glaber*) eine eusoziale Spezies?

Is the naked mole-rat (*Heterocephalus glaber*) a eusocial species?

Wolfgang Ludwig* & Thomas Brockmann

Zoo Dresden, Tiergartenstr. 1, 01219 Dresden, Germany

Zusammenfassung

Ausgehend von sozialen Hymenopteren klassifizierten Entomologen den Nacktmull in den 1980er Jahren als eusoziales Säugetier. Diese Klassifizierung führte jedoch zur undifferenzierteren Verwendung bestimmter Termini („eusozial“, „Königin“, „Kaste“, „Kolonie“, „Staat“), welche ursprünglich der Definition und Charakterisierung staatenbildender Insekten dienten. Fortschritte in der Soziobiologie führten dazu, dass wir heute eine viel differenziertere und breitere Sicht auf die Sozietäten von Arthropoden und Vertebraten haben. Die gegenwärtige Unschärfe im Gebrauch bestimmter Termini behindert Untersuchungen zur Erkennung von Konvergenzen in sozialen Systemen.

In diesem Beitrag werden Merkmale alloparental aufziehender Insekten- und Säugetierspezies mit dem Sozialsystem des Nacktmulls verglichen. In Insektenstaaten agieren morphologisch differenzierte Arbeiter in Kästen. Arbeitsteilung und kooperatives Verhalten totipotenter Helfer in Vertebraten-Sozietäten finden jedoch auf Basis grundlegend anderer Verhaltensmechanismen statt als bei obligatorisch eusozialen Insekten. Strikte lebenslange Monogamie ist mit Eusozialität assoziiert und findet sich nicht bei Säugetieren. Nacktmulle entsprechen in allen Eigenschaften kooperativ aufziehenden Säugetieren mit Helfersystem und reproduktiver Suppression. Konsequenterweise sollte für die Charakterisierung von Nacktmullsozietäten die entsprechende Terminologie Verwendung finden, die sich von der für staatenbildende Insekten unterscheidet. Nacktmulle leben deshalb in hochsozialen, kooperativ aufziehenden Gruppen (*singular breeders*) und nicht in einem eusozialen „Staat“ oder einer „Kolonie“. Das reproduktive Weibchen einer Gruppe besitzt den höchsten sozialen Status und wird als Alpha-Weibchen bezeichnet, nicht als „Königin“. Verteidigung, Babysitting usw. werden nicht von „Soldaten“ oder „Arbeitern“ übernommen, sondern von alloparentalen Helfern.

*Korresp. Autor:

E-Mail: ludwig@zoo-dresden.de (Wolfgang Ludwig)

Schlüsselwörter: *Heterocephalus glaber*, Nacktmull, Eusozialität, Kaste, alloparental care, Monogamie



Abb. 1: Der Nacktmull (*Heterocephalus glaber*) ist in vielerlei Hinsicht eine bemerkenswerte Spezies. Foto: Christiane Krönke

Fig. 1: In many ways, the naked mole-rat (*Heterocephalus glaber*) is a remarkable species. Photo: Christiane Krönke

1. Einleitung

Der Nacktmull (*Heterocephalus glaber* Rüppell, 1842) ist eine in vielerlei Hinsicht bemerkenswerte Säugetierspezies und seit mehr als 30 Jahren Bestandteil wissenschaftlicher Forschung (Abb. 1). Aufgrund seiner Karriere in der Krebs- und Altersforschung (Buffenstein, 2005) wurde der Nacktmull zu einem Begriff in der Fach- aber auch in der populärwissenschaftlichen Literatur. Der Gebrauch bestimmter soziobiologischer Termini in Verbindung mit Nacktmullen („eusozial“, „Königin“, „Kaste“, „Kolonie“, „Staat“) ist deshalb inzwischen weitverbreitet und in der Literatur fest verankert.

Die Verwendung des Begriffs „eusozial“ in Verbindung mit Nacktmullen und der Bezug zu den komplexen Insektstaaten lässt besonders unter Laien ein falsches Bild entstehen, dem entschieden entgegengetreten werden muss. Insbesondere in Zoos, die sich als Bildungseinrichtung an ein breites Publikum wenden, sollte daher eine saubere und zutreffende Beschreibung der Soziobiologie dieser Nagerspezies publiziert werden.

So steht der Nacktmull als Ursache für die Ausbreitung von „Fach“-Termini, die der Definition und Charakterisierung staatenbildender Insekten dienten (Michener, 1969; Wilson, 1971). Mehrdeutige Interpretationen der einst zweckmäßigen Definition für Eusozialität nach Wilson

(1975) führten zu nicht klar begründeten Zuordnungen von Taxa (Crespi & Yanega, 1995). Die Platzierung des Nacktmulles in ein und dieselbe soziale Kategorie mit eusozialen Hymenopteren, machte die Verwirrung komplett. Vor allem auch deshalb, weil das Sozialsystem sozialer Mülle (*Bathyergidae*) nach wie vor der Soziobiologie als wichtiges Modell dient (z. B. Houslay et al., 2020). Es bedarf deshalb klar definierter, universell anwendbarer Merkmale der sozialen Organisation, die an jedem Taxon überprüft werden können.

Fortschritte in der Soziobiologie führten dazu, dass wir heute eine viel differenziertere und breitere Sicht auf die Sozietäten von Arthropoden und Vertebraten haben. Die gegenwärtige Unschärfe im Gebrauch bestimmter Termini behindert Untersuchungen zur Erkennung von Konvergenzen in sozialen Systemen.

In diesem Beitrag gehen wir auf jüngere Ergebnisse zur Charakterisierung von Eusozialität ein. Merkmale der Reproduktionssysteme eusozialer Insekten und kooperativ aufziehender Säugetiere werden mit dem Sozialsystem des Nacktmulls verglichen. Es fließen dabei Ergebnisse eigener Beobachtungen ein, die an zahlreichen, im Zoo Dresden gehaltenen und vermehrten Nacktmullgruppen seit 1995 durchgeführt wurden.

Nach der Zuordnung des Nacktmulls zu einem bestimmten Typ sozialer Organisation, soll auf die entsprechende, korrespondierende soziobiologische Terminologie hingewiesen werden.

2. Geschichte

In Vertebraten- wie in Arthropodensozietäten existieren Sozialsysteme, in denen die Monopolisierung von Fortpflanzung durch einzelne Weibchen an die Unterstützung durch verwandte Arbeiter bzw. Helfer gebunden ist. Während solche Gesellschaften bei Arthropoden eusozial genannte werden (z. B. Michener 1969; Wilson, 1971; Wilson & Hölldobler, 2005; Boomsma, 2009), spricht man bei Vertebraten seit dem Aufkommen der modernen Soziobiologie (Wilson, 1975) von kooperativ aufziehenden Spezies (*cooperative breeders*) (z. B. Emlen, 1981; Fox, 1984; Clutton-Brock, 1991; Creel, 1996; Sillero-Zubiri et al., 1996; Doolan & Macdonald, 1997; French, 1997; Moehlman & Hofer, 1997; Venkataraman, 1998). Anders als es sich Wilson 1975 in „*Sociobiology: The New Synthesis*“ erhofft hatte, entwickelte sich die Soziobiologie auf zwei unabhängigen Wegen – je einer für Insekten und für Vertebraten.

Die Klassifizierung des Nacktmulls ereignete sich jedoch unter dem Einfluss eines Entomologen auf einem besonderen Weg. Schon Mitte der 1970er Jahre postulierte der Entomologe und Soziobiologe Richard Alexander ausgehend von staatenbildenden, eusozialen Hymenopteren die Existenz eusozialer Vertebraten. Gleich eusozialen Insekten könnte eine Nagerspezies in unterirdischen, sicheren und erweiterbaren Nestkammern leben. Ausgeprägte Brutfürsorge, Verteidigung der Nester durch Helfer und geklumpte Nahrung wären Merkmale eines solchen „eusozialen“ Nagers (Alexander et al. 1991). Als es offensichtlich wurde, dass diese Merkmale auf den Nacktmull zutreffen, klassifizierte man diesen Nager als eusozial (Jarvis 1981).

Obwohl seit den 1980er Jahren immer mehr Säugetierarten mit kooperativer Aufzucht und Helfersystem beschrieben wurden, blieb die Sonderstellung des Nacktmulls erhalten, zumindest terminologisch.

3. Offene Fragen zur Eusozialität bei Insekten

Von Michener (1969) erstmals definiert, bezog sich der Terminus „eusozial“ auf Bienen, die in Kolonien von sich überlappenden Generationen leben und in denen Individuen unterschiedli-

cher Kasten spezifischen Aufgaben nachgehen. Die Mitglieder einer Kaste produzieren entweder alle Nachkommen oder sie dienen als funktional sterile Arbeiter, um Nachwuchs aufzuziehen und die Kolonie zu schützen.

Wilson (1971, 1975) dehnte die Definition auf andere soziale Insekten aus (z. B. Ordnungen Hautflügler/*Hymenoptera* und Termiten/*Isoptera*) und formulierte eine heute noch viel zitierte Definition für Eusozialität:

1) Kooperative Aufzucht des Nachwuchses in der Gruppe.

2) Teilung von reproduktiver Arbeit mit mehr oder weniger sterilen Individuen zum Nutzen von fruchtbaren Nestgenossen.

3) Mindestens zwei Generationen überlappen sich in einem Stadium, das sie befähigt, ihren Eltern bei der „Arbeit“ (z. B. Aufzucht) einige Zeit ihres Lebens zu helfen.

Als Entomologe fokussierte Wilson (1975) mit seiner Definition auf Insekten. Allerdings lassen sich die wenig eingrenzenden Formulierungen ohne Weiteres auf zahlreiche kooperativ aufziehende Vertebraten ausdehnen (z. B. Abbott, 1978; Doolan & Macdonald, 1997; O’Rian et al., 2000; Ludwig, 2007). Als besonderer Mangel muss das Fehlen einer Aussage zur Anzahl der reproduktiven Weibchen und zur Monogamie angesehen werden.

Die Mehrdeutigkeit und Ungenauigkeit der Wilson’schen Definition zeigt sich vor allem in Punkt 2: Die Formulierung „Teilung von reproduktiver Arbeit“ („*division of reproductive labour*“) hat zu verschiedenen Interpretationen geführt. Auch „mehr oder weniger steril“ und „Nutzen“ sind Begriffe, denen es in diesem Zusammenhang an Kontur mangelt. Relevante soziobiologische Fragen, ob auch Arbeiter bzw. Helfer irgendwann Nachwuchs zeugen können oder inwieweit deren altruistisches Verhalten ihre Gesamtfitness erhöht, bleiben offen. So bleiben Wilsons (1975) Kriterien für Eusozialität heute unzureichend, um damit eine Entscheidung über die Zuordnung zur Eusozialität zu treffen (Houslay et al., 2020).

4. Kasten repräsentieren eine hochspezialisierte Strategie der Arbeitsteilung bei Insekten

Wilson (1975) beschreibt zwar Kasten als ein Merkmal für soziale Insekten (Individuen eines bestimmten morphologischen Typs, die spezielle Arbeiten durchführen), geht aber nicht auf die Fortpflanzungsfähigkeit bzw. Totipotenz der Mitglieder einer Kaste ein. Auch spielen Mechanismen der Reproduktionsmonopolisierung keine Rolle. Dennoch ist sein Hinweis auf morphologische Differenzen zwischen den Mitgliedern einer Gruppe bzw. eines Staates für die Abgrenzung zu Säugetiergruppen von Bedeutung.

Crespi & Yanega (1995) betrachten die Ausbildung von Kasten als das entscheidende Merkmal für die Unterteilung von Sozialsystemen mit sozialer Brutpflege (*alloparental care*). Erst die Existenz von Kasten führt zu eusozialen Fortpflanzungssystemen. Sie schlagen folgende Definition für Kaste vor:

Zu einer Kaste (= Verhaltensgruppe) zählen Individuen, die sich in ihrem Verhalten irreversibel von anderen Gruppenmitgliedern unterscheiden und die permanent eine oder zwei ganz bestimmte Aufgaben übernehmen (Reproduktion, Verteidigung, Brutpflege). Kastenmitglieder treten in einem bestimmten irreversiblen Phänotyp (Morphe) auf.

Boomsma (2007, 2009) ergänzt diese Definition dahingehend, dass lebenslange Zugehörigkeit zu einer sterilen Kaste (*true worker caste*) und ein von den Eltern abweichender Phänotyp nicht auf alle Angehörige einer Insektenkaste gleichermaßen zutreffen. Nur dort, wo physisch und phänotypisch irreversible Kastenmerkmale entstanden sind, sollte von Eusozialität gesprochen werden. Er nennt sie *obligate eusociality*. Dagegen basiert die Existenz kontextabhängiger,

fakultativer Kasten auf fundamental anderen Ursachen (Boomsma, 2007). Letztere stellt er an die Seite von Sozialsystemen mit kooperativer Aufzucht.

Die Entstehung von Kasten ist ein evolutionärer Vorgang, der bei Hymenopteren ca. 180 Millionen Jahre, bei Orthopteroiden sogar ca. 280 Millionen Jahre gedauert hat (Alexander et al., 1991).

Die Evolution zu einer derartig hohen sozialen Spezialisierung wie sie Kasten darstellen, sollte sich unter substanzial anderen selektiven Drücken ereignet haben als für alloparentale Sozialsysteme ohne Kasten (Crespi & Yanega, 1995; Boomsma, 2007, 2009). Boomsma (2009) postuliert, dass die Anwesenheit von lebenslang sterilen Kastenmitgliedern erst unter strikter lebenslanger Monogamie (*strict lifetime monogamy*) möglich wurde. Differierende evolutionäre Strategien mündeten entweder in strikte Monogamie (eusoziale Insekten) oder in kooperative Aufzucht (Arthropoden und Vertebraten) mit mehr oder weniger ausgeprägter Polygamie und Promiskuität. In seiner Monogamiehypothese macht Boomsma (2007) strikte lebenslange Monogamie zur Grundlage für Eusozialität.

Unter Vertebraten ist dagegen keine Spezies bekannt, die nicht wenigstens in Ausnahmen ihren Reproduktionspartner wechselt. Unter Zugrundelegung des Modells der Gesamteignung (*inclusive fitness*) nach Hamilton (1964) entstehen permanent sterile Helperkästen erst dann, wenn strikte lebenslange Monogamie diese Fitness bewirkt (Boomsma, 2007).

Das Konzept der Gesamteignung (*inclusive fitness*) erklärt, dass der Fortpflanzungserfolg eines Individuums nicht nur in seiner individuellen Eignung (*personal fitness*), d. h. in der Zahl seiner Nachkommen, besteht, sondern darüber hinaus auch in der Zahl der Nachkommen seiner Verwandten (mit dem Verwandtschaftsgrad multipliziert). Die These der Verwandtenselektion (*kin selection*) (Maynard-Smith, 1964; Hamilton, 1964) zeigte, dass kooperative Verhaltensmechanismen am wahrscheinlichsten zwischen nahe verwandten Individuen zu erwarten sind.

Die Monogamiehypothese impliziert, dass auch bei Insekten zwischen eusozialen und kooperativ aufziehenden Spezies zu unterscheiden ist. Eusozialität und kooperative Aufzucht beschreiben letztendlich deutlich unterscheidbare Sozialsysteme, die auf verschiedenen Strategien zur Erhöhung der Gesamteignung ihrer Helfer beruhen (Boomsma, 2007, 2009).

Auf der Suche nach den ultimaten Ursachen zur Entstehung eusozialer Insektenstaaten weisen die Ergebnisse jüngerer Untersuchungen darauf hin, dass bei zahlreichen eusozialen Hymenopteren durch DNS-Methylierungen die Ausprägung von Kasten unterstützt wird (z. B. Wang, 2006; Foret et al. 2009; Lyko et al. 2010; Weiner & Toth, 2012).

Für die endgültige „Festlegung“ der Zugehörigkeit zu einer Kaste werden schließlich ganz bestimmte Interaktionen zwischen Brut und Arbeiter notwendig. Das heißt, dass bei der Übernahme einer sozialen Aufgabe nicht etwa ontogenetische Reife, individuelle Disposition oder situative Erfordernisse ausschlaggebend sind, sondern bei Insekten bestimmten spezielle Ernährung der Larve, mechanische (Vibration) oder Pheromonsignale die weitere ontogenetische Entwicklung und eine kastentypische Disposition (Linksvayer, 2007).

Die phylogenetische Dimension und die unvergleichliche Spezialisierung auf klar unterscheidbare soziale Phänotypen (Kasten) deuten darauf hin, dass es sich bei Insekten und Säugetieren um mehr als eine simple Unterscheidung zweier Kategorien alloparentaler Aufzucht handelt. Die Existenz von Kasten und der Verlust der Totipotenz repräsentieren eine evolutionäre Grenze. Kasten stehen damit für eine besondere, hochspezialisierte soziale Strategie (Zöttl et al., 2016), die als wichtiges Kriterium für Eusozialität anzusehen ist und in dieser Hinsicht Säugetiere von jenen staatenbildenden Insekten trennt, die durch strikte lebenslange Monogamie charakterisiert sind (*sensu* Boomsma, 2007, 2009). Helfende Gruppenmitglieder, die sich lebenslang morphologisch und/oder in ihrem Verhalten von ihren Eltern unterscheiden, finden sich bei Säugetieren, inklusive Nacktmull nicht (siehe dazu Kap. 7).

5. „Kooperativ“ aufziehende Sozietäten bei Vertebraten und Insekten

In alloparental aufziehenden Vertebratengesellschaften unterscheiden Solomon & French (1997) zwischen communal aufziehenden und kooperativ aufziehenden Spezies. Sozialgemeinschaften communal aufziehender Spezies zeichnen sich durch mehrere sich erfolgreich fortpflanzende Weibchen aus. Zu diesen eher egalitär organisierten Sozietäten (*plural breeders*) zählen z. B. Zebramanguste (*Mungos mungo* Gmelin, 1788) und Guereza (*Colobus guereza* Rüppell, 1835) (Fischbacher, 1993; Ullrich, 1961; Newton & Dunbar, 1994). Kooperativ aufziehende Spezies dagegen umfassen Taxa, die durch das Fortpflanzungsmonopol eines dominanten Weibchens oder Paars charakterisiert sind (*singular breeders*) und deren Nachwuchs mit Hilfe wenigstens einer Filialgeneration aufgezogen wird. Dazu gehören z. B. Florida-Buschhäher (*Aphelocoma coerulescens* Bosc, 1795), Zwergmangusten (*Helogale spec.*) und Rothund (*Cuon alpinus* Pallas, 1811) (Fox, 1984; Brown, 1987; Schoech et al., 1991; Creel, 1996; Ludwig & Ludwig, 2000). Mit kooperativer Aufzucht ist demzufolge die Anwesenheit subordinater Helfer assoziiert, deren Aktivitäten dem Helfer Kosten verursachen aber gleichzeitig seine und die Fitness des verwandten Empfängers steigern (*sensu* Hamilton, 1964). Folglich fällt unter die Definition von kooperativer Aufzucht lediglich Helferverhalten, das zur Erhöhung des Reproduktionserfolges der Elterntiere beiträgt (Clutton-Brock, 2016).

Singular Breeders und *Plural Breeders* im oben genannten Sinne (*sensu* Solomon & French, 1997) bezeichnen die Enden eines Kontinuums alloparentaler Aufzucht bei Vertebraten, welches durch mehr oder weniger ausgeprägte reproduktive Suppression gekennzeichnet ist. Dabei ist zu berücksichtigen, dass intraspezifische Variation dafür sorgt, dass nicht jeder Spezies ein klarer Platz zwischen den beiden Polen alloparentaler Aufzucht zugewiesen werden kann (Solomon & French, 1997; Ligon & Burt, 2004).

Strikte, lebenslange Monogamie wie sie für die Entstehung von Kasten bei eusozialen Insekten postuliert wird (Boomsma, 2007), konnte für keine Vogel- oder Säugetierspezies nachgewiesen werden. In kooperativ aufziehenden Gruppen dieser Vertebraten stellt episodisch auftretendes promiskues Paarungsverhalten keine Ausnahme dar (z. B. Doolan & Macdonald, 1997; Digby, 1995; Brown, 1987). Tatsächliche Monogamie findet sich bei diesen Spezies im besten Falle als sog. serielle Monogamie (z. B. Griffith & West, 2003; Dickinson & Hatchwell, 2004). Wenn im Folgenden bei kooperativ aufziehenden Spezies von Monogamie gesprochen wird, ist daher immer eine serielle oder temporäre Monogamie gemeint.

Betrachtet man Monogamie und alloparentale Hilfe unter Säugetieren als graduiertes Kontinuum, stehen Damalaland-Graumull (*Fukomys damarensis* Ogilby, 1838) und Nacktmull an seinem apotypischen Ende. Mit Ausnahme einiger Weniger verbleiben die meisten Individuen ihr Leben lang als Helfer bei der Aufzucht sehr eng verwandter Nachkommen in ihrer Gruppe (Griffith & West, 2003), doch lebenslange strikte Monogamie gehört auch bei diesen Spezies nicht zu den Merkmalen ihres Sozialsystems (s. Kap. 6).

Auch innerhalb staatenbildender Insekten erfüllen nicht alle Spezies die Voraussetzung zur Aufnahme in die Kategorie „eusozial“. Besonders deutlich zeigt sich dies bei poneroiden Ameisen. So besitzen einige dieser Spezies Arbeiter, die sich verpaaren können, nachdem sie *Breeder*-Status erreicht haben (Hölldobler & Wilson, 2008). Das bestimmende Merkmal, was diese Ameisen „lediglich“ zu einer kooperativ aufziehenden Art macht, sind die begrenzte Zugehörigkeit zu einer Kaste und die Wechsel der reproduktiven Weibchen: Arbeiterinnen mit einem distinkten Phänotyp (*worker phenotype*) werden später in ihrem Leben zum dominanten reproduktiven Weibchen in ihrer Natalgruppe.

Ebenso nutzen die Arbeiter halictiner und allodapiner Bienen ihre gefüllten Spermatophoren und pflanzen sich fort. Diese Spezies der Hymenopteren werden daher nicht als eusozial sondern kooperativ aufziehend bezeichnet (Hölldobler & Wilson, 2008).

Anders bei den Spezies polistiner kastenbildender Wespen (z. B. *Polistes dominula* CHRIST, 1791), die im Frühjahr gemeinsam mit mehreren begatteten, verwandten Weibchen den Nestbau beginnen. Hier lässt sich trotz des Auftretens multipler Königinnen strikte Monogamie nachweisen, denn es bleibt schließlich pro Kolonie nur ein einziges sich fortpflanzendes Weibchen übrig, die dominante Königin. Sie speichert nachträglich kein weiteres Sperma durch Paarungen mit fremden Männchen (Boomsma et al., 2008).

Obwohl Abweichungen von lebenslanger, strikter Monogamie bei eusozialen, staatenbildenden Insekten nur in Ausnahmen vorkommen (Boomsma, 2009), entsprechen auch hier Polygamie oder Promiskuität den Merkmalen kooperativ aufziehender Vertebraten (z. B. Doolan & Macdonald, 1997; Digby, 1995; Brown, 1987).

6. Der Nacktmull und sein Sozialsystem

Der Nacktmull, eine hochsoziale Spezies der Familie Sandgräber (*Bathyergidae*), endemisch in den ariden Zonen Äthiopiens, Somalias und Kenias, lebt ausschließlich unterirdisch in sogenannten „Kolonien“, die als große Familiengruppen anzusehen sind (Lacey & Sherman, 1991). Innerhalb dieser Gruppen, die durchschnittlich 75 bis 80 Mitglieder umfassen, herrscht ein monogames bis polyandrisches Paarungssystem vor. Die Fortpflanzung innerhalb der Gruppe ist für gewöhnlich auf ein einzelnes Weibchen (Alphaweibchen) und ein bis zwei (seltener drei) Männchen beschränkt (Brett, 1991). Etwa zehn Prozent der Gruppen besitzen allerdings zwei züchtende Weibchen (Lacey & Sherman, 1997).

Die Mitglieder einer Gruppe bestehen aus nah miteinander verwandten Individuen, die im Extremfall alle die gleiche Mutter haben. Die Paarbeziehung zwischen dem Alphaweibchen und den männlichen Reproduktionspartnern bleibt für gewöhnlich über Jahre hinweg stabil.

Ähnlich wie in den Gruppen monogamer (im oben genannten Sinne) Callitrichiden-, Caniden- und Herpestidenspezies (z. B. Abbott, 1978; Fox, 1971; O’Rian et al., 2000) erhalten die Eltern in Nacktmullgruppen während der Aufzucht direkte oder indirekte Unterstützung durch andere Gruppenmitglieder (Lacey & Sherman, 1991). Alloparentale Hilfe wie die Versorgung der Jungen mit Nahrung ist trotz Bettelverhalten bei Nacktmullen wenig entwickelt (Jarvis, 1981; Bennett, 1990). Der Reproduktionsvorteil für die Eltern liegt vermutlich in jenem Verhalten begründet, das mit Nahrungsbeschaffung und Schutz zu tun hat (Houslay et al., 2020). Anders als bei sozialen Carnivoren kann bei sozialen Bathyergiden nur wenig Brutpflegeverhalten durch Helfer beobachtet werden. Weder werden die Jungtiere von Helfern geputzt noch von nichtzüchtenden Weibchen gesäugt. Aktive Jungtierversorgung inklusive Allolactation ist dagegen bei sozialen Herpestiden und Caniden verbreitet und als gewöhnliches Helferverhalten anzusehen (Clutton-Brock, 2016). Soziales Verhalten, das direkt in die Nachkommenschaft investiert wird, ist bei Nacktmullen weniger entwickelt als bei anderen kooperativ aufziehenden Säugetierspezies und unterscheidet ihn damit besonders deutlich von eusozialen Hymenopteren.

Die reproduktiv supprimierten, also temporär nichtzüchtenden Helfer einer Nacktmullgruppe erreichen bei Separierung von der Natalgruppe innerhalb weniger Wochen ihre Fertilität (Faulkes et al., 1990a).

Die Nachkommen des Alphaweibchens verbleiben in ihrer Natalgruppe und können hier später auch Reproduktionsstatus erreichen (Lacey & Sherman, 1997).

In einer sich reproduzierenden Gruppe wird der Zyklus aller Weibchen durch das Verhalten des Alphaweibchens supprimiert (Faulkes, 1991), was sich in der wesentlich niedrigeren Serumkonzentration des luteinisierenden Hormons (LH) widerspiegelt, so dass eine Ovulation ausbleibt. Diese LH-Blockade schwindet, wenn ein supprimiertes Weibchen von der Gruppe isoliert und mit einem Männchen verpaart wird (Faulkes et al., 1990b).

Auch bei den Männchen liegt eine umkehrbare Reproduktionssuppression vor. Ähnlich wie nichtzüchtende Weibchen reduzieren sozial unterdrückte Männchen ihre Produktion von Sexualhormonen. Nachdem solche Männchen aus ihren Gruppen entnommen wurden, stieg deren Synthese der Hormone LH und Testosteron an (Faulkes & Abbott, 1991).

Im Freiland entstehen neue Gruppen durch Aufspaltung. Dabei separieren sich subordinate Gruppenmitglieder in bestimmten Tunnelabschnitten, indem sie die Verbindungsgänge mit Erde verschließen und bewachen (Brett, 1991). Neben dieser Neugründung durch Splitting der Natalgruppe ist ein zweiter Weg der Gruppenentstehung bekannt, der durch auswandernde Männchen (*Disperser*) initiiert wird (O'Rian et al., 1996).

7. Gibt es distinkte Phänotypen (Kasten) in einer Nacktmullgruppe?

In einer reproduktiv aktiven Gruppe von Nacktmullen lassen sich anhand der Körpergröße grob drei Typen ausmachen: Das reproduktive Alphaweibchen (Abb. 2), große, möglicherweise reproductive Männchen und nichtreproduktive Individuen beider Geschlechter. Das Alpha-weibchen, wenn es bereits einmal tragend war, ist gewöhnlich das längste Tier der Gruppe (z. B. Ludwig & Krönke, 2012; Thorley, 2018a).

Junge Männchen und Weibchen gehören nie zu reproduktiven Individuen. Erst im Verlauf ihrer Ontogenese können verschiedene Individuen einen hohen sozialen Status erreichen, der aber nicht zwingend mit der Option zur Fortpflanzung verbunden ist. Hohe Körpermasse und sozialer Rang sind allerdings positiv korreliert. Reproduktionsblockaden lösen sich mit zunehmender Körpermasse auf (Ludwig & Krönke, 2012).

Trotz Reproduktionssuppression können neben dem einzigen züchtenden Weibchen ähnlich schwere Weibchen existieren, die sich nicht fortpflanzen. Auch nicht alle großen Männchen



Abb. 2: Alphaweibchen aus einer Zuchtgruppe des Zoo Dresden. Im Verhältnis zu nichtreproduzierenden Weibchen ist die Wirbelsäule deutlich verlängert. Foto: Matthias Hendel.

Fig. 2: Alpha female from a breeding group at Dresden Zoo. In relation to non-reproducing females the spine is clearly elongated. Photo: Matthias Hendel.

kommen als Väter der Nachkommen in Frage. Die Annahme der Existenz von Kasten bei Damaraland-Graumull und Nacktmull, analog zu eusozialen Insekten (z. B. Bennett & Jarvis, 1988), wurde durch Verlaufsstudien widerlegt (Lacea & Sherman, 1991; O'Rian & Jarvis, 1998; Zöttl et al., 2016; Thorley et al., 2018a). Unterschiede im Verhalten zwischen den Individuen sind kontinuierlich verteilt, und Unterschiede im Verhalten zwischen großen und kleinen Gruppenmitgliedern sind ein Resultat altersabhängiger Variation und nicht verschiedener Entwicklungswege. Eine zunehmende Zahl an Helfern führt bei sozialen Bathyergiden zu höherer Geburtsfrequenz und größeren Würfen. (Houslay et al., 2020). Diese Assoziation zwischen Helfern und Geburtsfrequenz findet sich auch bei sozialen Herpestiden (Schneider & Kappeler, 2014) und anderen alloparental aufziehenden Säugetieren wie Schabrackenschakal (*Lepulella mmesomelas* Schreber, 1775) oder Afrikanischer Wildhund (*Lycaon pictus* Temminck, 1820) (Clutton-Brock, 2016).

Die Zunahme der Körperlänge bei züchtenden Weibchen von Nacktmull und Damaraland-Graumull darf nicht als Indiz für die Eusozialität dieser Spezies herangezogen werden. Das Größenwachstum durch Aufbau von Knochenmasse in den Rückenwirbeln (Abb. 2) ist dabei vergleichbar mit dem Knochenwachstum in der Pubertät. Ausgelöst wird dieses Wachstum sowohl durch das Erreichen des Alphastatus als auch der Reproduktion bzw. Trächtigkeit, in deren Folge hormonelle Veränderungen stattfinden (Dengler-Crish et al., 2007; Thorley, 2018a). Dies ist jedoch kein exklusives Merkmal dieser beiden Spezies, sondern wurde auch für die kooperativ aufziehenden Surikaten beschrieben (Russel et al., 2004).

Andere Säugetiere (z. B. männliche Mandrille (*Mandrillus sphinx* Linnaeus, 1758), männliche Orang-Utans (*Pongo spec.*) zeigen ebenfalls phänotypische Veränderungen beim Erreichen eines hohen sozialen Ranges oder des Fortpflanzungsstatus' (Setchell, 2001; Utami, 2002). Im Gegensatz zu den eusozialen Insekten ist diese phänotypische Variabilität aber abhängig vom sozialen Status innerhalb der Gemeinschaft, während sie bei Insekten zu Beginn der Ontogenese determiniert wird. So weisen weibliche Surikaten und Mulle nach Erreichen eines dominanten Reproduktionsstatus einen veränderten Hormonhaushalt auf, der sich in ihrem Verhalten sowie in einem sekundären Wachstum widerspiegelt (Bennett & Faulkes, 2000; Clutton-Brock & Manser, 2016). Es ist höchst unwahrscheinlich, dass die Selektion bei Vertebraten divergierende ontogenetische Entwicklungswege zur Steigerung der Gesamtfitness bevorzugt hat. Viel wahrscheinlicher dürften Vorteile aus adaptiven Veränderungen des Phänotyps *nach* Erreichen des Reproduktionsstatus erwachsen (Duncan et al., 2018).

Die Plastizität im Verhalten innerhalb von Säugetergemeinschaften ist noch immer Gegenstand der Forschung. Der Einfluss von Umweltfaktoren auf epigenetische Veränderungen scheint hierbei eine nicht un wesentliche Rolle zu spielen (Clutton-Brock, 2016).

8. Mechanismen der Arbeitsteilung bei Säugetieren

Die Verteilung der Individuen einer Sozietät auf verschiedene Aufgabenschwerpunkte nennen Fritzsche & Gattermann (2002) Arbeitsteilung. Kooperation wird von diesen Autoren als Teilnahme verschiedener Individuen an einer Aufgabe angesehen.

Die Mechanismen der Übernahme bestimmter Aufgaben zeigen sich bei Vertebraten weniger deutlich konturiert, als bei staatenbildenden Insekten (s. Kap. 4). Vielmehr kommt hierbei die Flexibilität der Sozietäten von Säugetierspezies zum Tragen, die als das Gegenteil der physiologischen und sozialen Fixierung durch Kasten zu bewerten ist (cf. Zöttl et al., 2016). Individuelle Variation in kooperativen Verhaltensweisen ist das Ergebnis ontogenetischer Entwicklungsunterschiede zwischen den Verhaltensgruppen bzw. Kasten bei Insekten, wohingegen die Übernahme spezieller Aufgaben bei Säugetieren auf keinerlei Spezialisierung beruht (Thorley et al.,

2018b). Umweltfaktoren, ontogenetische Reife, sozialer Status und andere soziale Faktoren sowie Geschlecht und individuelle Dispositionen üben bei Säugetieren Einfluss auf die Wahl bestimmter Aufgaben aus.

Anders als in einer Kaste staatenbildender Insekten übernehmen auch Nacktmulle abhängig von Ihrem Alter, ihrem sozialen Status und der aktuellen Zusammensetzung ihrer Gruppe bestimmte Aufgaben (Lacey & Sherman, 1997). Lacey & Sherman (1997) gehen davon aus, dass bei Nacktmullen auf diesem Wege auch Lücken in der Reproduktion durch voll herangewachsene Männchen geschlossen werden.

Nacktmulle beginnen ab einem Alter von zwei Monaten Aufgaben für die Gruppe zu übernehmen wie das Freihalten der Tunnel oder die Pflege der Jungtiere. Mit zunehmendem Alter und Körpergewicht wechseln diese Aufgaben. Größere und ältere Individuen graben beispielsweise Gänge oder bewachen und verteidigen die Tunnelausgänge (Lacey & Sherman, 1991).

Frühestens im achten Lebensmonat erreichen Nacktmullweibchen die Reife bzw. das Gewicht zur Erstkonzeption (Jarvis & Sherman, 2002). Die vergleichsweise lange Juvenilphase eines so kleinen Säugetiers ist ein Hinweis auf die große Bedeutung individueller Fähigkeiten und deren Differenzierung und Ausprägung wie es typisch für kooperativ aufziehende Säugetiere ist (Barash, 1980; cf. Ludwig 2007).

Auch von hochsozialen Caniden (*Canis*) und Graumullen (*Fukomys*) ist bekannt, dass vakante soziale Rollen bzw. Aufgaben in Abhängigkeit von individuellen Prädispositionen, Alter, Erfahrung und sozialem Status übernommen werden (cf. Ludwig, 2007; cf. Zöttl et al., 2016). So beginnen in Rothundrudeln jugendliche Helfer mit etwa 5 Monaten erste Aufgaben wie etwa Wachestehen auszuführen. Jähringe beiderlei Geschlechts und adulte Weibchen füttern und pflegen die Welpen am häufigsten. Mit zunehmendem Alter nimmt das Pflegeverhalten bei Männchen ab. Hochrangige Männchen beziehen dann zunehmend Positionen zur Verteidigung von Ressourcen in Gefahrensituationen, sozial schwache Männchen dagegen beteiligen sich häufiger am Wachestehen. Einzeltiere mit herausragendem Temperament oder sozialer Kompetenz durchbrechen diese Regeln (cf. Ludwig, 2007).

Anders als in einer Kaste staatenbildender Insekten übernehmen auch Nacktmulle abhängig von ihrem Alter, ihrem sozialen Status und der aktuellen Zusammensetzung ihrer Gruppe bestimmte Aufgaben. Nacktmullgruppen sind also wie andere hochsoziale Säugetiere durch Arbeitsteilung bzw. soziales Rollenverhalten charakterisiert (Lacey & Sherman, 1991). Bestimmte Individuen einer Gruppe übernehmen konkrete Einzelaufgaben (z. B. Gänge graben), während gleichzeitig von anderen Individuen andere Aufgaben ausgeführt werden (z. B. Nahrungstransport). Auf den ersten Blick muten Nacktmulle, die einer bestimmten Aufgabe nachgehen, wie die Mitglieder einer Verhaltensgruppe an. Die Körpergröße der Tiere innerhalb dieser Arbeitsgruppe kann jedoch stark variieren. Auch die Teilnahme an ein und derselben Aufgabe muss nicht dauerhaft sein und ändert sich kurzfristig abhängig von aktuellen Bedingungen und im Laufe der Ontogenese (O'Rian & Jarvis, 1998; Zöttl et al., 2016; Thorley et al., 2018a; Ludwig, eig. Beob.).

Nichtreproduktive Nacktmulle, die als Helfer fungieren, bleiben also totipotent, sind nicht irreversibel steril und übernehmen vorübergehend bestimmte soziale Aufgaben. Ein Nacktmull wird nicht als „Babysitter“ oder „Ganggräber“ geboren; er wächst weder in eine Kaste hinein noch gehört er ihr zeitlebens an. Nacktmullgruppen sind nach dem gleichen Prinzip organisiert wie Sozialtären anderer Säugetiere mit Reproduktionssuppression durch das Alphaweibchen und nah verwandten alloparentalen Helfern (s. Tabelle 1). Zwischen Säugetierspezies, die diese Merkmale teilen, liegen lediglich Differenzen quantitativer Natur vor. So finden sich beispielsweise beim Nacktmull die höchste Zahl an „überlappenden“ Generationen, Helfern und die körpstarksten Würfe unter Säugetieren.

9. Kooperatives Verhalten bei Säugetieren

Würde man das Sozialsystem des Nacktmulls als eusozial bezeichnen, hieße das nichts anderes, als dass der Begriff Eusozialität auf zahlreiche gegenwärtig als *cooperative breeders* (*sensu* Solomon & French, 1997) bezeichnete Säugetierspezies ausgedehnt werden müsste (z. B. Crespi & Yanega, 1995; Burda et al., 2000) (s. Tabelle 1).

Die begriffliche und faktische Gleichstellung der sozialen Organisation von staatenbildenden Insekten mit sozialen Gruppen von Säugetieren übersieht dabei aber nicht nur die abweichen den Verhaltensmechanismen bei der Übernahme von Aufgaben in Säugetierge meinschaften, sondern ebenso die Fähigkeit ihrer Mitglieder zur Investition in ganz spezielle soziale Beziehungen (Cheney & Seyfarth, 1990; Ludwig, 2007).

Auch wenn Hymenopteren zur individuellen Erkennung von Koloniemitgliedern fähig sind und damit soziale Hierarchien aufrechterhalten und das Kolonieleben organisieren (Tibbetts, 2002; Mitra, 2013), gibt es noch keine Hinweise darauf, dass beispielsweise ein Soldat einer Ameisenkaste in der Lage wäre, eine Koalition mit einem von ihm ausgewählten Individuum seiner Kolonie einzugehen, mit dem Ziel Zugang zu einer beliebten aber schwer zugänglichen Ressource zu erhalten (z. B. bestimmte Nahrung oder das Alphaweibchen).

Dauerhaftes Zusammenleben in Sozialgemeinschaften bei Vertebraten mit hochentwickeltem kooperativem Verhalten wäre ohne zusätzliche, das Zusammenleben stützende Mechanismen nicht möglich. So bedarf zunehmende soziale Organisation und gegenseitige Abhängigkeit bei alloparentaler Aufzucht wachsender Kommunikation. In Säugetierge meinschaften entstand eine breite Palette variabel eingesetzter Signale der Dominanz und Subordination für alle Bereiche des sozialen Lebens (Cheney & Seyfarth, 1990; Ludwig, 2007). Selbst Verhaltensweisen des sozio-infantilen und des Brutpflegeverhaltens erfuhren eine Erweiterung ihrer Anwendung im Dienste des Zusammenhaltes und der Kooperation (Ludwig, 2007; Clutton-Brock, 2016).

Das Sammeln von Erfahrungen in Konfliktsituationen und der Austausch spezieller Signale, befähigt das einzelne Gruppenmitglied seine Position im Beziehungsnetz zu erkennen (Rowell

Tab. 1: Merkmale von kooperativ aufziehenden Säugetier-Spezies (cooperative breeders) im Vergleich mit zwei Spezies eusozialer, staatenbildender Insekten am Beispiel von *Apis mellifera* (Nowotnick, 2004), *Vespula vulgaris* (Matsuura & Yamane, 1990), *Callithrix jacchus* (Digby, 1995), *Suricata suricatta* (O'Rian et al., 2000), *Cuon alpinus* (Ludwig, 2007) und *Heterocephalus glaber* (Ludwig & Krönke, 2012).

Merkmal	Gemeine Wespe (<i>Vespula vulgaris</i>)	Westliche Honigbiene (<i>Apis mellifera</i>)	Weißbüschel- Äffchen (<i>Callithrix jacchus</i>)	Erdnäümchen (<i>Suricata suricatta</i>)	Rothund (<i>Cuon alpinus</i>)	Nacktmull (<i>Heterocephalus glaber</i>)
von den Eltern morphologisch deutlich abgrenzbare Mitglieder einer Kaste, die sich lebenslang nicht reproduzieren	ja	ja	nein	nein	nein	nein
strikte lebenslange Monogamie	ja	nein	nein	nein	nein	nein
Reproduktionsmonopolisierung durch ein einzelnes Weibchen	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Reproduktionssuppression durch Verhalten gegenüber Helfern	nein	nein	ja	ja	ja	ja
Nachwuchs mehrerer Generationen fungiert als alloparentale Helfer	ja	ja	ja	ja	ja	ja
flexible Übernahme sozialer Rollen/Aufgaben	nein	nein	ja	ja	ja	ja

& Olson, 1983). Die Investition in ganz individuelle soziale Beziehungen und die Fähigkeit zur Identifizierung sozialer Positionen und Beziehungen in der Gruppe wird als bedeutende Voraussetzung für kooperatives Agieren und Arbeitsteilung betrachtet (Cheney & Seyfarth, 1990; Ludwig, 2007).

Die Bereitschaft subordinater Helfer zu kooperieren ist daher eher kontextabhängig als prädisponiert. Die Effizienz kooperativen Verhaltens baut auf der aktiven Entscheidung des Individuums zur Übernahme bestimmter Aufgaben auf. Stimmungssynchronisierendes und kohäsionsverstärkendes Verhalten unterstützt die Gruppenkoordination. Erst diese ereigniskongruente Koordination von Verhalten scheint kooperative Aktionen in Säugetiergruppen möglich zu machen (Ludwig, 2007; Clutton-Brock, 2016; Houslay, 2020).

Diese Fähigkeiten und diese damit dem System immanente Plastizität machen die intraspezifische Adaptivität von Säugetergemeinschaften aus, und darin liegt ein bedeutsamer Unterschied zu staatenbildenden Insekten. Kooperation bei Säugetieren ist nicht über die Bildung von Kasten prädisponiert. Die Fähigkeit zur Monopolisierung der Aufzucht und zur Rekrutierung alloparentaler Helfer beruht auf grundlegend anderen Verhaltensmechanismen als jene staatenbildender Insekten (z. B. Alexander et al., 1991; Crespi & Yanega, 1995; Boomsma, 2007).

10. Schlussfolgerung

Mit dem Beschreiten eines eigenständigen Weges brachte die Soziobiologie der Vertebraten seit den 1970er Jahren distinkte und gut definierte Termini hervor. Wir stimmen Solomon & French (1997) zu, dass eine beschreibende und charakterisierende Terminologie die funktionale Bedeutung von Verhalten widerspiegeln sollte, anstatt unzutreffende Assoziationen hervorzurufen.

In den vorangegangenen Kapiteln wurde dafür argumentiert, das Sozialsystem des Nacktmulls in eine Reihe mit anderen kooperativ aufziehenden Säugetieren zu stellen. Dabei wurde auch auf die Komplexität der verschiedenen Insektensozietäten hingewiesen, deren interspezifische Abgrenzung zu bestimmten Formen des Paarungsverhaltens nicht einheitlich gehandhabt wird. So würde nach der Wilson'schen (1971, 1975) Definition von Eusozialität eine Vielzahl von kooperativ aufziehenden Wirbeltieren als eusozial gelten (Houslay, 2020). Aber auch innerhalb der Insekten sind Abgrenzungen und Zuordnungen zu distinkten Kategorien schwer. Die Kooperation von Termiten (*Isoptera*) beruht beispielsweise auf anderen Mechanismen als die der Hymenopteren (z. B. Thorne & Traniello, 2002; Korb, 2008). Andere hochsoziale Insekten werden wiederum als fakultativ eusozial bezeichnet, da ihnen strikte lebenslange Monogamie fehlt. (Boomsma 2007, 2009)

Die vorliegende Arbeit hat jedoch lediglich zum Ziel, das Sozialsystem des Nacktmulls soziobiologisch zu verorten. Zwischen den Sozialsystemen kooperativ aufziehender Säugetiere (inklusive Nacktmull) und denen von staatenbildenden Insekten schlagen wir zusammengefasst folgende Unterscheidungen vor:

1. Strikte lebenslange Monogamie wie sie für die Entstehung von Kasten bei eusozialen Insekten postuliert wird (Boomsma, 2007), ist bei Säugetieren nicht bekannt. Vielmehr stellt hier episodisch auftretendes promiskes Paarungsverhalten keine Ausnahme dar (z. B. Doolan & Macdonald, 1997; Digby, 1995; Brown, 1987).
2. Kastenmitglieder, die sich durch physisch und phänotypisch irreversible Merkmale von ihren Eltern unterscheiden, entstanden bei staatenbildenden Insekten, aber nicht bei Säugetieren (Boomsma, 2007).
3. Arbeitsteilung und kooperative Aufzucht bei Säugetieren basieren nicht auf der Existenz von Kasten, sondern auf individuellen Dispositionen, auf der Abhängigkeit vom Alter und sozia-

- lem Status sowie auf kontextbezogener Übernahme von Aufgaben durch Gruppenmitglieder (Lacey & Sherman, 1991; Ludwig, 2007; Zöttl et al., 2016).
4. Anders als bei eusozialen Insekten kann bei Nacktmullen nur wenig direktes Brutpflegeverhalten durch Helfer beobachtet werden. Jungtiere werden bei Nacktmullen von subordinaten Helfern weder gefüttert noch gesäugt. Direkte Helferinvestition in die Nachkommenschaft ist bei Nacktmullen im Gegensatz zu anderen kooperativ aufziehenden Säugerspezies kaum entwickelt (Clutton-Brock, 2016).
 5. Kooperatives Verhalten bei Säugetieren erwächst aus Investitionen in individuelle soziale Beziehungen und dem Zusammenspiel individueller, variabler Merkmale mit statusabhängigem Verhalten. Kooperation setzt ereigniskongruente Koordination von Verhalten voraus. Die Effizienz kooperativen Verhaltens beruht auf der Entscheidung des Individuums zur aktiven Übernahme bestimmter Aufgaben (cf. Ludwig, 2007). Sie ist nicht über die Bildung von Kasten prädisponiert.
 6. Aus dem oben Gesagten schließen wir, dass Sozialsysteme von Säugetieren eine besondere soziale Plastizität besitzen, die die intraspezifische Adaptivität dieser Gemeinschaften ausmacht. Die ihr zugrundeliegenden Eigenschaften basieren auf grundlegend anderen Verhaltensmechanismen als jene staatengesetzender Insekten.

Diese Eigenschaften des Nacktmulls sollten sich selbstverständlich auch in einer Terminologie widerspiegeln, die sich von jener staatengesetzender Insekten unterscheidet.

Zusammengefasst bedeutet dies, dass Nacktmulle in hochsozialen, kooperativ aufziehenden Gruppen leben und nicht in einem eusozialen „Staat“ oder einer „Kolonie“. Das reproduktive Weibchen dieser Gruppen besitzt den höchsten sozialen Status und wird als Alphaweibchen bezeichnet, nicht als „Königin“. Verteidigung, Babysitting usw. werden nicht von „Soldaten“ oder „Arbeitern“ übernommen, sondern von alloparentalen Helfern.

Die Aufzucht mit alloparentaler Unterstützung bei Wirbeltieren (kommunal aufziehende und kooperativ aufziehende Spezies) wird durch eine Gruppe sozialer Merkmale mit klar definierten Termini charakterisiert. Dabei spricht man von kooperativer Aufzucht, wenn die Spezies durch mehr oder weniger strikte Fortpflanzungsmonopolisierung (inklusive Fortpflanzungssuppression) in Verbindung mit Helfern charakterisiert ist (Crespi & Yanega, 1995; Solomon & French, 1997) und wenn das Helferverhalten zur Erhöhung des Reproduktionserfolges der Elterntiere beiträgt (Clutton-Brock, 2016). Zu diesen *singular breeders*-Sozietäten zählen neben dem Nacktmull beispielsweise Rothund und Damaraland-Graumull (Ludwig, 2007; Zöttl et al., 2016).

Mit der Unterscheidung zwischen Spezies mit kommunaler Aufzucht (eher egalitär organisiert) und Spezies mit kooperativer Aufzucht (mehr oder weniger strikte Fortpflanzungsmonopolisierung) wurde ein Kontinuum geschaffen, das alle Sozialsysteme mit alloparentaler Aufzucht einbezieht. An beiden Enden des Kontinuums wird alloparentale Hilfe geleistet. Doch nur bei Spezies mit kooperativer Aufzucht vermag ein einzelnes Weibchen die Fortpflanzung für sich zu monopolisieren. Der Nacktmull steht am extremen Ende dieses Kontinuums der Säugetiere.

Summary

Based on social Hymenoptera, entomologists classified the naked mole-rat as a eusocial mammal in the 1980s. However, this classification led to the undifferentiated use of certain terms (“eusocial”, “queen”, “caste”, “colony”, “state”), which originally served to define and characterise state-forming insects. Advances in sociobiology have led to a much more sophisticated and broad view of arthropod and vertebrate societies. The current vagueness in the use of certain terms hinders studies to detect convergences in social systems.

In this paper, we compare features of alloparental rearing insect and mammalian species with the social system of the naked mole-rat. In insect states, morphologically differentiated workers act in castes. However, division of labour and cooperative behaviour of totipotent helpers in vertebrate societies are based on fundamentally different behavioural mechanisms than in obligate eusocial insects. Strict lifelong monogamy is associated with eusociality and is not found in mammals. Naked mole rats exhibit all the characteristics of cooperatively rearing mammals with a helper system and reproductive suppression. Consistently, the appropriate terminology should be used to characterise naked mole-rat societies, which differs from that used for state-forming insects. Naked mole-rats therefore live in highly social, cooperatively rearing groups (singular breeders) rather than in a eusocial “state” or in a “colony”. The reproductive female of a group has the highest social status and is referred to as the alpha female, not the “queen”. Defence, babysitting, etc. are not being done by “soldiers” or “workers” but by alloparental helpers.

Danksagung

Zu danken haben wir dem Zoo Dresden mit seinen sich immens reproduzierenden Nacktmullgruppen und Christiane Krönke, die uns mit den Körpermaßen der Mitglieder mehrerer Gruppen versorgte und diverse Verhaltensbeobachtungen festhielt.

Literatur

- Abbott, D.H. & Hearn, J.P. (1978). Physical, hormonal and behavioural aspects of sexual development in the marmoset monkey, *Callithrix jacchus*. *Journal of Reproduction and Fertility*, 53, 155-166.
- Alexander, R., Noonan, K. & Crespi, B. (1991). The Evolution of Eusociality. In: Sherman, P.W., Jarvis, J. & Alexander, R.D. (Eds): *The Biology of the Naked Mole-Rat*. Princeton: Princeton University Press, 1991, 1-44.
- Barash, D.P. (1980): Soziobiologie und Verhalten. Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin (amerik. Orig.: *Sociobiology and Behavior*. Elsevier, 1977).
- Bennett, N.C. (1990): Behaviour and social organization in a colony of the Damaraland mole-rat *Cryptomys damarensis*. *Journal of Zoology*, 220, 225-247.
- Bennett, N.C.; Jarvis, J.U. (1988): The social structure and reproductive biology of colonies of the mole-rat, *Cryptomys damarensis* (Rodentia, Bathyergidae). *Journal of Mammalogy*, 69, 293-302.
- Brett, R.A. (1991). The population structure of naked mole-rat colonies. In: Sherman, P.W., Jarvis, J.U.M. & Alexander, R.D. (Eds): *The biology of the naked mole-rat*. Princeton: Princeton University Press, 97-136.
- Boomsma, J.J. (2007): Kin selection versus sexual selection: Why the ends do not meet. *Current Biology* 17, R673-R683.
- Boomsma, J.J. (2009): Lifetime monogamy and the evolution of eusociality. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 3191-3207.
- Boomsma, J.J., Kronauer, D.J. & Pedersen, J.S. (2008): The evolution of social insect mating systems. In: Gadau, J. & Fewell, J. (Eds): *Organization of insect societies-integrated research projects*. Cambridge: Harvard University Press.
- Brown, J.L. (1987): Helping and communal breeding in birds. Princeton: Princeton University Press.
- Buffenstein, R. (2005) The naked mole-rat: a new long-living model for human aging research. *Journal of Gerontology, Series A, Biological Sciences & Medical Sciences*, 60, 1369-1377.
- Burda, H., Honeycutt, R.L., Begall, S., Locker-Grütjen, O. & Schärff, A. (2000). Are naked and common mole-rats eusocial and if so, why? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 47, 293-303.
- Cheney, D.L. & Seyfarth, R.M. (1990). *How monkeys see the world*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- Clutton-Brock, T.H. (1991). The evolution of parental care. Princeton: Princeton University Press.
- Clutton-Brock, T.H. (2016). *Mammal societies*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Creel, S. (1996). Behavioral Endocrinology and Social Organization in Dwarf Mongooses. In: Gittleman, J. (ed.), *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution* Vol. 2, 46-77. Ithaca London: Cornell Univ. Press.
- Crespi, B.J. & Yanega, D. (1995). The definition of eusociality. *Behavioral Ecology*, 6, 109-115. doi:10.1093/behco/6.1.109

- Dickinson, J.L. & Hatchwell, B.J. (2004). Fitness consequences of helping. In: Koenig, W. & Dickinson, J. (Eds): Ecology and evolution of cooperative breeding in birds. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dengler-Crish, C.M. & Catania, K.C. (2007). Phenotypic plasticity in female naked mole-rats after removal from reproductive suppression. *Journal of Experimental Biology*, 210, 4351-4358.
- Digby, L. (1995). Infant care, infanticide, and female reproductive strategies in polygynous groups of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 37, 51-61.
- Doolan, S.P. & Macdonald, D.W. (1997). Band structure and failures of reproductive suppression in a cooperatively breeding carnivore, the slender-tailed meerkat (*Suricata suricatta*). *Behaviour* 134, 827-848.
- Dunbar, R.I.M. (1998). The social brain hypothesis. *Evolutionary Anthropology*, 6, 178-190.
- Duncan, C., Gaynor, D. & Clutton-Brock, T.H. (2018). The importance of being beta: female succession in a cooperative breeder. *Animal Behaviour*, 146, 113-122.
- Emlen, S.T. (1981). Die Evolution des kooperativen Brütens bei Vögeln, 196-221. In: Krebs, J.R.; Davies, N.B. (Hrsg.): Öko-Ethologie. Berlin & Hamburg: Verlag Paul Parey (Originalausgabe 1978: Behavioural Ecology – An Evolutionary Approach. Oxford: Blackwell Scientific Publications).
- Faulkes, C.G., Abbott, D.H. & Jarvis, J.U.M. (1990a). Social suppression of ovarian cyclicity in captive and wild colonies of naked mole-rats, *Heterocephalus glaber*. *Journal of Reproduction and Fertility*, 88, 559-568.
- Faulkes, C.G., Abbott, D.H., Jarvis, J.U.M. & Sherriff, F. (1990b). LH responses of female naked mole-rats, *Heterocephalus glaber*, to single and multiple doses of exogenous GnRH. *Journal of Reproduction and Fertility*, 89, 317-323.
- Fischbacher, M. (1993). Resolution of social conflicts in Banded mongooses (*Mungos mungo*) with a game theoretical model for the evolution of egalitarian relationships. Dissertation, Universität Zürich.
- Foret, S., Kucharski, R., Pittelkow, Y., Lockett, G.A. & Maleszka, R. (2009). Epigenetic regulation of the honey bee transcriptome: unravelling the nature of methylated genes. *BMC Genomics*, Vol. 10, article 472. Zitiert in: Weiner, S.A. & Toth, A.L. (2012).
- Fox, M.W. (1971). Behaviour of wolves, dogs and related canids. Malabar: R. Krieger.
- Fox, M.W. (1984). The Whistling Hunters. Albany: State University of New York Press.
- French, J.A. (1997). Proximate regulation of singular breeding in Callitrichid primates. In: Solomon, N.G. & French, G.A. (Eds): Cooperative Breeding in Mammals. Cambridge: Cambridge University Press, 34-75
- Fritzsche, P. & Gattermann, R. (2002). Sozialverhalten, Kommunikation und Arbeitsteilung beim Sambischen Graumull *Cryptomys anselli*. In: Ganslosser, U. (Hrsg.): Gruppenmechanismen. Fürth: Filander Verlag, 159-172.
- Griffith, A.S. & West, S.A. (2003). Kin discrimination and the benefit of helping in cooperatively breeding vertebrates. *Science* 302, 634-636. Zitiert in: Boomsma, J.J. (2007).
- Hamilton, W.D. (1964). The genetical evolution of social behaviour, 1 & 2. *Journal of Theoretical Biology*, 7, 1-52.
- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. (2008). The super-organism. New York: Norton.
- Houslay, T.M., Vullioud, P., Zöttl, M. & Clutton-Brock, T.H. (2020). Benefits of cooperation in captive Damaraland mole-rats. *Behavioral Ecology*, 31(3), 711-718.
- Jarvis, J.U. (1981). Eusociality in a Mammal: Cooperative breeding in Naked Mole-Rat Colonies. *Science* 212: 571-573.
- Jarvis, J.U. & Sherman, P.W. (2002). *Heterocephalus glaber*. *Mammalian Species*, 706, 1-9.
- Korb, J. (2008). Termites, hemimetabolous diploid white ants? *Frontiers in Zoology* 5, 15. doi:10.1186/1742-9994-5-15
- Lacey, E.A. & Sherman, P.W. (1991). Social organisation of naked mole-rat colonies: evidence for division of labor. In: Sherman, P.W., Jarvis, J.U.M. & Alexander, R.D. (Eds): The biology of the Naked mole-rat. Princeton: Princeton University Press, 275-336.
- Lacey, E.A. & Sherman, P.W. (1997). Cooperative breeding in naked mole-rats: Implications for vertebrate and invertebrate sociality. In: Solomon, N.G. & French, J.A. (Eds): Cooperative breeding in mammals. Cambridge: Cambridge University Press, 267-301.
- Lewis, S.E. & Pusey, A.E. (1997). Factors influencing the occurrence of communal care in plural breeding mammals. In: Solomon, N.G. & French, J.A. (Eds): Cooperative breeding in mammals. Cambridge: Cambridge University Press, 335-363.
- Ligon, J.D. & Burt, D.B. (2004). Evolutionary origins. In: Koenig, W. & Dickinson, J. (Eds): Ecology and evolution of cooperative breeding in birds. Cambridge: Cambridge University Press, 5-34
- Linksvayer, T.A. (2007). Ant species differences determined by epistasis between brood and worker genomes. *PloS One* 2, 10, e994. Zitiert in: Weiner, S.A. & Toth, A.L. (2012).
- Ludwig, W. (2007). Zum Sozialverhalten des Rothundes (*Cuon alpinus*) unter Gehegebedingungen: Strategien von Kohäsion und Suppression. Kassel: Kassel University Press
- Ludwig, W. & Ludwig, C. (2000). Beobachtungen zur sozialen Organisation eines Rudels Rothunde (*Cuon alpinus*). *Der Zoologische Garten* (N.F.), 70, 39-59.
- Ludwig, W. & Krönke, C. (2012). Gruppengründung und Reproduktion bei Nacktmullen (*Heterocephalus glaber*)

- im Zoo Dresden. Der Zoologische Garten (N.F.), 81, 96-112.
- Lyko, F., Foret, S., Kucharski, R., Wolf, S., Falckenhayn, C. & Maleszka, R. (2010). The honey bee epigenomes: differential methylation of brain DNA in queens and workers. PLoS Biology, 8/11, e1000506. Zitiert in: Weiner, S.A. & Toth, A.L. (2012).
- Malcolm, J. (1979). Social organization and the communal rearing of pups in African wild dogs (*Lycaon pictus*). Ph.D. Dissertation. Cambridge: Harvard University Press.
- Matsuura, M. & Yamane, S. (1990). Biology of the vespine wasps. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Maynard-Smith, J. (1964). Group selection and kin selection. Nature, 201, 1145-1147.
- Michener, C.D. (1969). Comparative social behavior of bees. Annual Review of Entomology, 14:299-342.
- Mitra, A. (2013). Function of the Dufour's gland in solitary and social Hymenoptera. Journal of Hymenoptera Research, 35, 33-58.
- Moehlman, P.D. & Hofer, H. (1997). Cooperative breeding, reproductive suppression, and body mass in canids. In: Solomon, N.G. & French, J.A. (Eds): Cooperative Breeding in Mammals. Cambridge: Cambridge University Press, 76-128.
- Mumme, R.L. (1997). A bird's eye view of mammalian cooperative breeding. In: Solomon, N.G. & French, J.A. (Eds): Cooperative Breeding in Mammals. Cambridge: Cambridge University Press, 364-388.
- Newton, P.N. & Dunbar, R.I.M. (1994). Colobine monkey society. In: Davies, A.G. & Oates, J.F. (Eds): Colobine Monkeys: their ecology, behaviour and evolution. Cambridge: Cambridge University Press, 311-346.
- Nowottnick, K. (2004). Die Honigbiene: *Apis mellifera* L. (Die Neue Brehm-Bücherei Band 31). Hohenwarsleben: Westarp.
- O'Rian, M.J., Jarvis, J.U.M. & Faulkes, C.G. (1996). A dispersive morph in the naked mole-rat. Nature, 380, 619-621.
- O'Rian, M.J. & Jarvis, J.U. (1998). The dynamics of growth in naked mole-rats: the effects of litter order and changes in social structure. Journal of Zoology, 246, 49-60.
- O'Rian, M.J., Bennett, N.C., Brotherton, P.N., McIlrath, G. & Clutton-Brock, T.H. (2000). Reproductive suppression and inbreeding avoidance in wild populations of co-operatively breeding meerkats (*Suricata suricatta*). Behavioral Ecology and Sociobiology, 48, 471-477.
- Reeve, H.K., Westneat, D.F., Noon, W.A., Sherman, P.W. & Aquadro, C.F. (1990). DNA "fingerprinting" reveals high levels of inbreeding in colonies of the eusocial naked mole-rat. Proceedings of the National Academy of Sciences, 87, 2496-2500.
- Rowell, T.E. & Olson, D.K. (1983). Alternative mechanisms of social organisation in monkeys. Behaviour, 86, 31-54.
- Russell, A.F., Carlson, A.A., McIlrath, G.M., Jordan, N.R. & Clutton-Brock, T. (2004). Adaptive size modification by dominant female meerkats. Evolution, 58, 1600.
- Schneider, T.C. & Kappeler, P.M. (2014). Social systems and life-history characteristics of mongooses. Biological Reviews, 89, 173-198.
- Schoech, S.J., Mumme, R.L. & Moore, M.C. (1991). Reproductive endocrinology and mechanisms of breeding inhibitions in cooperatively breeding Florida scrub jays (*Aphelocoma c. coerulescens*). Condor 93, 354-364.
- Setchell, J.M. & Dixson, A. F. (2001). Changes in the secondary sexual adornments of male mandrills (*Mandrillus sphinx*) are associated with gain and loss of alpha status. Hormones and Behavior, 39(3), 177-184.
- Sherman, P.W., Lacey, E.A., Reeve, H.K. & Keller, L. (1995). Forum The eusociality continuum. Behavioral Ecology, 6, 102-108. doi:10.1093/beheco/6.1.102
- Sillero-Zubiri, C., Gottelli, D. & Macdonald, D.W. (1996). Male philopatry, extra-pack copulations and inbreeding avoidance in Ethiopian wolves (*Canis simensis*). Behavioral Ecology and Sociobiology, 38, 331-340.
- Solomon, N.G. & French, J.A. (1997). The Study of Mammalian Cooperative Breeding. In: Solomon, N.G. & French, J.A. (Eds): Cooperative Breeding in Mammals. Cambridge: Cambridge University Press, 1-10.
- Thorley, J., Katlein, N., Goddard, K., Zöttl, M. & Clutton-Brock, T.H. (2018a). Reproduction triggers adaptive increases in body size in female mole-rats. Proceedings of the Royal Society, B, Biological Sciences, 285, 20180897.
- Thorley, J., Mendonça, R., Vullioud, P., Torrents-Ticó, M., Zöttl, M., Gaynor, D. & Clutton-Brock, T. (2018b). No task specialization among helpers in Damaraland mole-rats. Animal Behaviour 143, 9-24.
- Thorne, B.L. & Traniello, J.F. (2002). Comparative social biology of basal taxa of ants and termites. Annual Review of Entomology, 48, 283-306.
- Tibbets, E.A. (2002). Visual signals of individual identity in the wasp *Polistes fuscatus*. Proceedings of the Royal Society of London, B, 269, 1423-1428.
- Ullrich, W. (1961). Zur Biologie und Soziologie der Colobusaffen (*Colobus guereza caudatus*). Der Zoologische Garten (N.F.), 25, 305-368.
- Utami, S.S., Goossens, B., Bruford, M.W., de Ruiter, J.R. & van Hooff, J.A. (2002). Male bimaturism and reproductive success in Sumatran orang-utans. Behavioral Ecology, 13(5), 643-652.
- Venkataraman, A.B. (1998). Male-biased adult sex ratios and their significance for cooperative breeding in dhole,

- Cuon alpinus*, packs. Ethology, 104, 671-684.
- Wang, Y., Jorda, M. & Jones, P.L. (2006). Functional CpG methylation system in a social insect. Science, 314, 5799, 645-647.
- Weiner, S.A. & Toth, A.L. (2012). Epigenetics in social insects: A new direction for understanding the evolution of castes. Genetics Research International , 2012, 11 pp. doi: 10.1155/2012/609810
- Wilson, E.O. (1971). The Insect Societies. Cambridge: Harvard University Press.
- Wilson, E.O. (1975). Sociobiology: The new Synthesis. 25th Anniversary Edition. Cambridge & London: Belknap Press of Harward University Press, 2000.
- Wilson, E.O. & Hölldobler, B. (2005). Eusociality: Origin and consequences. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102, 38, 13367-13371.
- Zöttl, M., Vuilloiu, P., Mendonca, R., Torrents Tico, M., Gaynor, D., Mitchel, A. & Clutton-Brock, T. (2016). Differences in cooperative behavior among Damaraland mole rats are consequences of an age-related polyethism. Proceedings of the National Academy of Sciences, 113 (37), 10382-1038.

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

doi:10.53188/zg006

Zool. Garten N.F. 90 (2022) 121-150

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Malagasy birds in zoological gardens – an analysis of zoo databases as basis for improved ex situ conservation measures

Madagassische Vögel in Zoologischen Gärten – Zoodatenbankanalysen als Grundlage für verbesserten ex-situ-Artenschutz

Robin Lammers^{1,2}, Carolin Scholten¹, Bernd Marcordes², Theodor B. Pagel², Dennis Rödder³ & Thomas Ziegler^{2,1,*}

1) Institute of Zoology, University of Cologne, Zülpicher Strasse 47b, 50674, Germany

2) AG Zoologischer Garten Köln, Riehler Str. 173, 50735 Köln, Germany

3) LIB, Museum Koenig, Bonn, Leibniz Institute for the Analysis of Biodiversity Change, Adenauerallee 127, 53113 Bonn, Germany

Abstract

We investigated for which threatened endemic Malagasy bird species zoo populations already exist, and which threatened species are not yet covered by ex situ conservation measures. To gain an overview of Malagasy bird species held in zoos, the number of individuals kept, the number of keeping institutions and successful reproduction within the last 12 months were analysed based on collection information from ZIMS database (Species360, Bloomington, MN, USA), supplemented with data from ZTL (List of Zoo Animals: <https://zootierliste.de/>). Of the 195 Malagasy bird species, 142 occur exclusively in the Malagasy region, comprising Madagascar and surrounding islands, and 117 are endemic to Madagascar. Currently, 28 (24%) of the endemic Malagasy bird species are evaluated as threatened, of which two are Critically Endangered, 11 Endangered and 15 Vulnerable according to IUCN. A total of 131 institutions worldwide kept at least one of the 15 endemic Malagasy bird species held. Three of the fifteen endemic Malagasy bird species held are threatened, of which one is Critically Endangered and two are Endangered according to IUCN. Thus, according to our analysis 25 (89%) of the 28 threatened endemic Malagasy bird species are not covered by ex situ populations. According to ZIMS database, a total of eight of the fifteen endemic Malagasy bird species kept in zoos worldwide had successfully reproduced within the last

*Corresp. author:

E-Mail: ziegler@koelnerzoo.de (Thomas Ziegler)

12 months, with three of them being threatened. A richness analysis, which was performed to find out how zoos keeping Malagasy birds are distributed in a global scale, revealed that current zoo collections of threatened endemic Malagasy bird species are mainly concentrated in Europe and North America. A protected area coverage analysis, viz. a comparison of the distribution of protected areas with localities of endemic and threatened endemic species, showed that the existing protected area system does not provide enough coverage for several threatened endemic species. We have made recommendations for the shift from non-threatened species such as *Bubulcus ibis* to threatened species such as *Ardeola idae*. Species from endemic families should be the focus of new ex situ husbandry and the keeping of Critically Endangered species should be included (e.g., *Haliaeetus vociferoides*) or expanded (e.g., *Aythya innotata*). For these species, experience from past husbandry, both positive and negative, or experience from the keeping of closely related species is available. Our findings thus can be used as a guideline to improve zoo collections and to expand the conservation breeding network for threatened endemic Malagasy birds which is in accordance with the One Plan Approach proposed by the IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group (CPSG).

Keywords: Aves, conservation breeding, Madagascar, One Plan Approach, richness analysis, ZIMS review, zoo biology

1. Introduction

The Malagasy region, viz. the Paleotropical subregion Madagassis, comprises Madagascar, the archipelagos of the Seychelles, Comoros and Mascarene Islands and six other smaller and more isolated islands (Martin et al., 2000). A land mass consisting of today's Madagascar, the Seychelles and India split off from the Gondwana continent 160 to 158 million years ago. Madagascar isolated from India and the Seychelles 84–96 million years ago (Briggs, 2003).

Madagascar lies off the east coast of Africa, with the Mozambique Channel in between, which is 340 km wide at its narrowest point. The mountains in the east and in the centre of Madagascar are of volcanic origin and some are 88 million years old. The west and south of Madagascar emerged from sedimentation and are of more recent origin. Most rivers have their source in the eastern mountains and then flow westwards towards the Mozambique Channel (Kent, 2021). The largest lakes are Alaotra (22,000 ha), Kikony (10,000 ha) and Ihotry (6,800 ha) (Hawkins et al., 2015).

Madagascar is a hotspot of biodiversity, with nearly 90% of its species being endemic (Myers et al., 2000; Ganzhorn et al., 2001; Goodman & Benstead, 2003; Goodman, 2005; Campbell, 2016). This endemism is not only reflected at the species and genus level but also at the family level. For example, there are eight plant families, six bird families and five primate families, which are endemic to the island (Dewar, 2007).

Only a fifth of Madagascar is still covered by primary forest. This primary forest is made up of almost half the rainforest, one third from the western dry forest and one sixth from the southern thorn forest (Harper, 2007). The primary rainforest in the east is the habitat of most birds, with 44 endemic species, most of which only occur in the rainforest. It covers an area of 47,000 km². The western dry forest has an area of 32,000 km² and is home to a total of 172 bird species, nine of which are endemic. In total 159 species of birds are found in the southern thorn forest, 10 of which are endemic (Hawkins et al., 2015).

Seven bird genera with total 24 species can only be found in the Malagasy region, which is home for more than 180 bird species. More than 110 bird species are endemic to this region (Hawkins et al., 2015). Madagascar's bird diversity generally evolved in two ways, either through adaptive radiation or via multiple immigration (Yamagishi, 2001), which eventually resulted in

aforementioned six endemic bird families: the Malagasy warblers (Bernieridae), ground rollers (Brachypteraciidae), cuckoo rollers (Leptosomidae), mesites (Mesitornithidae), asities (Philepittidae) and the vangas (Vangidae), containing a total of 45 species. Another ten genera with a total of 21 bird species are endemic to Madagascar, and there are 31 subspecies of birds found in Madagascar. In total, 117 bird species are endemic to Madagascar (Hawkins et al., 2015).

However, Madagascar's biodiversity is threatened by the ongoing loss of natural habitat. The annual rate for the loss of diversity and habitat is currently 4.4% (Morelli, 2020; DPZ, 2021). The primary rainforest continues to be degraded, 90% of the entire primary forest has already been lost (Harper, 2007). In recent years in particular the discovery of gemstone sources in the north-east of the island has led to extensive deforestation (Garbutt, 2020). Today, 24% of all birds in Madagascar are listed as threatened on the Red List of the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). The birds of the rainforest and wetlands are particularly affected (Garbutt, 2000).

We are in the sixth mass extinction, which is human-induced (Ceballos et al., 2015). There is an urgent need to improve species and habitat protection. The “One Plan Approach” of the Conservation Planning Specialist Group (CPSG) of the IUCN combines two historically mostly separately treated approaches: the protection of wild populations and their habitats on the one hand (*in situ*), and conservation through zoo breeding programmes on the other (*ex situ*) (CPSG, 2021), with the aim to create a global population conservation management system (Wyard, 2020).

The omnipresent trend that more and more habitats in Madagascar are being destroyed shows the urgency of *ex situ* measures in addition to *in situ* species protection. At the current rate of natural destruction, the eastern rainforest would be cleared in 2080 (Morelli, 2020). Establishing protected areas alone is currently insufficient and still too slow to save many species from extinction. In addition to, for example, resettlement programmes and hunting restrictions, the conservation of metapopulations must be considered, one of the main tasks of zoos (Conde et al., 2013). By implementation of *ex situ* measures, viz. to keep a threatened species under human care in the frame of a conservation breeding programme, that species can be saved from extinction and later be released into secure and protected habitats, as it was the case for the Californian condor (Cohn, 1999).

In order to act strategically and prioritise, analyses should be carried out to determine which species are already kept and which of these are successfully reproducing (Conde et al., 2013). The Zoological Information Management Software (ZIMS) supplies the data for such analyses (e.g., Garcia et al., 2008; Ziegler et al., 2016, 2017). It then can also be determined, how many threatened species are already secured in zoos, as was just recently performed by Leiss et al. (2021) for threatened Malagasy freshwater fishes in zoos and aquaria and by Ziegler et al. (2022) for threatened Malagasy amphibians and reptiles in zoos which highlighted the necessity of an improved *ex situ* conservation network. By applying additional richness analyses, clusters of husbandry can be uncovered to identify collection gaps and improving aforementioned conservation breeding networks, as was recently performed by Jacken et al. (2020) and Wahle et al. (2021) for threatened amphibians and skinks in a global scale.

According to Conde et al. (2013), the proportion of threatened bird species kept in captivity globally, viz. birds listed as Vulnerable, Endangered or Critically Endangered by IUCN (2021), is currently 8% worldwide. It was the aim of this study to investigate for which threatened endemic Malagasy bird species *ex situ* populations already exist and which threatened species are not yet covered by *ex situ* conservation measures, based on ZIMS (Species360, Bloomington, MN, USA) and List of Zoo Animals (ZTL) database analyses. We also performed a richness analysis to assess how zoos keeping Malagasy birds are distributed in a global scale and which degree of species diversity they cover, as well as a protected area coverage analysis, viz. a comparison of the distribution of protected areas with localities of endemic and threatened endemic species.

2. Material and Methods

2.1. Species list and distribution

A list of Malagasy bird species was compiled on the basis of the field guide by Hawkins et al. (2015) and the online database Avibase (2021a). The classification is up to date as of April 2021 and is based on the Avibase taxonomy (2021a). Compared with data from the database from BirdLife, there existed three differences: The non-threatened species *Asio madagascariensis* is added therein and the non-threatened species *Otus madagascariensis* and *Porphyrio madagascariensis* are listed as subspecies of *Otus rutilus* and *Porphyrio porphyrio*, respectively (BirdLife, 2022). The bird species were classified according to their distribution. A distinction was made between species that occur in Africa and the Malagasy region, species that can be found on Madagascar and surrounding islands (e.g., Reunion, Comoros, Mayotte) and species that are endemic to Madagascar. In case of contradicting distribution information, the IUCN Red List (IUCN, 2012) was consulted.

2.2. Conservation status analysis

Conservation status and population trend followed the IUCN Red List (2022). The following categories were considered, with increasing risk: DD (Data Deficient), LC (Least Concern), NT (Near Threatened), VU (Vulnerable), EN (Endangered), CR (Critically Endangered), EW (Extinct in the Wild) (IUCN, 2012). The term “threatened” relates to species with the threat categories CR, EN or VU.

2.3. ZIMS analysis

The global collections of Malagasy bird species were analysed based on the ZIMS database (<https://zims.species360.org>) provided by the Species360 organisation (ZIMS, 2021). ZIMS (Zoological Information Management Software) is maintained by Species360 members and now contains data on 22,000 species worldwide. ZIMS is a global database that can be accessed by zoos, aquariums and other institutions. The main purpose of ZIMS is to determine the extent of animal populations in zoos worldwide, to document animal transactions and to show relationships of individual animals. By now, more than 1100 zoos are connected to ZIMS as Species360 members. Species360 is used by more than 40 associations, more than 50 conservation organisations and at more than 20 universities (Species360, 2021). For EAZA (European Association of Zoos and Aquaria) members data entry is obligatory, but other institutions do it voluntarily. Hence, it is always possible that at ZIMS not all species and individuals kept in zoos are recorded.

To gain an overview of Malagasy bird species held in zoos, according to Leiss et al. (2021) and Ziegler et al. (2022), the number of individuals kept, the number of keeping institutions and successful reproduction within the last 12 months were analysed based on collection information from ZIMS database. The ZIMS analysis was performed on May 12, 2021. If there was no current record, it was determined whether animals had been kept previously. For that purpose, the date January 01, 1860 was chosen because numerous zoological gardens were opened in the 1860s (Dittrich, 2004). In some cases there was no species folder generated in ZIMS, so older scientific names (synonyms) were asked if the first query did not result in a match (Avibase, 2021b). The ZIMS list may miss some zoo populations or breeding records, as some data may be obsolete or have not (yet) been entered in the database, and some zoos do not use ZIMS yet.

2.4. List of Zoo Animals (ZTL) analysis

To increase the coverage of our data set, following Leiss et al. (2021) and Ziegler et al. (2022), we additionally cross-checked the ZIMS data on May 12, 2021 with species collections for further institutions in Germany and Europe recovered from the website “Zootierliste” (ZTL, List of Zoo Animals: <https://zootierliste.de/>). ZTL includes collections of additional institutions as well as some private zoos, rescue centres and other facilities (Graf et al., 2020). The zoo animal list is an online database that is maintained and kept up to date by zoo employees and private individuals. It includes information on all vertebrate classes and species that were previously and are currently kept in European zoos. Keeping times and gender ratios are also provided. However, it is only as up to date as the entries made by the members. ZTL data were only analysed in our overall summary of species present in institutions. If ZIMS / ZTL analyses revealed to be unsuccessful, a note was made: “Not in ZIMS / ZTL.”

2.5. Richness analysis

A richness analysis was performed with R (R Core Team, 2021) in order to identify patterns in the keeping of Malagasy birds. Therefore, the coordinates of the zoos keeping Malagasy bird species were retrieved from ZIMS on May 12, 2021 (ZIMS, 2021). In this analysis, Australia included Australia and Oceania. Based on the number of individuals per species kept in each zoo, we computed the total number of zoos keeping Malagasy birds per country as well as the following biodiversity indices using the package vegan (Oksanen et al., 2020): the Shannon-Weaver Index ($H = -\sum p_i \log(b) p_i$), Pielou’s evenness ($J = H/\log(n)$), with n representing the total number of species, and two versions of the Simpson Index ($D = \sum p_i^2$) with $1-D$ and the inverse Simpson Index with $1/D$. In these formulas p_i represents the relative proportion of species i and b represents the natural logarithm ($b=2$ herein) (Zeleny, 2022).

2.6. Protected area coverage analysis

The distribution maps for the protected area coverage analysis were compiled by BirdLife International (2022). The data of the protected areas (PAs) of Madagascar were downloaded from UNEP-WCMC and IUCN (2022). The Ecoregions of the world were taken from Olsen et al. (2001). The analysis was performed using the programme R and the packages “raster” (Hijmans et al. 2022), “shapefiles” (Stabler, 2013) and “redlist” (Chamberlain et al., 2020). The Malagasy bird species were joined in a table with their habitats and an estimation whether those are suitable, the PAs they inhabit, their IUCN threat status and criteria. As baseline for available habitats we used the level 2 products provided by Jung et al. (2020). It was analysed which species each single PA contains, how many in total and how many threatened species. Species richness analyses with grid cell sizes of 100 x 100 m were made to compare the distribution of protected areas with localities of endemic and threatened endemic species.

We also explored the impact of varying grid-cell size on two endemism indices proposed by Crisp et al. (2001): weighted endemism (WE) and corrected weighted endemism (CWE). WE measures endemism by inversely weighting the proportion of endemics by their range size, so that species with smaller range sizes weight more than those with large ranges. To obtain the CWE this value is then divided by the local species richness (Brown et al., 2016).



Fig. 1: Bird species from some endemic families: top left *Monias benschi* (Mesithornitidae); top right *Uratelornis chimaera* (Brachypteryciidae), bottom left *Philepitta schlegeli* (Philepittidae) and bottom right *Xenopirostris damii* (Vangidae). Photos: M. Vences (top left), T. Pagel (top right) and B. Marcordes (bottom)

3. Results

3.1. Bird species diversity and conservation

More than 300 bird species are reported to occur in Madagascar (Avibase, 2021a). Migratory birds that can only be found temporarily or migrating in Madagascar were not analysed. A total of 195 bird species was recorded in the analysis. Of these 195 bird species, 53 species likewise were found in Africa and the Malagasy region (27%). 142 of the 195 bird species were found

in Madagascar and the surrounding islands (73%) (Tab. 1). 117 of the 142 bird species were endemic to Madagascar (82%), with the remaining 25 of them (18%) also occurring on the surrounding islands (e.g., Comoros, Seychelles, Mayotte) (Fig. 2; Tab.1).

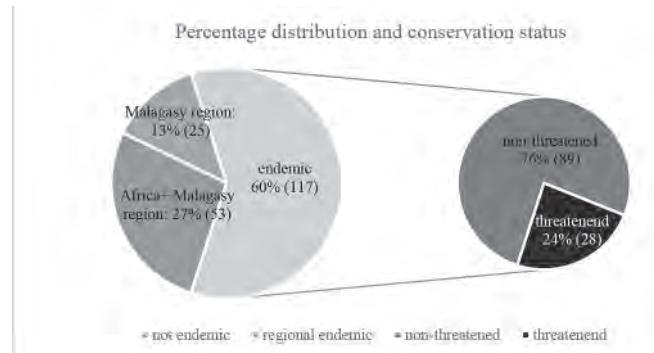


Fig. 2: Percentage distribution of analysed bird species and percentage conservation status to endemic bird species of Madagascar.

Tab. 1: Bird species with distribution on Madagascar and surrounding islands, including distribution (M = Madagascar, MR = Madagascar + surrounding islands), IUCN category and number of locations (IUCN, 2021), date of last survey and population trends; threatened species are highlighted shaded. 28 of the 117 endemic bird species of Madagascar (Tab. 1) were threatened (24%) according to the Red List: 2 Critically Endangered, 11 Endangered, 15 Vulnerable (IUCN, 2021).

	Distribution	IUCN category	Number of locations (IUCN 2021)	Last survey	Population trend
Family Accipitridae					
<i>Accipiter francesiae</i>	MR	LC		2016	stable
<i>Accipiter henstii</i>	M	NT		2020	decreasing
<i>Accipiter madagascariensis</i>	M	NT		2018	decreasing
<i>Aviceda madagascariensis</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Buteo brachypterus</i>	M	LC		2016	stable
<i>Circus macrourus</i>	MR	EN	11-100	2016	decreasing
<i>Eurriachus astur</i>	M	EN	11-100	2016	decreasing
<i>Haliaeetus vociferoides</i>	M	CR	11-100	2016	decreasing
<i>Polyboroides radiatus</i>	M	LC		2016	stable
Family Acrocephalidae					
<i>Acrocephalus newtoni</i>	M	LC		2016	stable
<i>Nesillas lantzi</i>	M	LC		2016	stable
<i>Nesillas typica</i>	MR	LC		2016	stable
Family Alaudidae					
<i>Eremopterix hova</i>	M	LC		2016	increasing
Family Alcedinidae					
<i>Corythornis madagascariensis</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Corythornis vintsioides</i>	MR	LC		2016	stable
Family Anatidae					
<i>Anas bernieri</i>	M	EN	11-100	2016	decreasing
<i>Anas melleri</i>	M	EN	11-100	2016	decreasing
<i>Aythya innotata</i>	M	CR	1	2016	stable

Tab. 1: Continued.

	Distribution	IUCN category	Number of locations (IUCN 2021)	Last survey	Population trend
Family Apopidae					
<i>Zoonavena grandidieri</i>	M	LC		2018	decreasing
Family Ardeidae					
<i>Ardea humbloti</i>	MR	EN	11-100	2016	decreasing
<i>Ardeola idae</i>	MR	EN		2016	decreasing
Family Bernieridae					
<i>Bernieria madagascariensis</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Crossleyia tenebrosa</i>	M	DD		2020	decreasing
<i>Crossleyia xanthophrys</i>	M	NT		2016	decreasing
<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Hartertula flavoviridis</i>	M	NT		2016	decreasing
<i>Oxylabes madagascariensis</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Randia pseudosoterops</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Thamnornis chloropetaoides</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Xanthomixis apperti</i>	M	VU	A	2016	stable
<i>Xanthomixis cinereiceps</i>	M	NT		2016	decreasing
<i>Xanthomixis zosterops</i>	M	LC		2016	decreasing
Family Brachypteraciidae					
<i>Atelornis crossleyi</i>	M	NT		2016	decreasing
<i>Atelornis pittoides</i>	M	LC		2016	stable
<i>Brachypteryx leptosoma</i>	M	VU	11-100	2016	decreasing
<i>Geobruges squamiger</i>	M	VU	11-100	2016	decreasing
<i>Uratelornis chimaera</i>	M	VU	11-100	2016	decreasing
Family Campephagidae					
<i>Celepyris cinereus</i>	M	LC		2016	decreasing
Family Caprimulgidae					
<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	MR	LC		2016	stable
<i>Gaectornis enarratus</i>	M	LC		2016	decreasing
Family Charadriidae					
<i>Charadrius bifrontatus</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Charadrius thoracicus</i>	M	VU		2016	decreasing
Family Cisticolidae					
<i>Cisticola cherina</i>	MR	LC		2016	stable
<i>Neomixis pallidior</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Neomixis stratiotula</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Neomixis tenella</i>	M	LC		2016	stable
<i>Neomixis viridis</i>	M	LC		2016	decreasing
Family Columbidae					
<i>Alectroenas madagascariensis</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Nesoenas picturatus</i>	MR	LC		2016	stable
<i>Treron australis</i>	MR	LC		2016	decreasing
Family Cuculidae					
<i>Centropus toulou</i>	MR	LC		2018	decreasing
<i>Coracina caerulea</i>	M	LC		2018	decreasing
<i>Coracina coquereli</i>	M	LC		2018	decreasing
<i>Coracina cristata</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Coracina cursor</i>	M	LC		2018	decreasing
<i>Coracina gigas</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Coracina olivaceaiceps</i>	M	LC		2016	stable

Tab. 1: Continued.

	Distribution	IUCN category	Number of locations (IUCN 2021)	Last survey	Population trend
<i>Coua pyropyga</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Coua reynaudi</i>	M	LC		2018	decreasing
<i>Coua ruficeps</i>	M	LC		2016	stable
<i>Coua serriana</i>	M	LC		2018	decreasing
<i>Coua verreauxi</i>	M	LC		2017	decreasing
<i>Cuculus rochii</i>	M	LC		2016	stable
Family Dicruridae					
<i>Dicrurus forficatus</i>	MR	LC		2016	unknown
Family Estrildidae					
<i>Lonchura nana</i>	M	LC		2016	stable
Family Falconidae					
<i>Falco newtoni</i>	MR	LC		2016	increasing
<i>Falco zoniventris</i>	M	LC		2016	stable
Family Glareolidae					
<i>Glareola ocularis</i>	M	VU	11-100	2016	decreasing
Family Hirundinidae					
<i>Riparia corvina</i>	M	LC		2016	decreasing
Family Jacanidae					
<i>Actophilornis albimucha</i>	M	EN		2020	decreasing
Family Leptosomatidae					
<i>Leptosomus discolor</i>	MR	LC		2016	decreasing
Family Locustellidae					
<i>Bradypterus brunneus</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Bradypterus seebohmi</i>	M	LC		2016	decreasing
Family Mésitornithidae					
<i>Mésitornis unicolor</i>	M	VU	11-100	2018	decreasing
<i>Mésitornis variegatus</i>	M	VU	6	2018	decreasing
<i>Monias benschi</i>	M	VU	11-100	2016	decreasing
Family Monarchidae					
<i>Terpsiphone mutata</i>	MR	LC		2016	decreasing
Family Motacillidae					
<i>Motacilla flavaiventris</i>	M	LC		2016	stable
Family Musciicapidae					
<i>Copsychus albaspecularis</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Copsychus pica</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Monticola erythronotus</i>	M	EN	1	2016	decreasing
<i>Monticola imerina</i>	M	LC		2016	stable
<i>Monticola sharpei</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Saxicola torquatus</i>	MR	LC		2020	stable
Family Nectariniidae					
<i>Cinnyris notatus</i>	MR	LC		2016	stable
<i>Cinnyris sovimanga</i>	MR	LC		2016	stable
Family Phasianidae					
<i>Margaroperdix modagarensis</i>	M	LC		2018	decreasing
Family Philepittidae					
<i>Neodrepanis cornuta</i>	M	LC		2018	decreasing
<i>Neodrepanis hypoxantha</i>	M	VU	11-100	2017	decreasing
<i>Philepitta castanea</i>	M	LC		2018	decreasing
<i>Philepitta schlegeli</i>	M	NT		2016	decreasing

Tab. 1: Continued.

	Distribution	IUCN category	Number of locations (IUCN 2021)	Last survey	Population trend
Family Ploceidae					
<i>Foudia madagascariensis</i>	M	LC		2018	stable
<i>Foudia omissa</i>	M	LC		2018	decreasing
<i>Ploceus nelicourvi</i>	M	LC		2018	stable
<i>Ploceus sakalava</i>	M	LC		2016	stable
Family Podicipedidae					
<i>Tachybaptus pelzelni</i>	M	EN	11-100	2018	decreasing
Family Psittaculidae					
<i>Agapornis canus</i>	M	LC		2018	stable
<i>Coracopsis nigra</i>	MR	LC		2016	stable
<i>Coracopsis vasa</i>	MR	LC		2018	decreasing
Family Pteroclidae					
<i>Pterocles personatus</i>	M	LC		2016	stable
Family Pycnonotidae					
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	MR	LC		2018	stable
Family Rallidae					
<i>Dryolimnas cyanotis</i>	MR	LC		2016	stable
<i>Porphyrio madagascariensis</i>	M	LC		NA	NA
<i>Rallus madagascariensis</i>	M	VU		2020	decreasing
<i>Zapornia olivieri</i>	M	EN	6-10	2016	decreasing
Family Sarothruridae					
<i>Menocrex beankaensis</i>	M	NT		2016	decreasing
<i>Menocrex kiolooides</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Sarothrura insularis</i>	M	LC		2016	stable
<i>Sarothrura watersi</i>	M	EN	3	2016	decreasing
Family Scolopacidae					
<i>Gallinago macrodactyla</i>	M	VU		2021	decreasing
Family Strigidae					
<i>Asio capensis</i>	M	LC		2016	stable
<i>Athene supercilialis</i>	M	LC		2016	decreasing
<i>Otus madagascariensis</i>	M	NA		NA	NA
<i>Otus rufilius</i>	M	LC		2016	stable
Family Sturnidae					
<i>Hartlaubius auratus</i>	M	LC		2018	decreasing
Family Threskiornithidae					
<i>Lophotibis cristata</i>	M	NT		2016	decreasing
<i>Threskiornis bernieri</i>	MR	EN		2021	decreasing
Family Turnicidae					
<i>Turnix nigricollis</i>	M	LC		2016	stable
Family Tytonidae					
<i>Tyto soumagnei</i>	M	VU	11-100	2016	decreasing
Family Upupidae					
<i>Upupa marginata</i>	M	LC		2016	stable
Family Vangidae					
<i>Artamella viridis</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Callicolius madagascariensis</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Callicolius rufocarpalis</i>	M	VU	11-100	2016	stable
<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	MR	LC		2016	unknown
<i>Eurycercus prevostii</i>	M	EN	11-100	2018	decreasing

Tab. 1: Continued.

	Distribution	IUCN category	Number of locations (IUCN 2021)	Last survey	Population trend
<i>Falcoleia palliata</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Hypositta corallirostris</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Leptopterus chahert</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Mystacornis crossleyi</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Newtonia amphichroa</i>	M	LC		2020	unknown
<i>Newtonia archboldi</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Newtonia brunneicauda</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Newtonia famovanae</i>	M	VU	11-100	2016	decreasing
<i>Oriolus bernieri</i>	M	EN	11-100	2018	decreasing
<i>Pseudobias wardi</i>	M	LC		2016	unknown
Family Vangidae					
<i>Schetba rufa</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Tylax eduardi</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Vanga curvirostris</i>	M	LC		2016	unknown
<i>Xenopirostris damii</i>	M	EN	?	2016	decreasing
<i>Xenopirostris polleni</i>	M	NT		2016	unknown
<i>Xenopirostris xenopirostris</i>	M	LC		2016	unknown
Family Zosteropidae					
<i>Zosterops maderaspatanus</i>	MR	LC		2018	decreasing



Fig. 3: Two Endangered bird species: *Ardeola idae* (left) and *Threskiornis bernieri* (right) in their natural habitat in Madagascar. Photos: B. Marcordes

The Critically Endangered Madagascar pochard (*Aythya innotata*) is known from only a single lake and the Endangered Amber Mountain rock thrush (*Monticola erythronotus*) is likewise known from only a single site. The Endangered Van Dam's vanga (*Xenopirostris damii*), the Endangered slender-billed flufftail (*Sarothrura watersi*), the Vulnerable Appert's tetraka (*Xanthomixis apperti*), the Vulnerable white-breasted mesite (*Mesitornis variegatus*) and the Endangered sakalava rail (*Zapornia olivieri*) are known only from few (2-10) sites on Madagascar. For one Endangered and three Vulnerable endemic bird species of Madagascar no site information was provided (Tab. 1) (IUCN, 2021).

The 89 endemic bird species of Madagascar that were not listed as threatened belonged to the categories of Least Concern (77), Near Threatened (10), Data Deficient (1) and Not Evaluated (1) (IUCN, 2021) (Fig. 4).

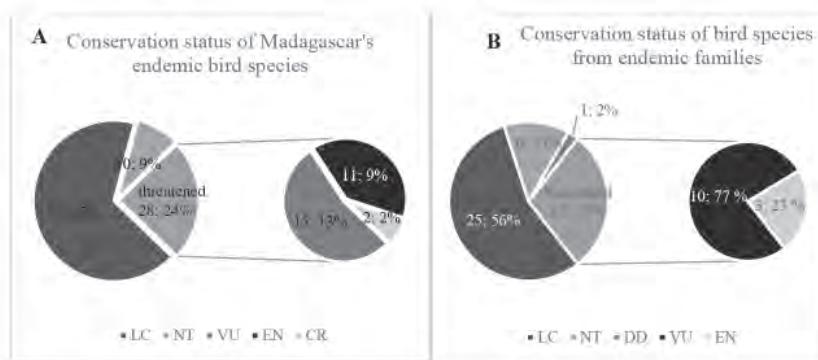


Fig. 4: Red List status (IUCN 2021) of endemic bird species of Madagascar (A) and species from endemic bird families (B).

Within the six endemic Malagasy bird families, the mesites (Mesitornithidae), ground rollers (Brachypteraciidae), curoles (Leptosomidae), asities (Philepittidae), tetrakas (Bernieridae) and vangas (Vangidae), 13 (29%) of the in total 45 species are Red-Listed as threatened (Tab. 1): 3 Endangered (23%) and ten Vulnerable (77%) (Fig. 4). Hence, three of the 11 Endangered endemic bird species of Madagascar (27%) and 10 of the 15 Vulnerable endemic bird species of Madagascar (66.6%) derive from an endemic bird family of this island.

3.2. Population trends of the endemic bird species of Madagascar

Of the 117 endemic bird species of Madagascar, 70 had declining populations (18 unknown, 26 stable, 1 increasing, 2 no trend). The population sizes of 89 of Madagascar's 117 endemic bird species were from 2016, with all remaining population sizes from years thereafter (IUCN, 2021). The Critically Endangered Madagascar porchard (*Aythya innotata*), the Vulnerable Appert's tetraka (*Xanthomixis apperti*) and the Vulnerable red-shouldered vanga (*Calicalicus rufocarpalis*) had stable populations. 25 of 28 threatened endemic bird species showed declining populations (Tab. 1).

3.3. ZIMS and ZTL analysis

Zoo collections of Madagascar's endemic bird species based on ZIMS and ZTL

Of the in total 117 endemic bird species of Madagascar, 81 species were recorded only in ZIMS, 27 species were listed both in ZIMS and ZTL, two species were recorded only in ZTL and eight species were not included in the zoo databases. The endemic Malagasy bird species recorded in ZTL only, *Foudia omissa*, was only held in the past and no animals could be identified by ZIMS and ZTL. Thus, only the endemic Malagasy bird species included in ZIMS were further analysed.

3.4. Endemic Malagasy bird species kept in zoos worldwide

Of the 107 endemic Malagasy bird species, in total 16 species (14%) are held in zoos: three threatened and 13 non-threatened species (ZIMS, 2021). In other words, of the 107 endemic

Malagasy bird species, 25 threatened and 66 non-threatened species are not yet represented in zoos according to this analysis.

The analysis revealed a total of 1769 individuals held in zoos. 505 of them belonged to threatened taxa (29%) (Fig. 5). All threatened endemic Malagasy bird species were kept in zoo populations consisting of more than 100 individuals (Fig. 5). The Critically Endangered Madagascar pochard (*Aythya innotata*) was represented by 163 individuals. Of the Endangered Bernier's teal (*Anas bernieri*) 225 individuals were kept and of the likewise Endangered Meller's duck (*Anas melleri*) 117 individuals (Fig. 5) (ZIMS, 2021).

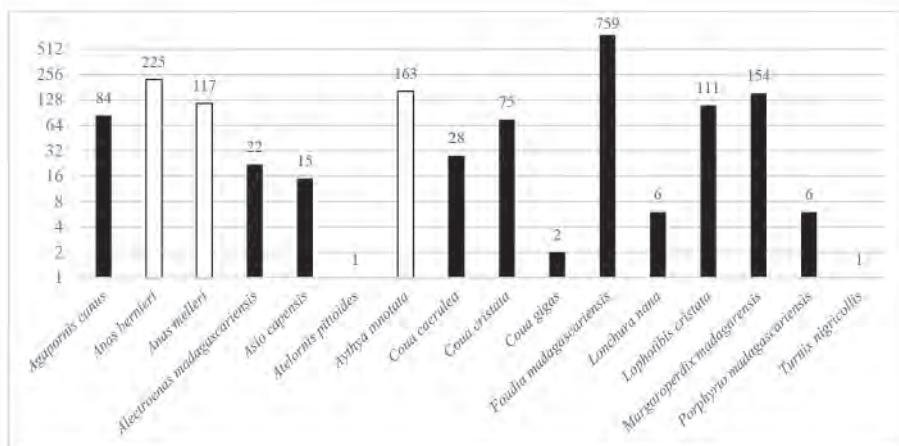


Fig. 5: Total number of endemic bird species of Madagascar ($n = 1,769$) kept worldwide according to ZIMS (2021), logarithmic scale; threatened species marked in white, non-threatened species marked in black (IUCN, 2021).

Among the threatened endemic bird species of Madagascar, the sex ratio was relatively balanced (Tab. 2), including one male that was surplus in the Critically Endangered *Aythya innotata*. In addition, there was a surplus of 13 males in the Endangered *Anas bernieri* and a surplus of 15 females in the Endangered *Anas melleri*.

Tab. 2: Total individuals and sex ratio of threatened and non-threatened endemic bird species in zoological institutions (m = male, f = female, u = unknown, ** = formerly kept), after IUCN (2021) and ZIMS (2021); threatened species are highlighted shaded.

	IUCN category	Total individuals	Sex ratio (m, f, u)	Number of keeping institutions	Number of institutions with breeding success	Studbooks
Family Anatidae						
<i>Anas bernieri</i>	EN	225	101,88,36	53	7	EEP+SSP
<i>Anas melleri</i>	EN	117	44,59,14	23	5	EEP
<i>Aythya innotata</i>	CR	163	79,78,6	1	1	EEP
Family Brachypteraciidae						
<i>Atelornis pittoides</i>	LC	1	1,0,0	1	0	
Family Columbidae						
<i>Alectroenas madagascariensis</i>	LC	22	12,10,0	4	0	

Tab. 2: Continued.

	IUCN category	Total individuals	Sex ratio (m, f, u)	Number of keeping institutions	Number of institutions with breeding success	Studbooks
Family Cuculidae						
<i>Coua caerulea</i>	LC	28	17,10,1	4		
<i>Coua cristata</i>	LC	75	36,36,3	34	5	SSP
<i>Coua gigas</i>	LC	2	2,0,0	1		
Family Estrildidae						
<i>Lonchura nana</i>	LC	6	3,3,0	1		
Family Phasianidae						
<i>Margaroperdix madagarensis</i>	LC	154	49,40,65	24	5	
Family Ploceidae						
<i>Foudia madagascariensis</i>	LC	759	98,110,551	39	8	
Family Psittaculidae						
<i>Agapornis canus</i>	LC	84	39,28,17	9	1	
Family Rallidae						
<i>Porphyrio madagascariensis</i>	LC	6	1,0,5	2		
Family Strigidae						
<i>Asio capensis</i>	LC	15	5,7,3	3		
Family Threskiornithidae						
<i>Lophotibis cristata</i>	NT	111	46,58,7	26	8	SSP
Family Turnicidae						
<i>Turnix nigricollis</i>	LC	1	0,1,0	1		

The non-threatened endemic bird species of Madagascar generally had a relatively balanced sex ratio. There was a male surplus (1-11) in *Agapornis canus*, *Alectroenas madagascariensis*, *Atelornis pittoides*, *Coua caerulea*, *C. gigas*, *Margaroperdix madagarensis*, *Porphyrio madagascariensis* and a female surplus (1-12) in *Asio capensis*, *Foudia madagascariensis*, *Lophotibis cristata* and *Turnix nigricollis*. (Tab. 2).

3.5. Institutions keeping Malagasy bird species

In total, there were 226 husbandries of endemic Malagasy bird species, whereby multiple counts were possible, as not every zoo exclusively kept one species. According to ZIMS, a total of 132 institutions worldwide kept at least one of the 16 held endemic Malagasy bird species. 77 of these 226 husbandries kept a threatened endemic Malagasy bird species (34%). 149 of the 226 institutions kept an endemic non-threatened Malagasy bird species (66%).

The Critically Endangered Madagascar pochard (*Aythya innotata*) was kept only in a single zoo. The Endangered Bernier's teal (*Anas bernieri*) was kept in 53 institutions and the Endangered Meller's duck (*Anas melleri*) in 23 institutions (Tab. 2). The largest ex situ populations among the non-threatened species were for *Foudia madagascariensis* (39), followed by *Coua cristata* (34), *Lophotibis cristata* (26), *Margaroperdix madagascariensis* (24), *Agapornis canus* (9), *Coua caerulea* (4), *Alectroenas madagascariensis* (4), *Asio capensis* (3), *Porphyrio madagascariensis* (2) and each one institution kept *Atelornis pittoides*, *Coua gigas*, *Lonchura nana* and *Turnix nigricollis* (Tab. 2).

3.6. Reproductive success of endemic Malagasy bird species

According to ZIMS, eight of the 16 endemic Malagasy bird species kept in zoos worldwide had successfully reproduced within the last 12 months. Three of the eight reproduced endemic Malagasy bird species were threatened (Tab. 2). The success rate of the non-threatened endemic bird species of Madagascar was 38% (5 out of 13 species) (Tab. 2).

The Critically Endangered Madagascar pochard (*Aythya innotata*) was bred in a single institution, while the Endangered Bernier's teal (*Anas bernieri*) was bred in seven institutions and the Endangered Meller's duck (*A. melleri*) in five institutions (Tab. 2).

The Critically Endangered Madagascar pochard (*Aythya innotata*) is managed by the Durrell Wildlife Conservation Trust in Jersey (UK) in a European Conservation Breeding Programme (EEP). The Endangered Bernier's teal (*Anas bernieri*) and the Endangered Meller's duck (*A. melleri*) are likewise managed in an EEP by the Durrell Wildlife Conservation Trust in Jersey (UK). The Endangered Bernier's teal (*Anas bernieri*) is managed for the North American region by Louisville Zoo in a Species Survival Plan programme (ZIMS, 2021).

Of the five non-threatened endemic Malagasy bird species, one species was bred in a single zoo and four species in 5 to 8 zoos. *Lophotibis cristata* and *Foudia madagascariensis* were bred most often (Tab. 2).

In Europe, six endemic species reproduced successfully (*Anas bernieri*, *A. melleri*, *Margaroperdix madagarensis*, *Lophotibis cristata*, *Agapornis canus* and *Foudia madagascariensis*). In North America, three species reproduced successfully (*Anas bernieri*, *Coua cristata*, and *Lophotibis cristata*). One endemic threatened Malagasy bird species successfully reproduced in Africa (*Aythya innotata*) (Tabs 4-6).

There were a total of 44 offspring of *Anas bernieri*, 21 of *A. melleri* and four of *Aythya innotata*, all belonging to threatened species. Of the non-threatened species, there were offspring of one *Agapornis canus*, ten of *Coua cristata*, 140 of *Foudia madagascariensis*, 18 of *Lophotibis cristata* and eleven of *Margaroperdix madagarensis* (Tabs 4-6).

3.7. Unisexual collections of endemic Malagasy bird species

Whereas the Critically Endangered *Aythya innotata* was exclusively kept in mixed-sex groups, the proportion of single-sex individuals kept was 8% for the Endangered *Anas melleri* (9 out of 117 individuals, 7 out of 23 institutions keeping the species) and even 15% for the Endangered *Anas bernieri* (34 out of 225 individuals, 18 out of 53 institutions keeping the species) (ZIMS,

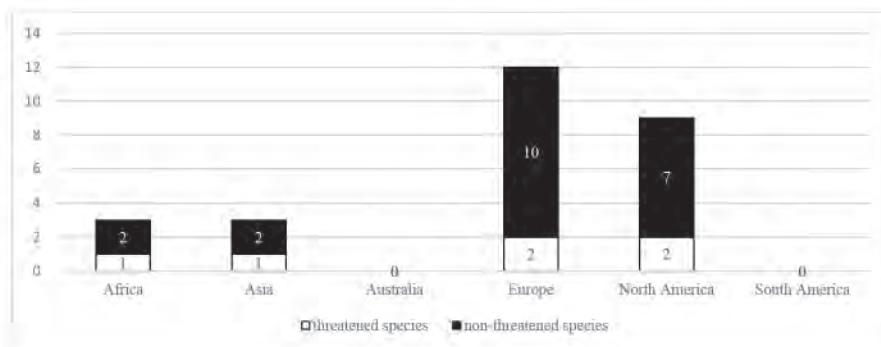


Fig. 6: Number of endemic Malagasy bird species kept per continent.

2021). Among the non-threatened endemic Malagasy bird species, one species was kept exclusively mixed-sex, *Lonchura nana*. In three species the proportion of single-sex individuals to the total number of individuals was 1-10%, in three species the proportion was 11-25%, in two species the proportion was 26-50% and in four species only individuals or single-sex groups were kept.

3.8. Threatened endemic Malagasy bird species that are not yet held in captivity

In total 25 threatened endemic (IUCN, 2021) bird species from Madagascar are not yet held in zoos worldwide according to ZIMS (Tab. 2).

3.9. Endemic Malagasy bird species held per continent

In Africa and Asia, one threatened and two non-threatened endemic Malagasy bird species were kept. Australian and South American zoos did not keep any endemic Malagasy bird species. European zoos held two threatened and ten non-threatened endemic Malagasy bird species. In North America, two threatened and seven non-threatened endemic Malagasy bird species were kept (Fig. 6) (Tab. 3).

Tab. 3: Number of institutions keeping endemic Malagasy bird species per continent; threatened species are highlighted in bold.

Species	IUCN Status	Africa	Asia	Europe	North America
<i>Agapornis canus</i> (LC)	LC		1	7	1
<i>Alectroenas madagascariensis</i> (LC)	LC			4	
<i>Anas bernieri</i> (EN)	EN			39	14
<i>Anas melleri</i> (EN)	EN		1	20	2
<i>Asio capensis</i> (LC)	LC	3			
<i>Atelornis pittoides</i> (LC)	LC			1	
<i>Aythya innotata</i> (CR)	CR	1			
<i>Coua caerulea</i> (LC)	LC			3	1
<i>Coua cristata</i> (LC)	LC			4	30
<i>Coua gigas</i> (LC)	LC			1	
<i>Fendia madagascariensis</i> (LC)	LC			37	2
<i>Lonchura nana</i>	LC			1	
<i>Lophotibis cristata</i> (NT)	NT		3	16	7
<i>Margaroperdix madagarensis</i> (LC)	LC			21	3
<i>Porphyrna madagascariensis</i> (LC)	LC	2			
<i>Turmix nigriceps</i> (LC)	LC				1

3.10. Richness analysis

According to ZIMS, a total of 131 institutions worldwide kept at least one of the 16 held endemic Malagasy bird species (Fig. 7), (Tabs 4-6).

In total, four Asian institutions kept an endemic Malagasy bird species. The Jurong Bird Park (Singapore) held a threatened endemic species, the Endangered Meller's duck (*Anas melleri*) (Tab. 4).

In Europe, there were 83 zoos with at least one endemic Malagasy bird species (ZIMS, 2021). The zoos in Zurich (9), Plzen (7), Cologne (7), Walsrode (6), Dvur Kralove (5) and Jersey (5) kept the most endemic Malagasy bird species.

In total, 49 of the 83 institutions in Europe kept a threatened endemic species. 12 zoos held both Endangered duck species from Madagascar (*Anas bernieri* and *A. melleri*) (Tab. 5).

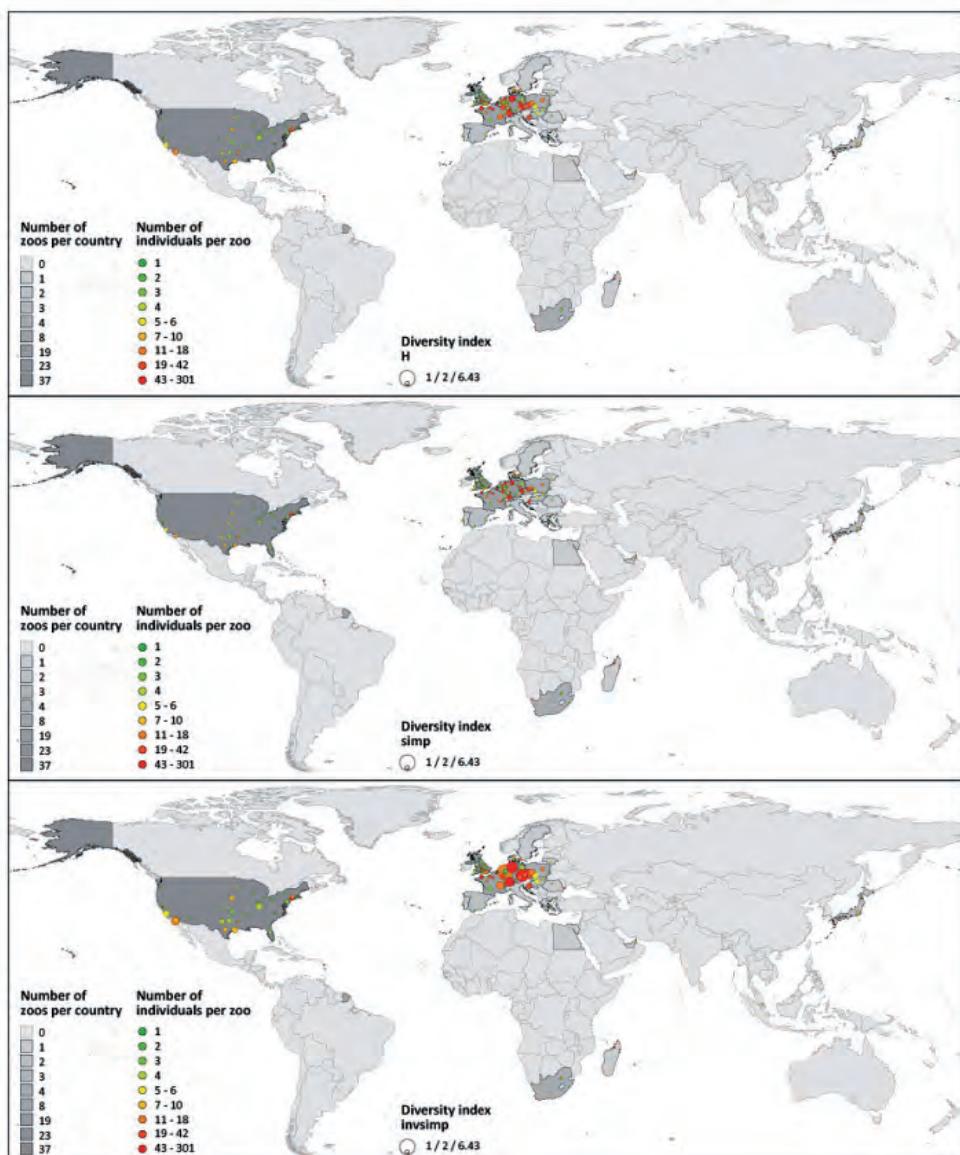


Fig. 7: Geographic distribution and diversity of endemic Malagasy bird species in zoos worldwide (n=131 institutions). H = Shannon-Weaver Index, J = Pielou's evenness, simp = Simpson Index (1-D) and invsimp = Inverse Simpson Index (1/D).

Endemic Malagasy bird species were kept in 38 North American zoos. The New York Bronx Zoo and San Diego Zoo had the most endemics (n = 4). Threatened endemic Malagasy bird species were kept in 14 of the 38 institutions in North America. Louisville Zoo and Litchfield Zoo each held two endemic threatened bird species. The remaining 12 zoos each held one threatened endemic bird species (Tab. 6).

Tab. 4: List of zoos in Africa and Asia that keep an endemic Malagasy bird species (offspring in brackets after species); threatened species are highlighted in bold.

Zoo in Africa	Species	Zoos in Asia	Species
Antsohihy	<i>Aythya innotata</i> (4)	Higashimurayama	<i>Agapornis canus</i> , <i>Porphyrinia madagascariensis</i>
Cairo	<i>Porphyria madagascariensis</i>	Maliba	<i>Porphyria madagascariensis</i>
Durban	<i>Porphyria madagascariensis</i>	Singapore (Jurong)	<i>Anas melleri</i>
Johannesburg	<i>Asio capensis</i>	Tokyo (Ueno)	<i>Lophotibis cristata</i>
Vanderbijlpark	<i>Asio capensis</i>		
Vorna Valley	<i>Asio capensis</i>		

Tab. 5a: List of zoos in Europe (from A to PI) that keep an endemic Malagasy bird species (offspring in brackets after species); threatened species are highlighted in bold.

Zoo	Species	Zoo	Species
Amersfoort	<i>Foudia madagascariensis</i> (1)	Heidelberg	<i>Anas bernieri</i>
Antwerp	<i>Margaroperdix madagarensis</i>	Helsingborg	<i>Agapornis comus</i> , <i>Foudia madagascariensis</i>
Amhem	<i>Foudia madagascariensis</i> (1), <i>Lophotibis cristata</i> (1)	Jersey	<i>Anas bernieri</i> , <i>Anas melleri</i> (4), <i>Foudia madagascariensis</i> (10), <i>Lophotibis cristata</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i>
Arndel	<i>Anas melleri</i>	Karlsruhe	<i>Agapornis canus</i> , <i>Anas bernieri</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i>
Augsburg	<i>Anas bernieri</i>	Kaunas	<i>Foudia madagascariensis</i>
Ballaugh	<i>Anas bernieri</i>	Kilgetty	<i>Foudia madagascariensis</i>
Berkshire	<i>Anas bernieri</i>	Kosice	<i>Anas bernieri</i>
Berlin (TP)	<i>Anas bernieri</i> , <i>A. melleri</i>	Krefeld	<i>Coua cristata</i> , <i>Lophotibis cristata</i> (4)
Berlin (Zoo)	<i>Anas bernieri</i> , <i>Lophotibis cristata</i>	Landau	<i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i> (1)
Bettembourg	<i>Anas bernieri</i> , <i>A. melleri</i> , <i>Foudia madagascariensis</i>	Lausanne	<i>Foudia madagascariensis</i>
Bourton-on-the-water	<i>Anas bernieri</i>	Leeds (Harewood)	<i>Margaroperdix madagarensis</i>
Bristol	<i>Anas melleri</i>	Leeds (Lotherton)	<i>Anas bernieri</i>
Budapest	<i>Anas bernieri</i> , <i>Foudia</i> <i>madagascariensis</i>	Leipzig	<i>Foudia madagascariensis</i> (43), <i>Lophotibis cristata</i> (2)
Burford	<i>Anas bernieri</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> (1), <i>Margaroperdix madagarensis</i>	Lincoln (UK)	<i>Foudia madagascariensis</i>
Calviac	<i>Anas bernieri</i> , <i>A. melleri</i>	Lisbon	<i>Anas melleri</i>
Cambron	<i>Foudia madagascariensis</i>	Lisieux	<i>Anas bernieri</i>
Chester	<i>Foudia madagascariensis</i> (4)	London (Zoo)	<i>Anas bernieri</i> , <i>Lophotibis cristata</i>
Cologne	<i>Alectroenas madagascariensis</i> , <i>Anas bernieri</i> , <i>A. melleri</i> , <i>Coua caerulea</i> , <i>Coua cristata</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Lophotibis cristata</i> (1)	Magdeburg	<i>Anas bernieri</i>
Colwyn Bay	<i>Margaroperdix madagarensis</i>	Marlow	<i>Margaroperdix madagarensis</i>
Crawley	<i>Agapornis comus</i> , <i>Anas bernieri</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i>	Mechelen	<i>Anas bernieri</i>
Dortmund	<i>Anas bernieri</i>	Mulhouse	<i>Anas bernieri</i> (7), <i>Lophotibis cristata</i>
Dudley	<i>Anas melleri</i>	Newchurch	<i>Foudia madagascariensis</i>
Duisburg	<i>Anas melleri</i>	Newquay	<i>Margaroperdix madagarensis</i>
Dvur Králové	<i>Agapornis canus</i> , <i>Anas bernieri</i> (6), <i>A. melleri</i> (4), <i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i> (3)	Opole	<i>Anas bernieri</i> (5)

Tab. 5a: Continued.

Zoo	Species	Zoo	Species
Emmen	<i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Lophotibis cristata</i>	Osnabrück	<i>Foudia madagascariensis</i>
Fuengirola	<i>Anas melleri</i>	Ostrava	<i>Anas bernieri</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i>
Gelsenkirchen	<i>Anas bernieri</i>	Oxton	<i>Anas melleri</i>
Genova	<i>Foudia madagascariensis</i>	Paris (Zoo)	<i>Anas bernieri</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Lophotibis cristata</i>
Graestedt	<i>Lonchura nana</i>	Pizen	<i>Agapornis canus</i> , <i>Alectroenas madagascariensis</i> , <i>Anas bernieri</i> (2), <i>A. melleri</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Lophotibis cristata</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i>

Tab. 5b: List of zoos in Europe (from Pon to Z) that keep an endemic Malagasy bird species (offspring in brackets after species); threatened species are highlighted in bold.

Zoo	Species	Zoo	Species
Ponteland	<i>Anas bernieri</i>	Val de Reuil	<i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Lophotibis cristata</i>
Port Saint Pere	<i>Anas bernieri</i>	Valencia (Bioparc)	<i>Anas melleri</i> (2)
Praha	<i>Lophotibis cristata</i> (2)	Villars les Dombes	<i>Anas bernieri</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Lophotibis cristata</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i>
Randers	<i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i>	Walsrode	<i>Alectroenas madagascariensis</i> , <i>Coua caerulea</i> , <i>C. cristata</i> , <i>C. gigas</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Lophotibis cristata</i> (2)
Reading	<i>Margaroperdix madagarensis</i>	Warsaw	<i>Anas bernieri</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> (4), <i>Margaroperdix madagarensis</i>
Romsey	<i>Margaroperdix madagarensis</i>	Washington (UK)	<i>Anas melleri</i>
Sandown	<i>Anas melleri</i>	Watford	<i>Anas bernieri</i>
Sarthe	<i>Anas bernieri</i> , <i>A. melleri</i> (8)	Winchester (Marwell)	<i>Anas bernieri</i>
Sostofurdo	<i>Foudia madagascariensis</i>	Wroclaw	<i>Anas bernieri</i> , <i>A. melleri</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i>
Spata	<i>Foudia madagascariensis</i>	Wuppertal	<i>Coua caerulea</i> , <i>Lophotibis cristata</i>
Straubing	<i>Foudia madagascariensis</i>	Zagreb	<i>Agapornis canus</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i> (4)
Stuttgart	<i>Anas bernieri</i> (16)	Zamosc	<i>Foudia madagascariensis</i>
Tingu-Mures	<i>Foudia madagascariensis</i>	Zurich	<i>Agapornis canus</i> (1), <i>Alectroenas madagascariensis</i> , <i>Anas bernieri</i> (7), <i>A. melleri</i> (3), <i>Atelornis pittoides</i> , <i>Coua cristata</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> (76), <i>Lophotibis cristata</i> (5), <i>Margaroperdix madagarensis</i> (2)

3.11. Protected area coverage

The comparison of the distribution of protected areas with localities of all extant species shows that there are peaks in the species richness of total and threatened species on the east side of the central Malagasy mountain range. On the west side the distribution pattern is much more balanced with a relatively high species richness overall and a few smaller peaks at the coast. The corrected weighted endemism (CWE) analysis shows a similar distribution pattern (Fig. 8).

Tab. 6: List of zoos in North America that keep an endemic Malagasy bird species (offspring in brackets after species); threatened species are highlighted in bold.

Zoo	Species	Zoo	Species
Abilene	<i>Anas bernieri</i> , <i>Coua cristata</i>	Minnesota	<i>Anas bernieri</i>
Akron	<i>Anas bernieri</i>	New York (Bronx)	<i>Agapornis canus</i> , <i>Coua cristata</i> , <i>Foudia madagascariensis</i> , <i>Lophotibis cristata</i>
Asheboro	<i>Coua cristata</i>	New York (Central Park)	<i>Coua cristata</i>
Atascadero	<i>Anas bernieri</i> , <i>Coua cristata</i> , <i>Margaroperdix madagarensis</i>	Omaha	<i>Coua cristata</i> (2), <i>Lophotibis cristata</i>
Attleboro	<i>Coua cristata</i>	Philadelphia	<i>Anas bernieri</i> , <i>Coua cristata</i>
Cincinnati	<i>Coua cristata</i>	Phoenix	<i>Lophotibis cristata</i>
Dallas	<i>Coua cristata</i> , <i>Lophotibis cristata</i>	Pittsburgh	<i>Coua cristata</i>
Freeport	<i>Margaroperdix madagarensis</i>	Portland	<i>Coua cristata</i>
Galveston	<i>Anas bernieri</i> , <i>Coua cristata</i> , <i>Lophotibis cristata</i>	Sacramento	<i>Coua cristata</i>
Garden City	<i>Coua cristata</i>	San Antonio	<i>Anas bernieri</i> , <i>Coua cristata</i> (1)
Houston	<i>Turruca nigricollis</i>	San Diego (Safari Park)	<i>Coua cristata</i> (3), <i>Lophotibis cristata</i>
Indianapolis	<i>Coua cristata</i>	San Diego Zoo	<i>Coua caerulea</i> , <i>Coua cristata</i> , <i>Lophotibis cristata</i> (1), <i>Margaroperdix madagarensis</i>
Lake Buena Vista	<i>Coua cristata</i> (3)	San Francisco	<i>Anas bernieri</i>
Litchfield	<i>Anas bernieri</i> , <i>A. melleri</i>	Shreveport	<i>Anas bernieri</i> (1), <i>Coua cristata</i>
Little Rock	<i>Anas bernieri</i>	St. Augustine	<i>Coua cristata</i>
Louisville	<i>Anas bernieri</i> , <i>A. melleri</i> , <i>Foudia madagascariensis</i>	Syracuse	<i>Coua cristata</i>
Memphis	<i>Coua cristata</i>	Toledo	<i>Coua cristata</i>
Miami	<i>Coua cristata</i>	Tulsa	<i>Anas bernieri</i> , <i>Coua cristata</i>
Milwaukee	<i>Anas bernieri</i>	Wichita	<i>Coua cristata</i> (1)

3.11. Protected area coverage

The comparison of the distribution of protected areas with localities of all extant species shows that there are peaks in the species richness of total and threatened species on the east side of the central Malagasy mountain range. On the west side the distribution pattern is much more balanced with a relatively high species richness overall and a few smaller peaks at the coast. The corrected weighted endemism (CWE) analysis shows a similar distribution pattern (Fig. 8).

Further analysis revealed that of the 28 threatened endemic species there are 7 with habitats that are mostly outside of the currently extant PAs. These are *Actophilornis albinucha*, *Anas bernieri*, *Ardea humbloti*, *Calicalicus rufocarpalis*, *Charadrius thoracicus*, *Haliaeetus vociferoides* and *Zapornia olivieri*.

Considering the suitability of the habitats of these species the bird *C. thoracicus* stands out due to only marginal suitability of almost half of its inhabited areas (Fig. 8). This applies to its habitats at the marine coast and intertidal regions on sandy shoreline and/or beaches, sand bars and dunes, spits, mud and salt flats.

Of the two Critically Endangered endemic species *Aythya innotata* and *Haliaeetus vociferoides* (IUCN, 2021), the habitat of *A. innotata* is protected in the Lac Alaotra National Park (Fig. 9). *H. vociferoides* is mostly spread along the western coast without sufficient PA protection (Fig. 9).

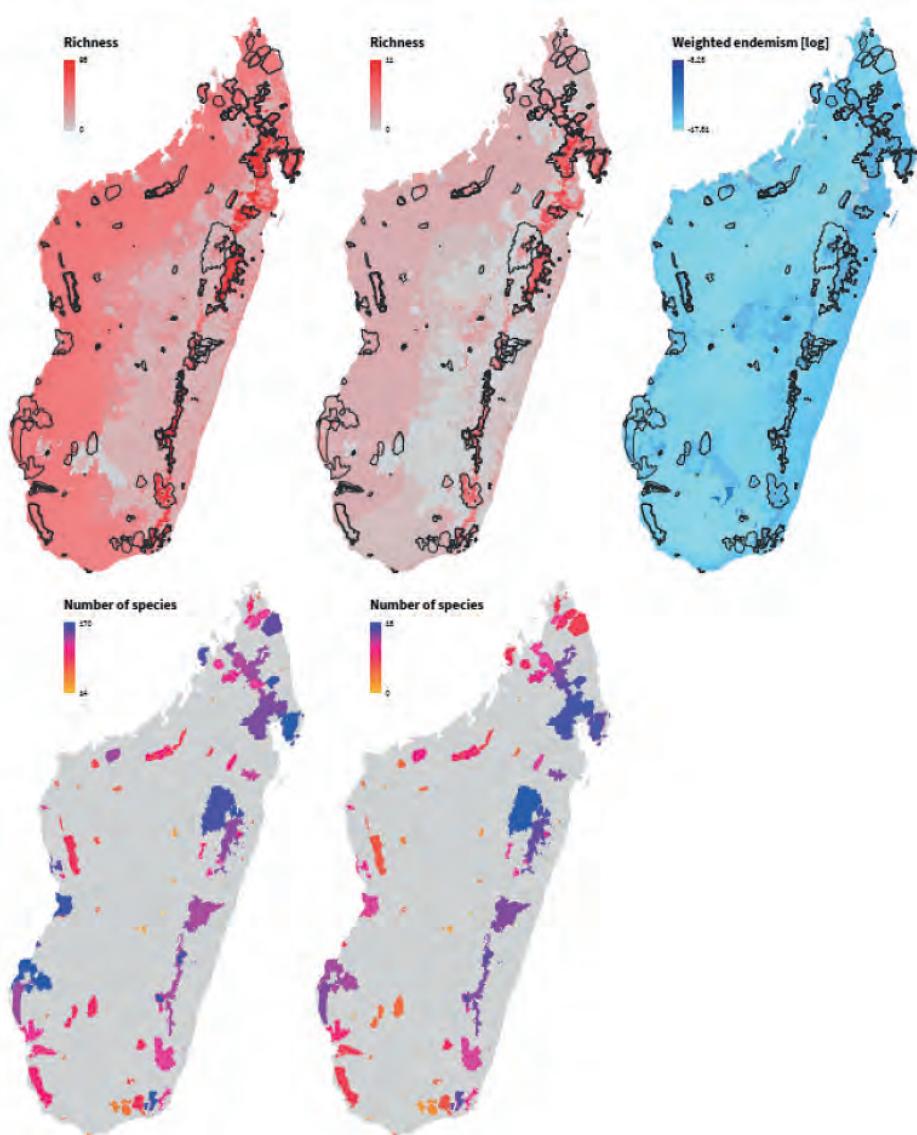


Fig. 8: Richness analysis of all extant species (upper row left) and threatened species (upper row middle). Corrected weighted endemism (CWE) (upper row right); number of species in protected areas (lower row right) and number of threatened species in protected areas (lower row middle).

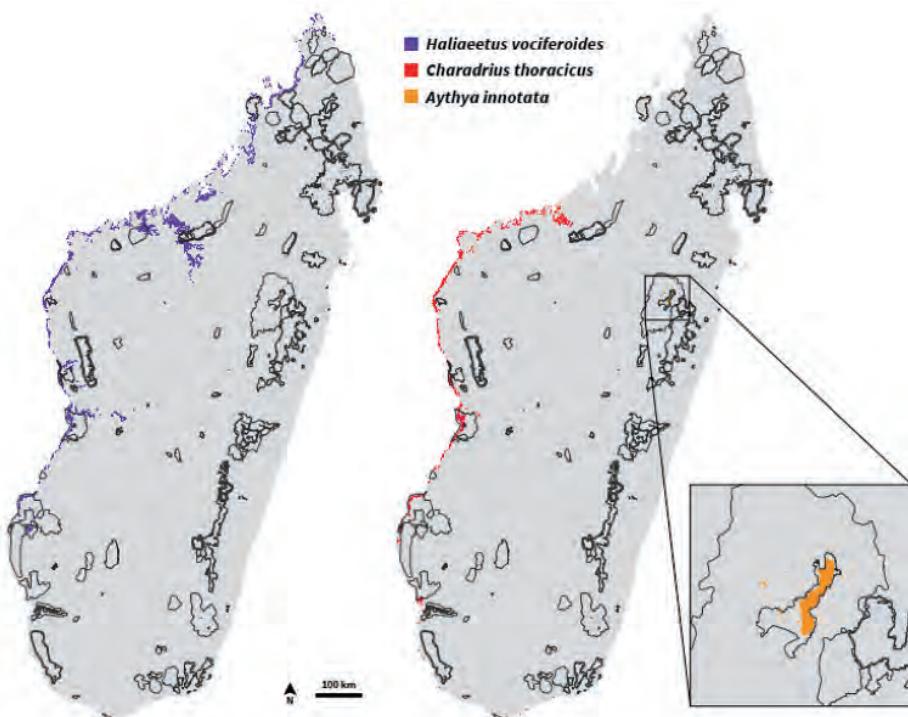


Fig. 9: Habitats of the species *Charadrius thoracicus* and the Critically Endangered species *Aythya innotata* and *Haliaeetus vociferoides*.

4. Discussion

Of the 195 Malagasy bird species, 142 occur exclusively in the Malagasy region, comprising Madagascar and surrounding islands, such as Reunion, Comoros or Mayotte. Of these 142 bird species, 117 are endemic to Madagascar. Currently 24% of the endemic Malagasy bird species are threatened, of which two are Critically Endangered, 11 Endangered and 15 Vulnerable (IUCN, 2021). Declining populations have been reported for 70 of the 117 endemic bird species and for 25 of the 28 threatened endemic Malagasy bird species (IUCN, 2021). As the most recent evaluation for 89 of 117 endemic Malagasy bird species was at least five years ago, re-assessments might lead to even more alarming results. The threat of Madagascar's endemic bird families and their species is considered high, as 27% (3 out of 11 species) of the Endangered and 66.6% (10 out of 15 species) of the Vulnerable endemic Malagasy bird species derive from one of the endemic families (IUCN, 2021).

According to the ZIMS analysis 16 endemic Madagascar bird species are kept and three of them are threatened. The number of three endemic threatened Malagasy bird species in zoos represents only 11% of the 28 currently recognised endemic threatened Malagasy bird species according to ZIMS data. However, not all zoos worldwide are connected to ZIMS (Species360, 2021). This study does not take into account Malagasy bird species kept privately. Nevertheless, it can be assumed that 89% of the 28 threatened endemic bird species (i.e. 25 species) are not kept ex situ.

Ex situ populations of Madagascar's threatened bird species should be expanded to create insurance colonies. This applies in particular to the Critically Endangered Madagascar pochard (*Aythya innotata*), an island endemic, and the two Endangered bird species from the Madagascar region, the Madagascar ibis (*Threskiornis bernieri*) and Madagascar pond-heron (*Ardeola idae*), currently held in only a few institutions (*Aythya innotata*: 1, *Ardeola idae*, *Threskiornis bernieri*: 7 institutions).

A first step in this direction were transfers of *Threskiornis bernieri* and *Ardeola idae*, which occur in the Malagasy region, from Weltvogelpark Walsrode (Germany) to the USA in 2020 to establish the first zoo population of these species in the USA.

In addition to aforementioned transfers, individuals of these two species also were sent to other European institutions. Previously, Weltvogelpark Walsrode was the only institution keeping these bird species.

The focus of keeping endemic Malagasy bird species is particularly in Europe and North America (Fig. 7). However, there also are distinctively more zoos from Europe and North America that participate in ZIMS, compared to institutions from the tropics such as Africa. Numerous zoos with endemic Malagasy bird species are represented in particular in Central Europe. In southern Europe, the density of Malagasy bird endemics held is much lower, although the climatic conditions would be optimal. The endemic Malagasy bird species are represented in 132 zoos worldwide (Fig. 7). Threatened endemic Malagasy bird species are kept in even smaller numbers (65 of 132 zoos worldwide with endemic Malagasy bird species) (Tabs 4-6). Overall, it is striking that mostly non-threatened bird species are kept. The future focus in husbandry should be on threatened bird species, especially endemic taxa with a small-scale distribution. This is also reflected by the fact that only 8% of birds kept worldwide are threatened, compared to 23% of kept mammals (Conde et al., 2013).

To ensure the management and care of threatened bird species in zoos, it is advisable to question the current species collections in zoos. There are opportunities to replace non-threatened bird species with threatened taxa without fundamentally changing the husbandry conditions. For example, *Ardeola idae* could be considered a replacement for some smaller heron species, such as *Bubulcus ibis*. *B. ibis* was assessed in the analysis with 1268 individuals (ZIMS, 2021) and an IUCN status of LC. *Threskiornis bernieri* could replace *T. aethiopicus*. In total, 1480 individuals of *T. aethiopicus* were held as of 12/04/2021 (ZIMS, 2021) and this species is non-threatened (IUCN, 2021). These measures could further increase the current population numbers in zoos and provide an ex situ insurance population. Recommendations for all threatened species can be found in Tab. 7.

The three threatened endemic Malagasy bird species kept could all be reared in the last 12 months according to ZIMS. Breeding success was higher in the threatened species than in the non-threatened species. For the threatened endemic Malagasy bird species, the success rate of the species kept was 100% while only 42% (5 out of 13 species) of the non-threatened endemic Malagasy bird species were reared. There was a balanced sex ratio in the threatened endemic bird species, so future breeding success of these three species should not be a problem.

In the past, two further species of the 28 threatened endemic bird species of Madagascar were kept (*Monias benschi* and *Uratelornis chimaera*), but they have since disappeared from collections (Tab. 7).

Space in zoos is limited and zoos often hold on to their existing populations of species, with changes often occurring hesitantly. Bringing ambitious private keepers into a conservation breeding network and by doing so expanding that network could be crucial. A conservation breeding network means that private individuals who have an expertise are allowed to breed protected and threatened species. The offspring is returned to the breeding network and placed with other institutions or private individuals. Examples are Citizen Conservation or similar initiatives (e.g. the Fruit Dove Project). The German based initiative Citizen Conservation aims to connect full-time animal keepers and private keepers under regulated and controlled conditions (Citizen Conservation, 2021). Currently,

Citizen Conservation focuses on amphibians and fishes, but an expansion to other animal groups is planned. The aim of the Fruit Pigeon Project in Europe (Weber, 2008) is to exchange husbandry and breeding experiences and to coordinate the population both in zoos and among private breeders. The more institutions and holders are integrated in such a conservation breeding network, the easier it will be to exchange animals and the genetic variability remains high.

In Madagascar, there are also ex situ conservation activities implemented, such as a breeding centre in Antsohihy where ducklings of *Aythya innotata* are raised for later release into the wild. Ampasy Research Station enables in situ study of local species and habitat, offer environmental education to the local communities and conserve and restore the surrounding forests and species within (Birdlife, 2020).

Natural populations are threatened amongst others due to ongoing deforestation (Harper, 2007). On-site species conservation is most important, with ex situ measures currently being the most effective alternative to protect threatened bird species (Conde et al., 2013). The comparison of the distribution of protected areas with localities of endemic and threatened endemic species revealed that PAs in the northeast and east of the country provide a relatively good protection for several endemic and threatened endemic species. There is still a need for expansion though since the PAs in the west and southwest do not cover many of threatened endemic species. There are 7 threatened endemic species that are poorly protected by the existing PAs: *Actophilornis albinucha*, *Anas bernieri*, *Ardea humbloti*, *Calicalicus rufocarpalis*, *Charadrius thoracicus*, *Haliaeetus vociferoides* and *Zapornia olivieri*. Since their habitats all lay in the west and southwest coastal regions it is recommended to expand the current protected area system into these regions. Especially regarding the species *C. thoracicus*, which is listed VU in the IUCN Red List with a decreasing population number (IUCN, 2021), it is advisable to protect its suitable marine coastal and supratidal habitat in the coastal brackish, saline lagoons and marine lakes as well as tropical mangrove vegetation above high tide level and grasslands. The same applies to *H. vociferoides*, which is listed as CR (IUCN, 2021) and therefore of high priority for conservation efforts.

Finally, the combination of in situ and ex situ protection measures will synergistically help to preserve species diversity (CPSG, 2021). Of the endemic Malagasy bird species two are Critically Endangered and eleven Endangered, but of these one Critically Endangered (50 %) and nine (82 %) Endangered endemic Malagasy bird species are not yet kept (Tab. 7). As a matter of urgency, some species should be transferred into ex situ conservation projects after a needs assessment to prevent the loss of a particular species due to unforeseen local events such as disease outbreaks, acute habitat loss and natural disasters.

For the species that also occur on the African mainland, no increased breeding efforts need to be made at present. All species are non-threatened according to IUCN (2021), only the Lesser Flamingo (*Phoeniconaias minor*) is Near Threatened and thus is an exception. On the contrary, as another example, the Critically Endangered Madagascar Sea Eagle (*Haliaeetus vociferoides*) is in severe need of improved habitat protection measures, as *H. vociferoides* is without sufficient PA protection. For the build-up of a conservation breeding programme, the threatened species could easily replace other eagle species that are non-threatened at all. As Madagascar Sea Eagles lay two eggs of which only one young is finally raised, the second egg or fledgling could be taken from the nest in the field to be reared and build up an ex situ population for later release as was already performed in the past (Watson, 1996).

As new bird species continue to be discovered (e.g. *Mentocrex beankaensis* [2011] [IUCN, 2021]), ornithological field research should be continued as well. Such field research could also be linked with conservation breeding efforts, when ex situ action is necessary (IUCN/SSC, 2014).

However, ex situ measures should always be complementary to, and not a substitute for, in situ efforts and actions (Conde et al., 2011). Only if groups of experts work together, species conservation can be guaranteed in the best way (CPSG, 2021). With this research we intended

Tab. 7a: Recommendations for all threatened bird species of Madagascar. Replacement recommendation according to Leiss et al. (2021). Families Accipitridae, Anatidae, Ardeidae, Bernieridae, Brachypteraciidae, Charadriidae, Glareolidae, Jacanidae, Mesithornithidae and Muscicapidae. Superscript RE = regionally endemic; x= urgent, xx= more urgent, xxx = most urgent.

Family Species and IUCN Status	Establish situ population	ex Increase number of holders	Keep stock at this level	Husbandry experience	replacement recommendation
Accipitridae					
<i>Accipiter henseli</i> (VU)	x				
<i>Circus macrourus</i> (EN) ^{RE}	xx				<i>Buteo magnirostris</i> (LC)
<i>Eurierochichas ussheri</i> (EN)	xx				<i>Buteo magnirostris</i> (LC)
<i>Haliastur vociferoides</i> (CR)	xxx				
Anatidae					
<i>Anas bernieri</i> (EN)			x	Zoo expertise	
<i>Anas molleri</i> (EN)			x	Zoo expertise	
<i>Nettapus insignis</i> (CR)		xx		Zoo expertise	
Ardeidae					
<i>Ardea humbloti</i> (EN) ^{RE}	xx				<i>Acrocephalus fuscus</i> (LC)
<i>Ardeola idae</i> (EN) ^{RE}		xx			<i>Butorides striata</i> (LC)
Bernieridae					
<i>Xanthomixis zosterops</i> (VU)	xx				
Brachypteraciidae					
<i>Brachypteryx leucosticta</i> (VU)	xxx			Zoo expertise for	
<i>Gearhabda seychellarum</i> (VU)	xxx			<i>Uratelornis chimaera</i>	
<i>Uratelornis chimaera</i> (VU)	xxx			(VU)	
Charadriidae					
<i>Charadrius thoracicus</i> (VU)	x				<i>Charadrius hiaticula</i> (LC)
Glareolidae					
<i>Glareola acutirostris</i> (VU)	x				
Jacanidae					
<i>Acrocephalus albicauda</i> (EN)	xx				
Mesithornithidae					
<i>Mesitornis unicolor</i> (VU)	xxx			Zoo expertise for	
<i>Mesitornis variegatus</i> (VU)	xxx			<i>Asturina nitida</i> (LC)	
<i>Monias benschi</i> (VU)	xxx			and <i>Monias benschi</i> (VU)	
Muscicapidae					
<i>Monticola erythronotus</i> (EN)	xx				

Tab. 7b: Recommendations for all threatened bird species of Madagascar. Replacement recommendation according to Leiss et al. (2021). Families Philepittidae, Podicipedidae, Rallidae, Sarrorhuridae, Scolopacidae, Threskiornithidae, Tytonidae and Vangidae. Superscript RE = regionally endemic; xxx = most urgent.

Philepittidae					
<i>Novaeguineas hypoleuca</i> (VU)	xxx				
Podicipedidae					
<i>Tachybaptus dominicanus</i> (LN)	x			Zoo and private expertise	<i>Tachybaptus ruficollis</i> (LC)
Rallidae					
<i>Rallus madagascariensis</i> (VU)	x				<i>Gallinula chloropus</i> (LC)

Tab. 7b: Continued.

Family	Establish situ population	ex situ population	Increase number of holders	Keep stock at this level	Husbandry experience	replacement recommendation
<i>Species and IUCN Status</i>						
<i>Zosterops olivaceus</i> (EN)	xx					<i>Gallinula chloropus</i> (LC)
Sarothruridae						
<i>Sarothrura waandersi</i> (EN)	xx					<i>Gallinula chloropus</i> (LC)
Scolopacidae						
<i>Gallinago macrorhyncha</i> (VU)	g					
Threskiornithidae						
<i>Threskiornis bernieri</i> (EN) ¹⁰		xx				<i>Threskiornis aethiopicus</i> (LC)
Tytonidae						
<i>Tyto sumatrensis</i> (VU)	g					<i>Tyto alba</i> (LC)
Vangidae						
<i>Catocalaenoides rufocarpalis</i> (VU)	xx				Zoo Expertise for	
<i>Eurylaimus prevostii</i> (EN)	xxx					<i>Falculifer palliatus</i> (LC)
<i>Newtonia funereus</i> (VU)	xxx					
<i>Oriolus bernieri</i> (EN)	xxx					
<i>Xenopipostris damii</i> (UN)	xxx					

to provide a basis for improved ex situ conservation breeding measures and expansion of the conservation breeding network for threatened endemic Malagasy birds. This study can be used as a guideline to improve zoo collections and thus ex situ measures in general.

5. Outlook and recommendations

In general, intensive breeding efforts should be made for species that have not yet been successfully bred. Here, focus should be laid on threatened species and those ones that have not been assessed so far but may be evaluated as threatened. A sensible way forward for species conservation is to initially create breeding or conservation centres in Madagascar (Barongi, 2015), similar to the Endangered Primate Rescue Centre in Vietnam (EPRC, 2020) or to Prigen Conservation Breeding Ark in Indonesia (Menner, 2020). Ideally, such conservation breeding programmes could be extended to zoos in other countries to stabilise the conservation breeding programmes and develop an international network. Consideration should be given to including threatened species that are not yet in zoos in strategic and managed conservation breeding programmes. The legal basis for this needs to be established with local authorities. Zoos in Europe and North America should gradually replace non-threatened species with threatened species, for example *Bubulcus ibis* with *Ardeola ideia*. Space should be planned for the addition of further threatened Malagasy species. Further studbooks, as already performed for the three threatened endemic Malagasy bird species in zoo husbandries, need to be established. We recommend to first focus on the threatened species from the endemic bird families and subsequently on the remaining threatened endemic species, giving those ones priority that have a restricted range only, such as the Endangered *Xenopipostris damii* (Tab. 3).

Ex situ activities on local level are always best, but in poor countries there is a lack of money, facilities and knowledge, and therefore a lack of long-term security. Therefore, these countries should receive improved support from western/northern nations. The build up of outside range activities are in particular important as additional support to safeguard species in cases of catastrophic events, disease outbreaks or political unrest (e.g., Jacken et al., 2020). These suggested ex situ measures need to be integrated with suitable in situ measures (tree planting, alternative livelihoods, involvement of local communities in conservation measures, education). Here, zoos

need to create the basis for success through projects with local partners and a voice in politics. Combining several zoos into one project can be advantageous here, as it provides a larger financial basis for the project and thus also a larger reach and perception for local politics. The following zoos are good examples for having been built up cooperation projects in Madagascar: Durrell Wildlife Conservation Trust Center, which protects the forests, teaches sustainable farming, works with law enforcement, protects freshwater turtles and saves the world's rarest duck. DWCC's Project Angonoka has saved the Angonoka tortoise (*Astrochelys yniphora*) from extinction and initiated a local education programme in the Menabe Region. A breeding station for the Bernier's teal has been established in Jersey. AEECL is an association of European zoos and institutes, through whose initiative and funding the Sahamalaza-Iles Radama National Park in Madagascar was established and continues to be maintained. Zurich Zoo contributes US\$ 125,000 annually to the operating costs and sustainability funds of Masoala National Park. In addition, projects for rainforest conservation, reforestation, sustainable agriculture, water supply and hygiene as well as school education for children are supported in surrounding communities.

Zusammenfassung

Wir haben untersucht, für welche bedrohten endemischen madagassischen Vogelarten bereits Zoopopulationen existieren und für welche bedrohten Arten noch keine ex-situ-Erhaltungsmaßnahmen ergriffen wurden. Um einen Überblick über die in Zoos gehaltenen madagassischen Vogelarten zu erhalten, wurden die Anzahl der gehaltenen Individuen, die Anzahl der haltenden Institutionen und die erfolgreiche Reproduktion innerhalb der letzten zwölf Monate analysiert, basierend auf der Datenlage aus der ZIMS-Datenbank (Species360, Bloomington, MN, USA), ergänzt durch Daten aus der Datenbank Zootierliste (ZTL: <https://zootierliste.de/>). Von den 195 madagassischen Vogelarten kommen 142 ausschließlich in der madagassischen Region vor, die Madagaskar und die umliegenden Inseln umfasst. Von diesen 142 Vogelarten sind 117 auf Madagaskar endemisch. Gegenwärtig sind 28 (24 %) der endemischen madagassischen Vogelarten laut IUCN als bedroht eingestuft, von denen zwei vom Aussterben bedroht, 11 stark gefährdet und 15 gefährdet sind. Insgesamt 62 madagassische Vogelarten werden weltweit in Zoos gehalten, von denen nur 23 in der madagassischen Region allein vorkommen und 15 endemisch auf Madagaskar sind. Insgesamt 131 Einrichtungen weltweit hielten mindestens eine der 15 endemischen madagassischen Vogelarten. Drei der fünfzehn gehaltenen endemischen madagassischen Vogelarten sind bedroht, von denen eine in der IUCN die Kategorie „vom Aussterben bedroht“ ist und zwei „stark gefährdet“ sind. Somit sind nach unserer Studie mindestens 25 (89 %) der 28 bedrohten endemischen madagassischen Vogelarten nicht durch ex-situ-Bestände abgedeckt. Insgesamt acht der fünfzehn endemischen madagassischen Vogelarten, die weltweit in Zoos gehalten werden, haben sich laut ZIMS innerhalb der letzten zwölf Monate erfolgreich fortgepflanzt. Drei der acht reproduzierten endemischen madagassischen Vogelarten waren bedroht. Eine Richness-Analyse, die untersucht hat, wie die Zoos, die madagassische Vögel halten, im globalen Maßstab verteilt sind, ergab, dass die derzeitigen Zoobestände bedrohter endemischer madagassischer Vogelarten hauptsächlich in Europa und Nordamerika konzentriert sind. Eine Analyse der Schutzgebietsabdeckung, das heißt ein Vergleich der Verteilung der Schutzgebiete mit den Fundorten endemischer und bedrohter endemischer Arten, zeigte, dass das bestehende Schutzgebietssystem für mehrere bedrohte endemische Arten nicht ausreichend ist. Wir geben Empfehlungen für die Umstellung der Haltung von nicht bedrohten Arten, wie *Bubulcus ibis*, auf bedrohte Arten wie *Ardeola idae*. Arten aus endemischen Familien sollten im Fokus von neuen ex-situ-Haltungen stehen und die

Haltung der vom Aussterben bedrohten Arten sollte begonnen (*Haliaeetus vociferoides*) oder ausgebaut werden (*Aythya innotata*). Für diese Arten liegen Erfahrungswerte, ob nun positiv oder negativ, aus der Vergangenheit vor oder Erfahrungen mit der Haltung von nahe verwandten Arten. Mit dieser Studie legen wir eine Grundlage für verbesserte Ex-situ-Erhaltungszuchtmassnahmen und den Ausbau des Erhaltungszuchtnetzes für bedrohte endemische madagassische Vogelarten vor, was dem von der IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group (CPSG) vorgeschlagenen One Plan Approach entspricht.

References

- Avibase (2021a). Avibase – Bird Checklists of the World Madagascar. Version 2021. <https://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?region=MG>. Downloaded on 22 March 2021
- Avibase (2021b). Avibase – The World Bird Database. 2021-3. <https://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp>. Downloaded on 22 March 2021
- Barungi, R., Fisken, F.A., Parker, M. and Gusset, M. (eds) (2015). Committing to Conservation: The World Zoo and Aquarium Conservation Strategy. Gland: WAZA Executive Office, 2015.
- Barthel, P., et al. (2020). Vogelwarte-Zeitschrift für Vogelkunde. Deutsche Ornithologen-Gesellschaft e. V., Radevormwald
- BirdLife (2020) New research station protects Madagascar forest from the inside out. <https://www.birdlife.org/news/2020/05/26/new-research-station-protects-madagascar-forest-from-the-inside-out/>
- BirdLife (2022). Data Zones of Birds of Madagascar. <http://datazone.birdlife.org/species/results?thrlev1=&thrlev2=&kw=&fam=0&gen=0&spc=&cmn=®=14&ctry=126>
- Briggs, J.C. (2003). The biogeographic and tectonic history of India. *Journal of Biogeography*. 30: 381–388.
- Bristol Zoo (2021). Northern Madagascar - Reconnecting forests, wildlife and people. <https://bristolzoo.org.uk/save-wildlife/conservation-and-research/northern-madagascar-project>. Downloaded on 12 May 2021
- Brown, J.L., Sillero, N., Glaw, F., Bora, P., Vieites, D.R., & Vences, M. (2016). Spatial Biodiversity Patterns of Madagascar's Amphibians and Reptiles. *PLOS ONE*, 11(1), 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144076>
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R., Barnosky, A.D., Garcia, A., Pringle R.M., & Palmer, T.M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*. Vol. 1, 19. 06 2015, No. 5.
- Chamberlain, S., Salmon, M., rOpenSci (<https://ropensci.org/>). (2020). Redlist: 'IUCN' Red List Client. R package version 0.7.0. <https://CRAN.R-project.org/package=rredlist>
- Citizen Conservation (2021). <https://citizen-conservation.org/mission/idee-ziele/>. Downloaded on 29 March 2021
- Cohn, J.P. (1999) Saving the California Condor, *BioScience*, Volume 49, Issue 11, November 1999: 864–868
- Conde, D.A., Flesness, N., Colchero, F., Jones, O.R., & Scheuerlein, A. (2011). An Emerging Role of Zoos to Conserve Biodiversity. *Science* 331, 2011.
- Conde, D.A., Colchero, F., Gusset, M., Pearce-Kelly, P., Byers, O., Flesness, N., Browne, R.K., & Jones, O.R. (2013). Zoos through the Lens of the IUCN Red List: A Global Metapopulation Approach to Support Conservation Breeding Programs. *PLoS ONE* 8
- CPSG (2021). Conservation Planning Specialist Group. The one plan approach to conservation. <https://www.cpsg.org/our-approach/one-plan-approach-conservation>. Downloaded on 27 April 2021
- Crisp, M.D., Laffan, S., Linder, H.P., & Monro, A. (2001). Endemism in the Australian flora. *Journal of Biogeography*, 28(2): 183–198. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00524.x>
- Dewar, R., Dewar, E., & Richard, A.F. (2007). Evolution in the hypervariable environment of Madagascar. *PNAS* 104 (34): 13723–13727.
- Dittrich, L. (2004). Zootierhaltung: Tiere in menschlicher Obhut – Grundlagen. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main: 14f.
- DPZ (2021). Deutsches Primatenzentrum. <https://www.dpz.eu/de/abteilung/verhaltensoekologie-und-soziobiologie/forschungsstationen/madagaskar/biodiversitaet.html>. Downloaded on 26 May 2021
- EPRC (2020). Endangered Primate Rescue Center. <https://www.eprc.asia/our-story>. Version 2020. Downloaded on 29 March 2021
- Freeman, K.L.M., Bollen, A., Solofoniaina, F.J.F., Andriamiarinoro, H., Porton, I., & Birkinshaw, C.R. (2014). The Madagascar Fauna and Flora Group as an example of how a consortium is enabling diverse Plant Bio-systems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology: Official Journal of the Societa Botanica Italiana, 2014.
- Ganzhorn, J.U., Lowry II, P.P., Schatz, G.E., & Sommer, S. (2001). The biodiversity of Madagascar: one of the world's hottest hotspots on its way out. *Oryx*, 35 (4): 1-3.

- Garbutt, N. (2000). Ground-Rollers. Africa-Birds and Birding. Version April/May 2000: 50-57.
- Garbutt, N. (2004). The Vangas of Madagascar. Africa – Birds and Birding. Edition 9 (5): 28-34.
- Garcia, G., Bock, L., Earle, S., Berridge, R., & Copsey, J. (2008). Captive breeding as a tool for the conservation of Malagasy amphibians: How ready are we to respond to the need? In A conservation strategy for the amphibians of Madagascar. Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino, Torino: 321-342
- Goodman, S. and Benstead, J. (2005). Updated estimates of biotic diversity and endemism for Madagascar. *Oryx*, 39 (1): 73-77.
- Grummt, W., & Strehlow, H. (2009). Zootierhaltung – Tiere in menschlicher Obhut: Vögel. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main.
- Harper, G., Steininger, M., Tucker, C., Juhn, D., & Hawkins, F. (2007). Fifty years of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Environmental Conservation*, 34 (4): 325-333.
- Hawkins, F., Safford, R., & Skerrett, A. (2015). Birds of Madagascar and the Indian Ocean Islands. Christopher Helm, London: 18-56.
- Hijmans, R.J., van Etten, J., Sumner, M., Cheng, J., Baston, D., Bevan, A., Bivand, R., Busetto, L., Canty, M., Fasoli, B., Forrest, D., Ghosh, A., Golicher, D., Gray, J., Greenberg, J.A., Hiemstra, P., Hingee, K., Illich, A., Institute for Mathematics Applied Geosciences, Karney, C., Mattiuzzi, M., Mosher, S., Naimi, B., Nowosad, J., Pebesma, E., Perpinan Lamigueiro, O., Racine, E.B., Rowlingson, B., Shortridge, A., Venables, B., & Wueest, R. (2022). Raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.5-21. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>
- Hotaling, S., Foley, M.E.; Lawrence N.M., Bocanegra, J., Blanco, M.B., Rasolofarison, R., Kappeler, P.M., Barrett, M.A., Yoder, A.D. & Weisrock, D.W. (2016). Species discovery and validation in a cryptic radiation of endangered primates: coalescent based species delimitation in Madagascar's mouse lemurs. *Molecular Ecology*
- IUCN (2012). IUCN Red List categories and criteria. Downloaded on 24 March 2022
- IUCN (2019). Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 2019.<https://www.iucnredlist.org/resources/redlistguidelines>. Downloaded on 26 March 2021
- IUCN (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org>. Version 2020-3. Downloaded on 22 March 2021
- IUCN/SSC (2014). Guidelines on the Use of Ex Situ Management for Species Conservation. <https://www.iucn.org/theme/species/publications/guidelines>. Downloaded on 22 March 2021
- Jacken, A., Rödder, D., & Ziegler, T. (2020). Amphibians in zoos: a global approach on distribution patterns of threatened amphibians in zoological collections. *International Zoo Yearbook*, 54 (1):146-164.
- Jung, M., Dahal, P.R, Butchart, S.H.M., Donald, P.F., De Lamo, X., Lesiv, M., Kapos, V., Rondinini, C., & Visconti, P. (2020). A global map of terrestrial habitat types. *Scientific Data*, 7: 256.
- Kent, R.K., Dresch, J., Covell, M.A., Deschamps, H.J., & Southall, A.W. (2021). Madagascar. Encyclopedia Britannica. Version 2021-3. <https://www.britannica.com/place/Madagascar>. Downloaded on 21 May 2021
- Lehmkuhl, J.F. (1984). Determining Size and Dispersion of Minimum Viable Populations for Land Management Planning and Species Conservation. *Environmental Management*, Vol. 8 (2): 167–176.
- Martin, C., Bischof, N., & Eiblmaier, M. (2000). Madagassis. spektrum.de. <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/madagassis/9860>. Downloaded on 21 May 2021
- Menner, J. (2020). Neues aus der Prigen Conservation Breeding Ark. *ZGAP Mitteilungen*, 1/2020: 17–21.
- MFG (2017). Annual Report 2016-2017. https://www.madagascarfaunaflora.org/uploads/2/5/1/9/25198947/mfg_2017_2016-annual-report.pdf. Downloaded on 29 March 2021
- MFG (2019). Annual Report 2019. https://www.madagascarfaunaflora.org/uploads/2/5/1/9/25198947/2019_mfg_annual_report.pdf. Downloaded on 30 March 2021
- MFG (2021). Back to the Wild. <https://www.madagascarfaunaflora.org/black--white-ruffed-lemur-restocking-program.html>. Downloaded on 1 May 2021
- Morelli, T.L., Smith, A.B., Mancini, A.N., Balko, E.A., Borgerson, C., Dolch, R., Farris, Z., Federman, S., Golden, C.D., Holmes, S.M., Irwin, M., Jacobs, R.L., Johnson, S., King, T., Lehman, S.M., Louis Jr, E.E., Murphy, A., Randriahaingo, H.N.T., Randrianarimanana, H.L.L., Ratsimbazafy, J., Razafindratsima, O.H., & Baden, A.L. (2020). The fate of Madagascar's rainforest habitat. *Nat. Clim. Change*, 10: 89–96.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., & Kwant, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858. doi: 10.1038/35002501
- Oksanen, J., Guillaume Blanchet, F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., Eduard Szocs, E., & Wagner, H. (2020). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Scherz, M.D., Hutter, C.R., Rakotoarison, A., Riemann, J.C., Rödel, M.-O., Ndriantsoa, S.H., Glos, J., Roberts, S.H., Crottini, A., Vences, M., & Glaw, F. (2019). Morphological and ecological convergence at the lower size

- limit for vertebrates highlighted by five new miniaturised microhylid frog species from three different Madagascan genera. PLOS ONE, 14 (3), 2019.
- Stapler, B. (2013). Shapefiles: Read and Write ESRI Shapefiles. R package version 0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=shapefiles>
- Species360 (2021). www.Species360.org. Downloaded on 26 March 2021
- Wahle, A., Rödder, D., Chapple, D.G., Meiri, S., Rauhaus, A., & Ziegler, T. (2021): Skinks in Zoos: A global approach on distribution patterns of threatened Scincidae in zoological institutions. Global Ecology and Conservation, 30: e01800
- Watson, R.T., Thomsett, S., O'Daniel, D., & Lewis, R. (1996). Breeding, growth, development and management of the Madagascar Fish-Eagle (*Haliaeetus vociferoides*). Journal of Raptor Research, 30.
- Weber, M. (2008). <https://www.fruchtaubenprojekt.eu/>. Downloaded on 31 March 2021
- WWF Deutschland (2005). Madagaskars Artenvielfalt. Version 2005-4. https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/HG_Madagaskar_Artenvielfalt_April05.pdf. Downloaded on 30 March 2021
- Wyard, A. (2020). <https://www.lemurconservationnetwork.org>. Version 2020-8. <https://www.lemurconservation-network.org/how-zoos-support-wildlife-conservation/>. Downloaded on 2 May 2021
- Yamagishi, S., Honda, M., Eguchi, K., & Thorstrom, R. (2001). Extreme Endemic Radiation of the Malagasy Vangas. Journal of Molecular Evolution. 53, 2001: 39–46.
- Zeleny, D. (2022). Analysis of community ecology data in R. <https://www.davidzeleny.net/anadat-r/doku.php/en:start>. Downloaded on 9 March 2022
- Ziegler, T., Kamphausen, J., Glaw, F., Crottini, A., Garcia, G., Rödder, D., Rauhaus, A., Stenger, L., & Wahle, A. (2022). Threatened Malagasy amphibians and reptiles in zoos – a call for enhanced implementation of the IUCN's One Plan Approach. - Der Zoologische Garten 90(2022): 21-69.
- ZIMS (2021). Species360 Zoological Information Management System. zims.species360.org. Downloaded on 26 March 2021
- Zootierliste (2021). [zootierliste.de](https://www.zootierliste.de/?klasse=1&ordnung=113&familie=11344&art=1100417). <https://www.zootierliste.de/?klasse=1&ordnung=113&familie=11344&art=1100417>. Downloaded on 30 March 2021

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

doi:10.53188/zg007

Zool. Garten N.F. 90 (2022) 151-159

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Chemisches Enrichment bei Gelbbrust-Kapuzinern (*Sapajus xanthosternos*)

Chemical enrichment in buff-headed capuchins (*Sapajus xanthosternos*)

Ann-Kathrin Fiedler & Lisa M. Schulte

Abteilung für Wild-/Zootierbiologie und Systematik, Fachbereich Biowissenschaften, Goethe Universität Frankfurt, Max-von-Laue-Str. 13, D-60438 Frankfurt/Main

Zusammenfassung

Chemische Kommunikation ist die älteste Form der Kommunikation im Tierreich. Bei Gelbbrust-Kapuzinern (*Sapajus xanthosternos*) ist bekannt, dass sie mittels Urin-Waschen mit ihren Artgenossen kommunizieren. In dieser Studie wurde getestet, wie diese Tiere im Zoo auf das Einbringen verschiedener Gerüche in ihr Gehege reagieren. Die Gerüche stammten von Prädatoren, Artgenossen einer fremden Gruppe, Futter (als Positivkontrolle) und einer Kontrolle, bei der kein Geruch eingebracht wurde. Das spezielle Augenmerk der Studie lag auf Änderungen im Geruchs- und Markierverhalten. Hierfür wurde die Schnüffel- und Markierfrequenz pro Stunde sowie die Dauer der Schnüffelereignisse ermittelt. Entgegen unserer Erwartungen hatte keiner der eingebrachten Gerüche einen signifikanten Effekt auf das Schnüffel- oder Markierverhalten der Tiere. Parallel wurden außerdem Daten zu allgemeinen Verhaltensweisen aufgenommen. Hierbei zeigte sich, dass sowohl das Bewegungsverhalten als auch die generelle Präsenz der Tiere im Gehege von den Versuchen signifikant beeinflusst wurden. Bei den Gerüchen von Prädatoren bewegten sich die Tiere am wenigsten und waren am meisten außer Sicht, während sie sich bei Einbringung von Gerüchen von Artgenossen am meisten bewegten und am wenigsten außer Sicht waren. Die Studie zeigt, dass Gelbbrust-Kapuziner dazu imstande sind, auf unterschiedliche olfaktorische Reize zu reagieren, und diskutiert, wie diese Erkenntnisse dazu beitragen könnten, olfaktorisches Enrichment zur Beleicherung des Alltags dieser Tiere zu nutzen.

Schlüsselwörter: Chemische Kommunikation, Markierverhalten, Primaten, Urin-Waschen

*Korresp. Autorin:
E-Mail: Schulte@bio.uni-frankfurt.de (Lisa M. Schulte)

1. Einleitung

Bei der chemischen Kommunikation, der ältesten und am weitesten verbreiteten Kommunikationsform im Tierreich, führen chemische Stoffe von einem Tier zur Reaktion eines anderen (Wilson, 1970). Während intraspezifische Stoffe als Pheromone bezeichnet werden, sind Stoffe, die interspezifisch wirken, als Allelochemikalien definiert. Zu Letzteren gehören u. a. die Kairomone, Stoffe, die beispielsweise von einer prädatorischen Art unbeabsichtigt abgegeben werden und Beutetieren dazu dienen, sich entsprechend vorsichtig zu verhalten (Nordlund & Lewis, 1976). Während chemische Kommunikation in einigen Tiergruppen sehr gut untersucht ist, weiß man bei vielen Primaten (einschließlich des Menschen) noch relativ wenig über die Nutzung von z. B. Pheromonen (Wyatt, 2015). Bei einigen Primaten ist die Rolle von chemischer Kommunikation jedoch bereits relativ gut untersucht (z. B. bei vielen Feuchtnasenaffen, Strepsirrhini; Drea, 2020). Auch bei Gelbbrust-Kapuzinern (*Sapajus xanthosternos*) gibt es einige Hinweise darauf, dass chemische Kommunikation für diese Art von Bedeutung ist.

Gelbbrust-Kapuziner gehören zur Familie der Kapuzinerartigen (Cebidae) und sind mittelgroße Affen (2,3 bis 3,7 kg Körpergewicht; Geissmann, 2003), die endemisch in Brasilien sind (Mittermeier et al., 2013). Sie leben in großen Sozialverbänden, mit meist einer höheren Anzahl Weibchen als Männchen (Grzimek, 1988). Beim Erreichen der Geschlechtsreife verlassen die Männchen, im Gegensatz zu den Weibchen, oft die Gruppe (Redmond, 2010). Die tagaktiven Affen sind die meiste Zeit über mit der Futtersuche beschäftigt (Grzimek, 1988), wobei ihnen ihr gutes Gedächtnis hilft (Fragaszy et al., 2004). Eine auffallende Verhaltensweise bei Kapuzinern ist das Urin-Waschen. Hierbei werden Hände und Füße mit eigenem Urin benetzt, um so den individuellen Geruch in ihrer Umwelt zu verteilen und zu markieren (Souvignet et al., 2019). Das Urin-Waschen dient ebenfalls als Form der Verständigung untereinander, d. h. die Tiere kommunizieren olfaktorisch miteinander (Fragaszy et al., 2004).

Wirbeltiere nehmen Duftmoleküle aus der Umgebung über Riechzellen in der Riehschleimhaut der Nase wahr (Nogge, 2016). Im Urin von Kapuzinern sind chemische Stoffe enthalten, wie Pheromone und Abfallstoffe, die soziale Relevanz haben und Informationen über Geschlecht, Alter und Identität eines Individuums beinhalten (Mittermeier et al., 2013). Werden olfaktorische Informationen in die Umgebung oder auf Artgenossen gebracht (Bradbury & Vehrencamp, 2011), wird dieses Verhalten als Duftmarkieren definiert (Immelmann, 1982). Olfaktorische Kommunikation scheint auch bei der Fortpflanzung eine wichtige Rolle innezuhaben. Paarungsbereite Weibchen riechen nach dem Berühren des Fells von Männchen häufiger an ihren Händen und Männchen erhöhen die Frequenz ihres Urin-Waschens, sobald Weibchen um sie werben (Mittermeier et al., 2013).

Aufgrund der Erkenntnis, dass der Geruchssinn bei *S. xanthosternos* ein wichtiger sensorischer Kanal ist, ist das Ziel der vorliegenden Studie zu testen, ob natürliche chemische Stoffe von Artgenossen und Prädatoren einen Effekt auf das Verhalten der Tiere haben und entsprechend zur Lebensraumbereicherung (chemisches Enrichment) bei im Zoo gehaltenen Gelbbrust-Kapuziner genutzt werden können. Wir stellen die Hypothese auf, dass insbesondere das Schnüffel- und Markierverhalten der Tiere durch die Gerüche positiv beeinflusst werden.

2. Material und Methoden

2.1. Versuchsumfeld und -tiere

Bei dieser Studie handelt es sich um eine mit zwei im Zoo Frankfurt gehaltenen Gelbbrust-Kapuzinergruppen durchgeführte *ex-situ*-Studie. Gruppe 2|2 bestand während der Studie aus

zwei Männchen und zwei Weibchen. Das älteste Männchen (33 Jahre) war gleichzeitig Vater aller anderen Kapuziner der Studie. Die übrigen Kapuziner der Gruppe 2/2 waren zwischen acht und zehn Jahre alt. Gruppe 3/0 bestand aus drei Männchen zwischen 15 und 16 Jahren. Alle sieben in dieser Studie beobachteten Kapuziner wurden in menschlicher Obhut geboren.

Die Gehege bestehen sowohl aus Innen- als auch Außengehegen. Schieberöffnungen ermöglichen es den Tieren frei wählen zu können, in welchem Gehege sie sich aufhalten möchten. Jeden Vormittag werden die Innengehege gereinigt, das jeweilige Gehege ist für die Kapuziner dann unzugänglich. Gegen 12 Uhr bekommen die Tiere frisches Futter in das Innengehege gelegt/verteilt.

2.2. Versuchsaufbau

Eine mit Löchern versehene Kiste (40 cm x 40 cm x 40 cm) aus undurchsichtigem Polyethylen-Kunststoff wurde an den Gitterstäben des äußeren Geheges befestigt und dort über den gesamten Studienzeitraum hängengelassen (Abb. 1). Nach einer mehrtägigen Gewöhnungszeit wurde in die Kiste eine weitere mit Löchern versehene Kunststoffkiste (20 cm x 15 cm x 7 cm) eingebracht, in der sich verschiedene Geruchsquellen befanden.

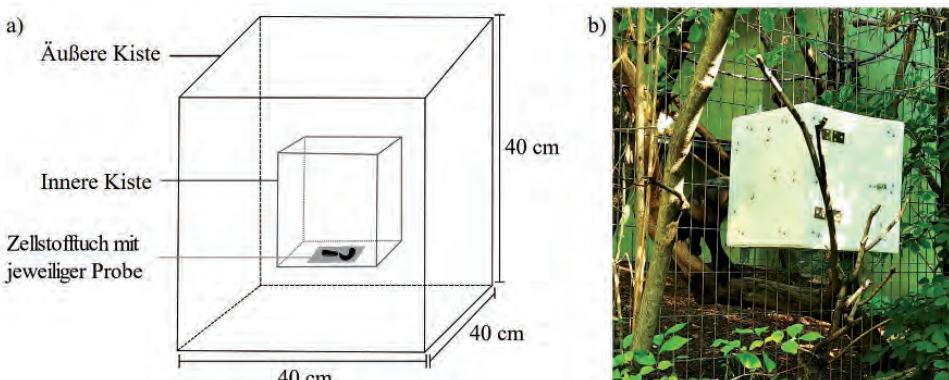


Abb. 1: a) Aufbau und Maße der Kiste; b) Schnüffelereignis an der Kiste; die Schnüffelfrequenz wurde aufgenommen, sobald sich ein Individuum in unmittelbarer Nähe zur Kiste mit den Versuchen befand. Ebenfalls wurde die Dauer des jeweiligen Schnüffelereignisses in Sekunden aufgenommen.

Die verschiedenen Geruchsquellen gelten je als ein Versuch: „Kontrolle“ ohne Inhalt, „Positivkontrolle“ mit 8 g einer geschälten, kleingeschnittenen Banane als Inhalt, „Artgenossen“ mit 8 g Kotproben der jeweils anderen Kapuzinerguppe und „Prädatormix“ mit gemischten Kotproben von einem Jaguar (*Panthera onca*) (4 g) und einem Puma (*Puma concolor*) (4 g). Die Kotproben der Prädatoren wurden vor Beginn der Versuche im Saarbrücker Zoo gesammelt. Bis zu den Versuchstagen, deren Reihenfolge zufällig ermittelt wurde, wurden die Proben bei -20 °C aufbewahrt. 45 Minuten vor Versuchsbeginn wurden sie aufgetaut. Der Versuch begann um 9:30 Uhr und endete um 14:30 Uhr, insgesamt fünf Stunden Beobachtungszeit pro Tag. Zu Beginn des Versuchstages wurde das Wetter (Sonne, Regen, Bewölkungsgrad) aufgenommen. Alle Versuche wurden dreimal wiederholt.

In Bezug auf das Geruchs- und Markierverhalten wurden die Urin-Waschraten und die Interaktionen mit der Kiste in Form von Schnüffelfrequenz und -dauer erfasst (siehe Tabelle 1 für die Definition der Verhaltensweisen). Hierfür wurden die Tiere kontinuierlich beobachtet und die

entsprechenden Verhaltensweisen für alle Tiere im Sichtfeld aufgenommen (Behavioural Sampling). Per Augenblickaufnahme wurde außerdem alle 5 Minuten ein Zensus (Scan Sampling) für die folgenden Verhaltensweisen der Individuen durchgeführt: Futtersuche/Fressen, Bewegung, Ruhen, Soziales, Anderes und Außer Sicht (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Definition der Verhaltensweisen für das Geruchs- und Markierverhalten, sowie für allgemeine Verhaltensweisen.

Verhaltensweisen	Beschreibung
<i>Geruchs- und Markierverhalten</i>	
Urin-Waschen	Hände bzw. Füße werden unter Geschlechtsorgan gebracht und anschließend mit Urin versehen
Schnüffeln	Bei unmittelbarer Nähe eines Individuums zur Kiste, anhand der stärkeren Blähung der Nasenflügel zu erkennen
<i>Allgemeine Verhaltensweisen</i>	
Futtersuche	Suche nach Nahrung, Individuen bewegen sich langsamer und blicken suchend umher und/oder suchen mit ihren Händen den Boden ab
Fressen	Nahrungsaufnahme eines Individuums
Bewegung	Zielsichere Fortbewegung von einem Punkt zum anderen, ohne Ausschau nach Futter zu halten
Ruhen	Sitzen und Liegen mit offen oder geschlossenen Augen
Soziales	Fellpflege (gegenseitiges Massieren des Fells) Spielen (spielerisches Jagen durch das Gehege oder Rangeln ohne aggressive Töne sowie andere spielerische Verhaltensweisen)
Anderes	Ruhen Tiere nebeneinander, wird dies nicht als Soziales vermerkt, sondern als Ruhen Alle Verhaltensweisen, die von den obig definierten abweichen (z.B. Beobachten [von Tieren oder Umgebung], Interaktion mit der Kiste)
Außer Sicht	Aufenthalt im Innengehege, nicht von außen (dem Beobachtungspunkt) einschbar

2.3. Auswertung

Zur Datenauswertung des Geruchs- und Markierverhaltens in den verschiedenen Versuchen wurden generalisierte lineare gemischte Modelle (*Generalised linear mixed models*, GLMMs) mithilfe des Pakets glmmTMB (Magnussen *et al.*, 2017) in R 4.1.2 (R-Core-Team 2021) berechnet. Dabei wurden die gemessenen Geruchs- und Markierverhaltensweisen (Urin-Waschrate, Schnüffelfrequenz und -länge) jeweils als abhängige Variablen (*response variables*) und die verschiedenen Versuche (Kontrolle, Positivkontrolle, Argenossen und Prädatormix) als unabhängige Variablen (*fixed/explanatory variables*) definiert. Es wurde eine Poissonverteilung angenommen und die einzelnen Individuen, die Gruppe, die Wiederholungsanzahl des Versuchs und das Wetter als Zufalls- bzw. Kovariablen (*random effects*) berücksichtigt. Bei einer Überdispersion der Daten (ermittelt mit der Funktion overdisp_fun, Bolker, 2021) wurde eine Anpassung der „observation-level random effects (OLRE“ vorgenommen (Browne *et al.*, 2005). Durch eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) wurde mittels eines Likelihood-ratio-Tests

das gesamte Modell mit Effekten (d. h. den unabhängigen Variablen) gegen ein Modell ohne Effekte berechnet, um so herauszufinden, ob die Versuche einen signifikanten Einfluss auf das Markier- und Schnüffelverhalten der Affen hatten (Winter, 2013). Wenn das Ergebnis der ANOVA signifikant war ($p < 0,05$) wurde ein Tukey-korrigierter-Post-Hoc-Test mit dem Software-Paket multcomp (Hothorn et al., 2008) durchgeführt, um zu ermitteln, welche Versuche einen direkten Einfluss auf die Verhaltensweisen hatten.

Für die allgemeinen Verhaltensweisen wurden die Prozentualwerte des jeweiligen Verhalts über den Beobachtungszeitraum für die verschiedenen Versuche berechnet und verglichen. Die Verhaltensweisen Futtersuche und Fressen wurde hierbei zusammengefasst. Wie für das Geruchs- und Markierverhalten, wurden außerdem die über die Versuche alle fünf Minuten aufgenommenen allgemeinen Datenpunkte mithilfe von GLMMS mit Poissonverteilung verglichen. Die Verhaltensweisen Futtersuche/Fressen, Bewegung, Ruhen, Soziales und Außer Sicht wurden hierbei als abhängige Variablen definiert, alle anderen Variablen sind die gleichen wie oben beschrieben. Für „Anderes“ wurden keine Tests durchgeführt, da diese Verhaltensweisen nicht im Detail spezifiziert wurden.

3. Ergebnisse

3.1. Geruchs- und Markierverhalten

Insgesamt haben die sieben Tiere ($n = 7$) sich nur relativ selten mit Urin gewaschen. Die durchschnittliche Urin-Waschraten pro Stunde betrug $0,3 \pm 0,04$ (Mittelwert [MW] \pm Standardfehler [SF]). Zwischen den Versuchen gab es diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede ($\text{Chi}^2 = 4,95$, $p = 0,176$; Abb. 2). Die Schnüffelfrequenz betrug $0,2 \pm 0,05$ Schnüffelereignisse pro Stunde. Obwohl anhand der ANOVA ein Unterschied in der Schnüffelfrequenz zwischen

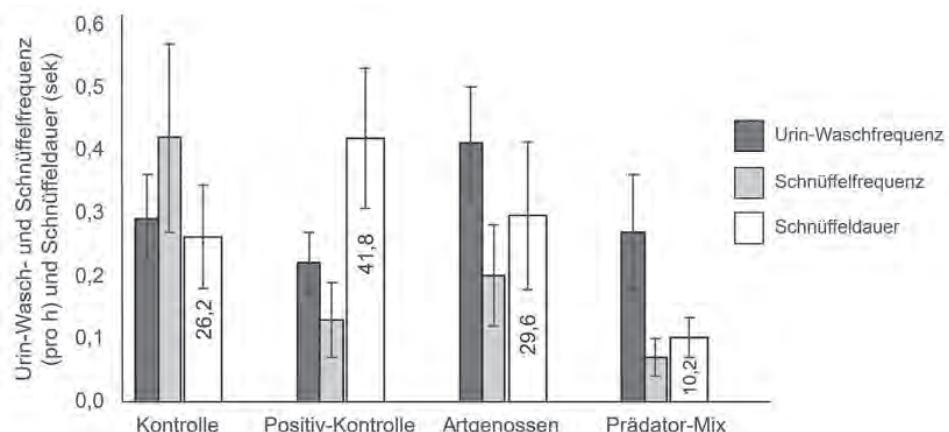


Abb. 2: Urin-Wasch- und Schnüffelfrequenz sowie Schnüffeldauer von *Sapajus xanthosternos* pro Stunde pro Versuch; für Urin-Wasch- und Schnüffelereignis ist die durchschnittliche Frequenz pro Stunde (mit Standardfehlern) angegeben. Die durchschnittliche Dauer der Schnüffelevents ist in Sekunden angegeben (Beschriftung innerhalb der Balken). Die Unterschiede zwischen den Versuchen (Kontrolle, Positivkontrolle, Artgenossen und Prädatormix) waren nicht signifikant.

den Versuchen aufgezeigt werden konnte ($\chi^2 = 11,55$, $p = 0,009$), zeigte sich beim Post-Hoc-Test kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Versuchen (Abb. 2). Die Dauer der insgesamt 36 Schnüffelereignisse variierte stark (zwischen 1 und 129 Sekunden; $26,97 \pm 5,12$). Zwischen den Versuchen gab es jedoch keine signifikanten Unterschiede diesbezüglich ($\chi^2 = 4,83$, $p = 0,185$; Abb. 2).

3.2. Allgemeine Verhaltensweisen

Die allgemeinen Verhaltensweisen wurden während der Versuche alle fünf Minuten aufgenommen. Insgesamt verbrachten die Tiere die meiste Zeit mit Fressen und Futtersuche (27,5 %), gefolgt von Bewegung (19,2 %). Weniger Zeit verbrachten die Kapuziner mit Ruhem (10,0 %), sozialen Verhaltensweisen (5,8 %) und Anderem (4,2 %). Außer Sicht waren die Tiere im Durchschnitt 34,2 % der Zeit. Wenn man die Verhaltensweisen für die einzelnen Versuche getrennt betrachtet, zeigen sich Unterschiede in der Verteilung (s. Abb. 3). Während sich für Futtersuche/Fressen ($\chi^2 = 2,95$, $p = 0,399$) und soziale Aktivitäten ($\chi^2 = 5,72$, $p = 0,126$) keine signifikanten Unterschiede zeigen, konnte anhand der ANOVA ein Unterschied im Ruheverhalten zwischen den Versuchen aufgezeigt werden ($\chi^2 = 8,62$, $p = 0,035$). Beim Post-Hoc-Test zeigt sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Versuchen. Beim Bewegungsverhalten der Kapuziner dagegen zeigen nicht nur die ANOVA ($\chi^2 = 24,49$, $p < 0,001$), sondern auch der Post-Hoc-Test signifikante Unterschiede zwischen den Versuchen. Während der Datenaufnahme mit den Prädatorgerüchen bewegten sich die Tiere sowohl signifikant weniger als während der Kontrolle ($z = -3,86$, $p < 0,001$) als auch während der Versuche mit Kapuzinergerüchen ($z = -4,64$, $p < 0,001$; Abb. 3). Während Letzteren bewegten sich die Tiere am meisten, zwar nicht signifikant mehr im Vergleich zur geruchslosen Kontrolle ($z = -0,80$, $p = 0,853$), aber im Vergleich zur Positivkontrolle ($z = -2,72$, $p = 0,033$). Auch mit Bezug auf ihren Aufenthaltsort („Außer Sicht“) zeigten sich Unterschiede zwischen den Versuchen ($\chi^2 = 15,45$, $p = 0,001$). Wenn Prädatorgerüche präsentiert wurden, verließen

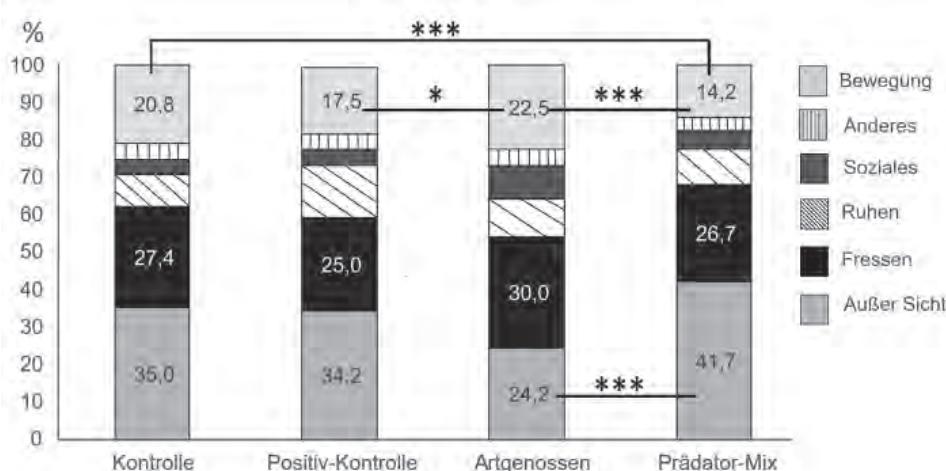


Abb. 3: Die Verhaltensweisen während der Versuche in Prozent; es wurden die Verhaltensweisen Außer Sicht, Fressen/Futtersuche, Ruhem, Soziales, Anderes und Bewegung (von unten nach oben in den Balken angezeigt) aufgenommen. Signifikante Unterschiede der Verhaltensweisen zwischen den Versuchen sind wie folgt gekennzeichnet: $p < 0,001$ '***', $p < 0,01$ '**', $p < 0,05$ *.

die Tiere das Außengehege am häufigsten, bei Gerüchen fremder Artgenossen waren sie am häufigsten präsent (Abb. 3). Im Vergleich zu Kontrolle und Positivkontrolle sind diese Abweichungen zwar nicht signifikant ($p > 0,05$), aber zwischen den beiden Versuchen (Prädator- vs. Artgenossengeruch) war die Frequenz, wie häufig die Tiere außer Sicht waren, signifikant verschieden ($z = 3,92$, $p < 0,001$).

4. Diskussion

In dieser Studie sollte gezeigt werden, ob für Gelbbrust-Kapuziner die Möglichkeit einer Alltagsbereicherung durch chemisches Enrichment besteht. Getestet wurde dies durch natürliche chemische Stoffe von Prädatoren und Artgenossen (Exkreme), Nahrung (Banane) sowie einer Kontrolle, bei der kein Geruch eingebracht wurde. Spezielles Augenmerk der Studie lag auf Änderungen im Geruchs- und Markierverhalten. Entgegen unserer Erwartungen wurden diese Verhaltensweisen nicht von den eingebrachten Gerüchen beeinflusst.

Die durchschnittliche Urin-Waschraten pro Stunde wies keinen signifikanten Unterschied zwischen den Versuchen auf. Dies traf auch auf die durchschnittliche Schnüffelfrequenz und -dauer pro Stunde zu. Die durchschnittliche Urin-Waschfrequenz ähnelt den Werten anderer Studien mit Kapuzinern. Bei einer *in-situ*-Studie von Campos et al. (2007) mit *Cebus capucinus* lag die Urin-Waschfrequenz bei den Männchen bei 0,38 Mal pro Stunde. Bei einer *ex-situ*-Studie von Miller et al. (2008) lag die Urin-Waschraten für Männchen von *Sapajus apella* bei $0,7 \pm 0,09$ (MW±SF) und für Weibchen bei $0,4 \pm 0,06$ (MW±SF).

Das Einfrieren oder Wiederauftauen der verwendeten Exkreme wurde als eventuelle Fehlerquelle ausgeschlossen, da sie eine anerkannte Methode ist (u. a. Sündermann et al., 2008, Henkel & Setchell, 2018). Die Schnüffellänge bei den Versuchen betrug pro Schnüffelereignis im Durchschnitt knapp 30 Sekunden (für die Unterschiede zwischen den Gerüchen s. Abb. 2). Nach Lombard et al. (2018) liegt die Aufmerksamkeitsspanne von Kapuzinern (für die Werkzeugnutzung) zwischen zwei und zehn Sekunden. Dies lässt darauf schließen, dass die Gerüche in der Kiste für die Kapuziner generell von Interesse waren.

Für die allgemeinen Verhaltensweisen gilt, dass die Tiere am häufigsten außer Sicht waren (34,2 %). In dieser Zeit haben sie sich im Innengehege aufgehalten und ein möglicher Einfluss der dort durchgeföhrten (nicht beobachtbaren) Verhaltensweisen auf das Verhalten im Außengehege kann an dieser Stelle nicht ausgeschlossen werden.

Hielten sich die Individuen im einsehbaren Bereich auf, beschäftigten sich die Gelbbrust-Kapuziner des Frankfurter Zoos zu durchschnittlich 27,5 % mit Fressen/Futtersuche. Der Anteil an Bewegung lag durchschnittlich bei 19,2 %, weniger wurden die Verhaltensweisen Ruhen, Soziales und Anderes gezeigt. Bei Studien von Zhang et al. (1979) an *Sapajus apella* und Matthews (2009) an *Cebus albifrons* zeigte sich ebenfalls, dass Futtersuche, Fressen und Bewegung den größten Anteil am Verhaltensbudget haben. Für Bewegung und außer Sicht konnten signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen eingebrachten Gerüchen festgestellt werden. Beim Prädatormix bewegten sich die Kapuziner am wenigsten (14,2 %), was natürlich auch daran liegen kann, dass beim Prädatormix die Kapuziner am häufigsten außer Sicht (41,7 %) waren. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die Tiere, obwohl ihnen die Gerüche von Jaguar und Puma aus eigener Erfahrung unbekannt sein sollten, die Wildkatzengerüche wahrscheinlich als von Prädatoren stammend erkennen können und diese entsprechend meiden bzw. sich vor ihnen verstecken. Bei dem Geruch von Artgenossen bewegten sich die Tiere dagegen am meisten (22,5 %) und waren auch am häufigsten im Gehege zu sehen (außer Sicht: 24,2 %). Im Gegensatz zu den Prädatorgerüchen liegt hier keine potenzielle Meidung vor und die vermehrte Bewegung der Tiere lässt schlussfolgern, dass die Gerüche der Artge-

nossen die Gelbbrust-Kapuziner zur Suche animiert. Im Vergleich zu anderen Arten des Enrichments gibt es nur wenige Studien, die sich mit olfaktorischem Enrichment bei Zootieren befassen (Clark & King, 2008). Bei verschiedenen Echsenarten wurde ein signifikant erhöhtes Erkundungsverhalten festgestellt, wenn Futtergerüche präsentiert wurden (Waterman et al., 2021). Bei Amurleoparden (*Panthera pardus orientalis*) steigerte sich das Erkundungs-, Spiel- und Markierverhalten signifikant, waren sie Tigerurin und Kot von Rehen (*Capreolus capreolus*) ausgesetzt (Yu et al., 2009). Neben dem Erkundungsverhalten können durch chemisches Enrichment auch soziale Verhaltensweisen beeinflusst werden. Aus noch unbekannten Gründen zeigen z. B. Rote Varis (*Varecia rubra*) und Schwarze Brüllaffen (*Alouatta caraya*) signifikant reduzierte soziale Interaktionen, wenn sie ätherische Öle riechen (Vagilo et al., 2021).

Diese Studie kann die Erkenntnis, dass es sich bei *S. xanthosternos* um chemisch beeinflusste Tiere handelt, unterstützen. Gerüche von Artgenossen und Prädatoren beeinflussen das (Bewegungs-)Verhalten der Kapuziner signifikant. Chemisches Enrichment kann demnach eine Bereicherung für den Alltag der Zootiere darstellen.

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt dem Zoo Frankfurt, ohne dessen finanzielle Unterstützung und Hilfe die Durchführung dieser Studie nicht möglich gewesen wäre. Hierbei möchten wir uns insbesondere bei den folgenden Personen bedanken: Sabrina Linn, Johannes Köhler, Thomas Harald, Richard Weigl, Anna Zufall und Tim Viereck. Außerdem möchten wir dem Saarbrücker Zoo und hier ganz besonders Richard Francke für die Zurverfügungstellung der Kotproben von Jaguar und Puma danken.

Abstract

Chemical communication is the oldest form of communication in the animal kingdom. For buff-headed capuchins (*Sapajus xanthosternos*) it is known that they communicate with conspecifics through urine washing. In this study we tested how zoo-kept capuchins react to the introduction of different odours into their enclosures. The odours originated from predators, conspecifics, food (as positive control) and a control, where no odours were introduced. The main interest of the study was to detect changes in the sniffing and marking behaviour of the animals. Therefore, the marking and sniffing frequency per hour as well as the sniffing length were determined. Contrary to our predictions, none of the introduced odours had a significant influence on the marking and sniffing behaviour of the capuchin monkeys. Simultaneously, data on the general behaviour of the animals were collected. Both their moving behaviour as well as their general presence (i.e. visibility in the enclosure) were significantly influenced by the different trials. When the predator odours were presented, the capuchins moved the least and were most often out of view. With odours of the conspecifics on the other hand, the animals moved the most and were out of view the least. This study indicates that buff-headed capuchins are able to react to different chemical stimuli and discusses how these findings could contribute to the use of chemical enrichment in the enclosures of these animals.

Literatur

- Bolker, B. (2021). GLMM FAQ. Retrieved from <http://bbolker.github.io/mixedmodels-misc/glmmFAQ.html>.
- Bradbury, J. & Vehrencamp, V. (2011). Principles of animal communication, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, 2. Auflage.
- Browne, W.J., Subramanian, S.V., Jones, K. & Goldstein, H. (2005). Variance partitioning in multilevel logistic models that exhibit overdispersion. *Journal of the Royal Statistical Society, 168*: 599–613.
- Campos, F., Manson, J. & Perry, S. (2007). Urine washing and sniffing in wild White-faced capuchins (*Cebus capucinus*): testing functional hypotheses. *International Journal of Primatology, 28*: 55–72.
- Clark, F. & King, A. (2008). A Critical Review of Zoo-based olfactory enrichment. Pp. 391–398 in: Hurst J.L., Beynon R.J., Roberts, C. & Wyatt, T.D. (eds): *Chemical Signals in Vertebrates 11*. Springer Science, New York.
- Drea, C. (2020). Design, delivery and perception of condition-dependent chemical signals in strepsirrhine primates: implications for human olfactory communication, *Philosophical Transactions of the Royal Society B, 375*: 20190264.
- Fragaszy, D., Visalberghi, E. & Fedigan, L. (2004). *The complete capuchin – the biology of the genus Cebus*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Geissmann, T. (2003). *Vergleichende Primatologie*. Springer Verlag GmbH Deutschland Berlin, Heidelberg, New York.
- Grzimek, B. (1988). *Grzimeks Enzyklopädie Band 2 – Säugetiere*. Kindler Verlag GmbH, München.
- Henkel, S. & Setchell, J. (2018). Group and kin recognition via olfactory cues in chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Proceedings of the Royal Society, 285*: 20181527.
- Hothorn, T., Bretz, F. & Westfall, P. (2008). Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal, 50*(3): 346–363.
- Immelmann, K. (1982). *Wörterbuch der Verhaltensforschung*. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- Lombard, M., Höglberg, A. & Haidle, M. (2018). Cognition: From capuchin rock pounding to Lomekwian flake production. *Cambridge Archaeological Journal, 29*(2): 201–231.
- Magnusson, A., Skaug, H., Nielsen, A., Berg, C., Kristensen, K., Maechler, M., van Bentham, K., Bolker, B. & Brooks, M. (2017). Generalized linear mixed models using template model builder; <https://cran.r-project.org/web/packages/glmmTMB/glmmTMB.pdf>
- Matthews, L. (2009). Activity patterns, home range size, and intergroup encounters in *Cebus albifrons* support existing models of capuchin socioecology. *International Journal of Primatology, 30*: 709–728.
- Miller, K., Laszlo, K. & Suomi, J. (2008). Why do captive Tufted capuchins (*Cebus apella*) urine wash? *American Journal of Primatology, 70*: 119–126.
- Mittermeier, R., Rylands, A. & Wilson, D. (2013). *Handbook of the mammals of the world. Vol. 3, Primates*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Nogge, G. (2016). *Grundlagen der Zootierhaltung*. Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten, 11. Auflage.
- Nordlund, D. & Lewis, W. (1976). Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. *Journal of Chemical Ecology, 2*: 211–220.
- R-Core-Team, 2021. R: A language and environment for statistical computing. <https://www.r-project.org/>
- Redmond, I. (2010). *Primates of the world – amazing diversity of our closest relatives*. New Holland Publishers, London.
- Souvignet, T., Giorgiadis, M., Drouet, B. & Quintard, B. (2019). EAZA Best Practice Guidelines Capuchin Monkeys (*Sapajus* and *Cebus* sp.). European Association of Zoos and Aquaria.
- Sündermann, D., Scheumann, M. & Zimmermann, E. (2008). Olfactory predator recognition in predator-naïve Gray mouse lemurs (*Microcebus murinus*). *Journal of Comparative Psychology, 122*(2): 146–155.
- Vagilo, S., Kaburu, S., Pearce, R., Bryant, L., McAuley, A., Lott, A., Sheppard, D., Smith, S., Tompkins, B., Elwell, E., Fontani, S., Young, C., Marliani, G. & Corsci, P. (2021). Effects of scent enrichment on behavioral and physiological indicators of stress in zoo primates. *American Journal of Primatology, 2021*: e23247.
- Waterman, J., McNally, R., Harrold, D., Cook, M., Garcia, G., Fidgett, A. & Holmes, L. (2021). Evaluating environmental enrichment methods in three zoo-housed Varanidae lizard species. *Journal of Zoological and Botanical Gardens, 2*: 716–727.
- Wilson, E.O., 1970. Chemical communication within animal species. Pp. 133–155 in: Sondheimer, E., Simeone, J.B. (eds): *Chemical Ecology*. Academic Press, New York.
- Winter, B. (2013). Linear models and linear mixed effects models in R with linguistic applications. *rXiv:1308.5499*.
- Wyatt, T. (2015). The search for human pheromones: the lost decades and the necessity of returning to first principles. *Proceedings of the Royal Society B, 282*: 20142994.
- Yu, S., Jiang, Z., Zhu, H., Li, C., Zhang, E., Zhang, J. & Harrington, C. (2009). Effects of odors on behaviours of captive Amur leopards *Panthera pardus orientalis*. *Current Zoology 55*: 20–27.
- Zhang, S. (1995). Activity and ranging patterns in relation to fruit utilization by Brown capuchins (*Cebus apella*) in French Guiana, *International Journal of Primatology, 16*: 489–507.

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

doi:10.53188/zg008

Zool. Garten N.F. 90 (2022) 161-182

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Beobachtungen zur Aktivitätsverteilung und zum Ruheverhalten der afrikanischen Nashörner, *Diceros bicornis* (Linné, 1758) und *Ceratotherium simum* (Burchell, 1817), des Zürcher Zoos

Überarbeitete Fassung des nicht veröffentlichten Abschlussberichts vom 31.12.1970

**Observations on the activity distribution and resting behaviour of
African rhinos *Diceros bicornis* (LINNÉ, 1758) and *Ceratotherium
simum* (BURCHELL, 1817) at Zurich Zoo**

Revised version of the unpublished final report of 31.12.1970

Peter Dollinger

Zoo Office Bern, Buschweg 18, CH-3097 Liebefeld-Bern

Zusammenfassung

Es wurden 1,1 *Ceratotherium simum simum* und 0,2 *Diceros bicornis michaeli* des Zürcher Zoos während jeweils fünf Tagen und fünf Nächten hinsichtlich der Aktivitätsverteilung und des Schlafverhaltens beobachtet, wobei die Nachtbeobachtungen mit Hilfe eines Infrarot-Nachtsichtgeräts durchgeführt wurden.

Es werden einige qualitative Verhaltensbeobachtungen kurz beschrieben und mit Foto-material belegt. Die quantitativen Erhebungen ergaben einen sehr hohen, für die beiden Arten unterschiedlichen Anteil des Ruheverhaltens am Aktogramm (Breitmaulnashorn 64 %, Spitzmaulnashorn 52 %), das Vorhandensein einer biphasischen Aktivitätskurve bei beiden Arten mit Höhepunkten der Aktivität von 8-11 und von 14-17 Uhr, die Unterteilung der Ruhephasen in Intervalle von selten mehr als drei Stunden, ein regelmäßiges Alternieren von Links- und Rechtslage sowie bei allen Tieren eine Bevorzugung bestimmter Schlafstellen. Einige Beobachtungen weisen auf das Auftreten des paradoxen Schlafs bei den Nashörnern hin.

*Korresp. Autor:

E-Mail: zoo_office@bluewin.ch (Peter Dollinger)

1. Epilog

Es ist eher ungewöhnlich, dass eine wissenschaftliche Arbeit erst ein halbes Jahrhundert nach ihrer Fertigstellung veröffentlicht wird. Dass dies hier der Fall ist, hat folgende Bewandtnis: Die Arbeit wurde im Auftrag von Prof. Heini Hediger während der Doktorandenzeit des Verfassers durchgeführt. Unmittelbar nach ihrem Abschluss im Dezember 1970 hatte dieser seine ganze Energie auf die Fertigstellung seiner Dissertation «Tod durch Verhalten bei Zootieren» und auf die vertiefte Einarbeitung in das im damaligen tiermedizinischen Studiengang eher vernachlässigte Fachgebiet der Parasitologie zu konzentrieren, weil er ab Januar 1971 die Stelle des Leiters des Diagnostiklabors des Instituts für Parasitologie der Universität Zürich zu bekleiden hatte. Als Folge davon und seiner späteren beruflichen Tätigkeit, bei der andere Teilgebiete der Tiermedizin sowie Aspekte des Artenschutzes im Fokus standen, verschwand die Arbeit in einer Ablage und wurde erst im Januar 2022 in Zusammenhang mit der Vorbereitung eines Interviews über Heini Hediger wieder zur Hand genommen. Eine Internetrecherche und Rückfragen bei Kollegen ergaben, dass seit damals fast nichts über das Thema veröffentlicht worden war. Nebst Freilandbeobachtungen z. B. am Spitzmaul- (Santymire et al., 2012) bzw. Breitmaulnashorn (Tichagwa et al., 2020) ergab die Recherche lediglich je eine ähnliche Arbeit über Breitmaulnashörner im Whipsnade Zoo (O'Connor, 1986), Panzernashörner im Tiergarten Schönbrunn (Dengg, 2010) und Spitzmaulnashörner in mehreren Zoos (Dieckhöfer et al., 2006), die sich allerdings hinsichtlich Fragestellung und Methodik von der vorliegenden Arbeit unterschieden. Die konsultierten Kollegen waren daher der Ansicht, dass die seinerzeitigen Beobachtungen nach wie vor von Interesse seien und mit einigen Ergänzungen veröffentlicht werden sollten. Ein weiterer Grund, der eine Veröffentlichung rechtfertigt, besteht darin, dass die Nashornhaltung in Zürich völlig umgekrempelt wurde. Die Spitzmaulnashörner wurden aufgegeben, die Breitmaulnashörner leben jetzt in einer größeren Gruppe auf der grasbestandenen «Lewa-Savanne», und es wäre interessant zu vergleichen, inwieweit diese der Art mehr entsprechende Haltungsform zu Verhaltensänderungen geführt hat.

Alle Fotos und Zeichnungen stammen vom Verfasser.

2. Material und Methoden

Die damaligen Arbeitsmethoden muten steinzeitlich an: Es gab weder Computer für den allgemeinen Gebrauch, dementsprechend auch keine Programme zur Erfassung, Berechnung oder grafischen Darstellung von Daten, noch Wildkameras. Bei Kleintieren konnten Aktogramme zwar mit Hilfe mechanischer Einrichtungen hergestellt werden, bei Großsäugern versagten diese Methoden, zumindest unter Feld- und Tiergartenverhältnissen. Man war hier auf die zeitraubende direkte Tierbeobachtung angewiesen.

Durch die Entwicklung von Nachtsichtgeräten auf Infrarotbasis – praktikable, mit Mikrokanalplatten funktionierende Restlichtverstärker wurden erst später verfügbar - wurden wir in die glückliche Lage versetzt, auch Zoo- und Wildtiere nachts beobachten zu können, ohne dass die Resultate durch starke Störfaktoren, wie sie künstliche Lichtquellen darstellen, beeinträchtigt wurden.

Der Tierpsychologischen Abteilung der Universität am Zoologischen Garten Zürich wurde 1969 von der Firma Albiswerk AG in Zürich großzügigerweise ein solches Gerät geschenkt. Der primär für Armee- und Grenzschatzzwecke konzipierte Apparat bestand aus einem optischen Teil mit batteriegespeister Bildwandlerröhre, Linsenobjektiv und um ± 5 Dioptrien verstellbarer Lupe, ferner aus einem Strahler mit 30-Watt-Lampe und Infrarotfilter. Die Lampe erhielt ihre Energie von einer Nickel-Cadmium-Batterie. Der Optik konnte ein Gummischutzdeckel aufgestülpt werden, welcher mittels einer Lochblende die einfallende Lichtmenge reduziert. Seine

Verwendung erwies sich in dem stark reflektierenden Nashornhaus (Sichtbetonkonstruktion) als unbedingt erforderlich, da der Benutzer des Gerätes sonst stark geblendet wurde.

Das IR-Gerät hatte für ca. mannsgroße Objekte eine Reichweite bis zu 200 m, die Gesamtvergrößerung der Optik war 2,1-fach. Das für damalige Verhältnisse geringe Gewicht (6,15 kg mit Batterie) machte den Apparat auch für Feldbeobachtungen geeignet.

Erste Versuche ergaben, dass der brennende Scheinwerfer des Geräts, der dem Menschen als schwach mattrot leuchtende, nicht blendende Scheibe erschien, auch von vielen Tieren beachtet wurde und z. B. bei Axishirschen zu Schreckreaktionen führte; doch erfolgte sehr rasch eine Gewöhnung.

Um die Nashörner nachts zu beobachten, setzte sich der Verfasser jeweils eine Stunde vor Beginn der protokollierten Beobachtungszeit auf den im Besuchergang gelegenen Posten und gewöhnte die Tiere an das Nachtsichtgerät und die zur Protokollierung verwendete, durch Rot- und Grünfilter doppelt abgeblendete Taschenlampe, deren Verwendung sich als weniger störend erwies, als die eines ein- und auszuschaltenden und zu besprechenden Tonbandgeräts.

Bei den ersten Versuchen dauerte es etwa 25 Minuten, bis die Tiere die Störquellen nicht mehr beachteten. Später reagierten zwei der Nashörner («Faru» und «Abu») praktisch gar nicht mehr, die beiden anderen verhielten sich nach 5-10 Minuten wieder so, wie wenn kein Beobachter anwesend wäre.

Die Beobachtungen fanden von November 1969 bis August 1970 statt. Beobachtet wurde ununterbrochen von 08:00 bis 19:00 Uhr, jeweils mit einer kurzen Ablösung über Mittag durch eine andere Person, und nachts (in der Regel ein Tag später) von 18:00 bis 08:00 Uhr mit Protokollbeginn um 19:00 Uhr. Der Beobachtungsposten befand sich stets in dem für Besucher zugänglichen Areal, um die Tiere nicht zu verwirren. Die Anwesenheit des Beobachters hatte somit tagsüber ganz sicher keinen Einfluss auf das Verhalten der Tiere. Nachts reagierten die Breitmaulnashörner und eines der Spitzmaulnashörner gelegentlich durch sich Erheben auf Bewegungen, die IR-Bestrahlung oder auch auf nur die bloße Anwesenheit des Beobachters. Da dies nur selten vorkam und sich die Tiere jeweils nach wenigen Minuten wieder niederlegten, wurden die Zahlenwerte dadurch nur geringfügig beeinträchtigt. Es konnten jeweils zwei Tiere gleichzeitig beobachtet werden. Die Resultate wurden in chiffrierter Form notiert. Als kleinsten protokollierten Einheit wurden 15 Sekunden gewählt. Kürzer dauernde Aktivitäten wurden vernachlässigt, die übrigen jeweils auf 15 Sekunden genau auf- oder abgerundet. Insgesamt wurden auf die Nashornbeobachtung über 250 Stunden verwendet, wovon 240 protokolliert und somit einer zahlenmäßigen Erfassung zugänglich gemacht wurden.

Die Beobachtungen wurden an folgenden Tagen und Nächten durchgeführt:

Breitmaulnashörner	08-19 h	20.11.1969 04.12.1969 18.12.1969 21.05.1970 15.06.1970	19-08 h	21./22.11.1969 09./10.12.1969 19./20.12.1969 22./23.05.1970 16./17.06.1970
Spitzmaulnashörner	08-19 h	12.03.1970 09.04.1970 18.06.1970 02.07.1970 20.08.1970	19-08 h	13./14.03.1970 10./11.04.1970 19./20.06.1970 03./04.07.1970 21./22.08.1970

2.1. Tiermaterial

Im Zürcher Zoo wurden während des Beobachtungszeitraums fünf afrikanische Nashörner gehalten. Eines davon verbrachte die Nächte in einer schlecht einsehbaren Reservebox. Es standen somit für die quantitativen Untersuchungen folgende Tiere zur Verfügung:

Südliches Breitmaulnashorn (*Ceratotherium simum simum*, Burchell 1817)

Bulle «Abu», geboren ca. 1961 im Umfolozi-Wildschutzgebiet (heute Teil des Hluhluwe-iMfolozi-Parks), importiert am 24.04.1969

Kuh «Toto», geboren ca. 1961 im Umfolozi-Wildschutzgebiet, importiert am 24.04.1969

Ostafrikanisches Spitzmaulnashorn (*Diceros bicornis michaeli*, Zukowsky, 1965)

Kuh «Faru», geboren ca. 1948 in Kenia, importiert am 25.09.1949

Kuh «Susi», geboren ca. 1962 in Tansania, importiert am 30.05.1965

Die Spitzmaulnashornkuh «Susi» war während des beobachteten Zeitraums zum ersten Mal trächtig und warf am 27.08.1970 ein weibliches Kalb.

Alle Tiere verbrachten die Nächte in 35 m² großen Einzelboxen des Afrikahauses (heute Australienhaus), wobei akustischer und, wenn sie sich darum bemühen, auch optischer Kontakt zwischen den Tieren derselben Art möglich war. Die Boxen waren gegen den Besuchergang durch einen zwei Meter breiten Graben abgetrennt und von oben durch zwei große Oberlichtkuppeln erhellt (Schmidt, 1967). Freifliegend im Haus lebte eine Kolonie Kuhreiher (*Bubulcus ibis*). Tagsüber standen den Tieren drei teilweise kombinierbare, gitterlose Außengehege mit einer Gesamtfläche von 1.150 m² zur Verfügung.

2.2. Verhaltenskategorien

Das Verhalten der Nashörner im Zoo kann – in Anlehnung an das «System der Gebrauchs-handlungen» nach Tembrock (1968) – etwa in folgende Kategorien eingeteilt werden, die in dieser Arbeit genau beschrieben und definiert werden:

Allgemeine Lokomotion (Gehen und Stehen)

Exploration

Individuelles Spiel (mit Gegenständen)

Stoffwechselverhalten

Nahrungsaufnahme

Wasseraufnahme

Miktion und Defäkation

Komfortverhalten

Sozialverhalten

Sexualverhalten

Interspezifisches Verhalten

Ruheverhalten

Natürlich ist die Kategorisierung von Verhaltensweisen immer etwas künstlich, denn unter Umständen kann ein Verhalten mehrere Funktionen erfüllen. Das Suhlen wildlebender Breitmaulnashörner (*C. s. cottoni*) dient z. B. nicht nur der Hautpflege, sondern ist gleichzeitig auch Ruheverhalten (Backhaus, 1964). Die Kot- und Harnabgabe des Spitzmaulnashorns dient nicht nur dem Stoffwechsel, sondern hat auch noch eine Markierfunktion (Schenkel, 1966). Ferner können mehrere Aktivitäten gleichzeitig betrieben werden, so kann ein Tier etwa während des Gehens fressen oder während des Fressens Kot absetzen.

In der vorliegenden Arbeit wurde in solchen Fällen stets die «Allgemeine Lokomotion» vernachlässigt und die seltenen Aktivitäten, wie Miktion, Defäkation, Masturbation etc. gegenüber dem häufigen Fressen bevorzugt. Dadurch dass als kleinste protokolierte Zeiteinheit

15 Sekunden verwendet wurden, kamen einzelne Tätigkeiten etwas zu kurz. Dies betrifft in erster Linie das Explorationsverhalten, da die Tiere oft nur sehr kurz sicherten, sowie das interspezifische Verhalten, das sich in raschen Drohbewegungen gegen die Kuhreicher erschöpfte.

3. Resultate

3.1. Allgemeine Lokomotion

Hierzu wurde das Herumstehen und -gehen gerechnet, sofern es nicht von einer besonderen Affekt- oder Sozialkomponente begleitet war. Das «Ruhestehen» wurde nur dann dem Ruheverhalten zugeordnet, wenn eine spezifische Ruhehaltung (Aufstützen des Kopfes) eingenommen wurde.

3.2. Exploration

An explorativen Verhaltensweisen konnten die folgenden festgestellt werden: Briechen von Kot-, seltener von Harnstellen (wurde in der Regel vor der Defäkation, gelegentlich vor der Miktion ausgeführt), Briechen des Bodens an Stellen, wo sich zuvor ein anderes Nashorn befunden hatte, Beobachten von Vorfällen außerhalb des Geheges (ungewöhnliches Verhalten von Tierpflegern, Vorbeifahren des Zoobähnchens). Im Anschluss an das Briechen von Kotplätzen wurde häufig geflehmt, wobei bisweilen die Zunge im Halbkreis herausgestreckt wurde.

3.3. Individuelles Spiel

Gespielt wurde gelegentlich mit Heubüscheln, die hochgeworfen oder umhergeschoben wurden, oder mit an den Wänden befestigten Baumstämmen, bei welchen sich eine der Fixationsschrauben gelockert hatte. Bei der alten Kuh «Faru» konnte kein Spielen beobachtet werden.

3.4. Stoffwechselverhalten

a. Nahrungsaufnahme

Gefüttert wurde zweimal täglich (Heu, Gras, Brot, Karotten, pelletiertes Kraftfutter); zwischendurch wurden im Sommer Äste gereicht. Wenn sich die Tiere gegenseitig jagten oder bekämpften, wurden sie vom Tierfleger durch Futtergaben (Heu oder Äste) abgelenkt. Ebenfalls dem Fressverhalten zugerechnet wurden die von einer Studentin durchgeführten Versuche über das Sehvermögen der Spitzmaulnashörner (Fasnacht, 1974), da diese auf einer Futterdressur beruhten und das dabei verwendete Futter von der normalen Ration abgezweigt wurde.

Koprophagie kam mit einiger Regelmäßigkeit bei allen Tieren vor.

b. Wasseraufnahme

Wenn sich die Tiere in den Innenboxen aufhielten, wurde einmal täglich (morgens) getränkt. In den Außengehegen suchten die Nashörner die Tränken drei- bis sechsmal pro Tag auf.

c. Miktion und Defäkation

Zum Koten und Harnen wurde auch das als Markieren aufzufassende Spritz- oder Sprühharren gezählt.

Beim Harnen wurde der Schwanz kreisförmig nach oben gerollt.

Bei mitunter auftretenden Defäkationsschwierigkeiten wurden langwierige Intentionen zur Kotabgabe beobachtet. Oft wurden minutenlang abwechselnd mit den beiden Hinterbeinen Scharrbewegungen ausgeführt. Wenn sich der Kot nicht absetzen ließ, erfolgte nach längerem Scharren gelegentlich Spritzharnen. In Intervallen von einigen Minuten wurden dann die Kotabsatzpräliminarien wieder aufgenommen.

Breit- und Spitzmaulnashörner benutzten feste Kotplätze und auch der Harn wurde an festen Plätzen abgegeben. Die Kotplätze in den Außengehegen wurden gemeinsam benutzt.

3.5. Komfortverhalten

An den zu diesem Zweck an den Wänden der Boxen und in den Gehegen angebrachten Baumstämmen pflegten sich die Nashörner regelmäßig zu schrubben und ihre Hörner zu schaben. Wenn die Tiere die Box verlassen wollten, schabten sie gelegentlich an der Tür, doch konnte man bei keinem der Tiere von einer Stereotypie sprechen.

Obwohl in allen Außengehegen Badebecken zur Verfügung standen, sah man die Nashörner nie stundenlang darin liegen. An den protokollierten Beobachtungstagen wurde überhaupt nicht gebadet. Dagegen ließen sich die Spitzmaulnashörner (je einmal) sehr gerne mit lauwarmem Wasser abduschen, wobei sie sich auf dem mit Sand bestreuten Stallboden wälzten.

3.6. Sozialverhalten

Solange sich die Tiere in den Boxen befanden, beschränkte sich das Sozialverhalten auf Kontaktstehen (Kopf an Kopf) und spielerische Scheingefechte mit den über die trennende Zwischenwand in den Graben hinausragenden Köpfen. Im Außengehege konnten bei den Breitmaulnashörnern Auseinandersetzungen um den Futterplatz beobachtet werden, bei welchen der Bulle dominierte, ferner Kontaktstehen und verschiedene Spielformen: Seitwärtsdrücken, Scheingefechte mit den Hörnern [Abb. 1], Jagdspiele und King o'the Castle [Abb. 2].

3.7. Sexualverhalten

Beim Breitmaulnashornbullen konnte wiederholt Masturbation beobachtet werden. Der Penis wurde ausgeschachtet, erigiert [Abb. 3] und wiederholt gegen den Bauch geschlagen. In Momenten großer Erregung wurden die Extremitäten versammelt, der Rücken kyphotisch eingekrümmt, der Penis einige Zeit gegen die Bauchwand gepresst und sehr stark und hörbar geatmet. Nur in einem einzigen Fall erfolgte die Ejakulation einiger weniger Milliliter Samenflüssigkeit.

3.8. Interspezifisches Verhalten

Die frei im Haus lebenden Kuhreiher setzten sich oft auf die Nashörner [Abb. 4]. Da der linke (südliche) Trakt des Hauses stärker beflogen wurde, waren sie viel öfter auf den Spitzmaulnashörnern anzutreffen als auf den Breitmaulnashörnern. Die Nashörner verhielten sich in der Regel den Vögeln gegenüber tolerant, gelegentlich erfolgten aber auch Drohbewegungen mit dem Kopf oder einem Vorderfuß, die allerdings wegen ihrer geringen zeitlichen Dauer nicht protokolliert wurden.



Abb. 1: Kampfspiel der Breitmaulnashörner.

Fig. 1: Playful fighting in the white rhinos.



Abb. 2: Die Breitmaulnashörner spielen «King o'the Castle».

Fig. 2: The white rhinos play «King o' the Castle».



Abb. 3: Masturbation beim Breitmaulnashornbullen «Abu». Der erigierte Penis wird gegen die Bauchwand geschlagen.

Fig. 3: Masturbation in the white rhino bull «Abu». The erected penis is slammed against the abdomen.



Abb. 4: Die Kuhreiher bleiben oft auch dann noch auf den Nashörnern sitzen, wenn diese umhergehen.

Fig. 4: The cattle egrets often stay on top of the rhinos even when they are walking around.

3.9. Ruheverhalten

Zum Ruheverhalten zählen die folgenden Zustände der (äußerlichen) Inaktivität: Die **Rast**, d. h. das Ausruhen bei vollem Wachsein, das **Dösen**, eine Art Halbschlaf mit Erschlaffen der Muskulatur und reduzierter Perzeption von Außenreizen, und der eigentliche **Schlaf** (Hediger, 1961; Hassenberg, 1965). Dazu kommen noch die Präliminarien des sich **Niederlegens** und die zum «Räkelsyndrom» gehörenden Verhaltensweisen des **Gähnens** und sich **Streckens**.

a. Das Ruhestehen

Normalerweise liegen die Nashörner, um zu Ruhen. Gelegentlich rasten oder dösen sie aber auch im Stehen. Dies ist häufig während kurzer Zeit als Einleitung zum Niederlegen zu beobachten; oft, weil das Tier sich unsicher fühlt (subjektive oder objektive Bedrohung durch Artgenossen oder die Anwesenheit des Beobachters). Der Kopf wird dabei gesenkt und gelegentlich aufgestützt. Diese Form der Ruhe wurde häufig vom Spitzmaulnashornbulle im Außengehege ausgeübt. Er stieg ins halb- oder ganzleere Bad hinein und stützte den Kopf auf den Beckenrand [Abb. 5].



Abb. 5: Ruhestehen mit aufgestütztem Kopf beim Spitzmaulnashornbulle «Billy» im leeren Badbecken des Außengeheges.

Fig. 5: Black rhino bull «Billy» resting upright with his head propped up in the empty bathing pool of the outdoor enclosure.

b. Das Niederlegen

Das Niederlegen erfolgte entweder nach vorangegangenem Ruhestehen oder unvermittelt aus einer anderen Aktivität heraus. Wenn die Tiere zuvor gefressen hatten, was sehr oft der Fall war, schmatzten sie laut, bevor sie ablagen.

Im Gegensatz zu den Equiden, die zuerst in der Vorderhand niedergehen, legen sich die Rhinocerotiden, wie auch die Tapiriden (Hassenberg, 1965), zuerst hinten nieder. Die Nashörner bringen dabei durch Hin- und Herpendeln des Kopfes den ganzen Körper ins Schwingen. Abgestimmt auf dieses Schwingen wird die eine Hinterextremität adduziert und unter der Körperachse abgestellt. Mit dem Zurückpendeln des Körpers lässt sich das Nashorn auf den Oberschenkel des adduierten Beines gleiten. Es sitzt einen Moment lang, dann werden die Vorderextremitäten nach vorn weggestreckt, und das Tier befindet sich in Brustlage (Abb. 6).

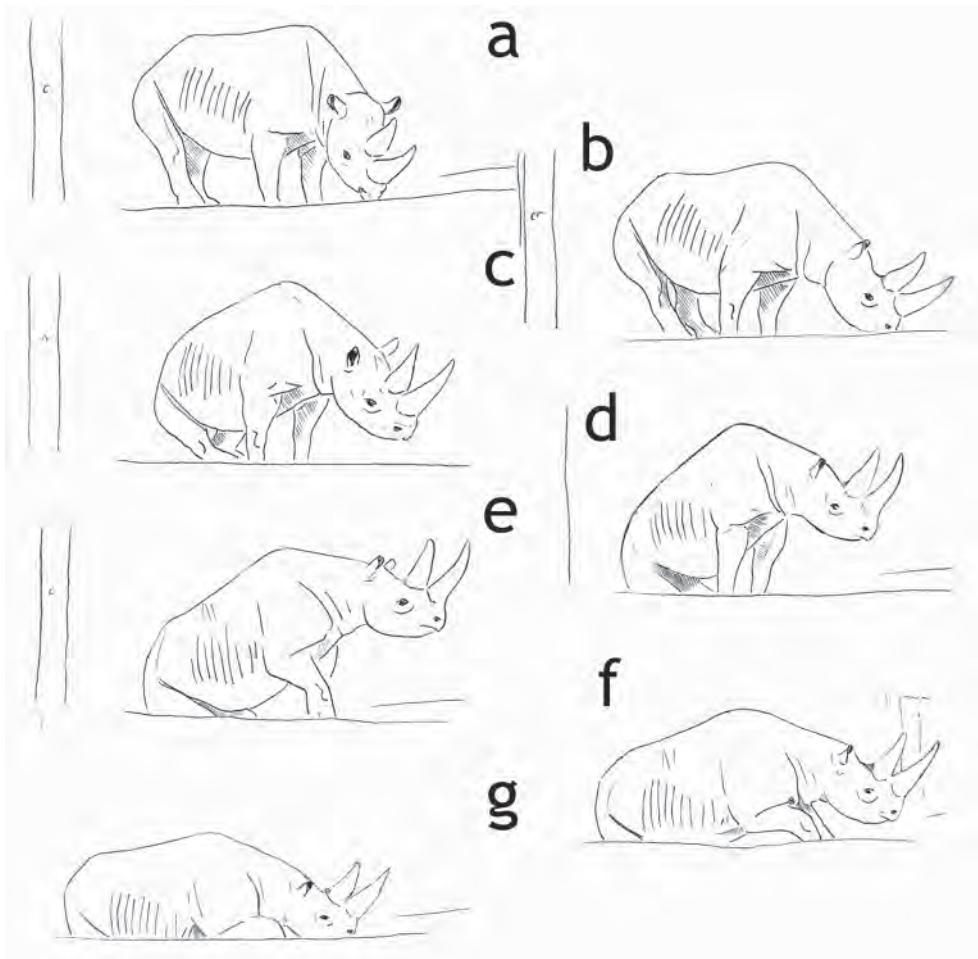


Abb. 6: Sich Niederlegen bei der Spitzmaulnashornkuh «Faru» nach einer Fotoserie.

Fig. 6: Laying down of the black rhino cow «Faru» after a photo series.

c. Die Ruhestellungen

Die von Hassenberg (1965) beschriebene Sitzhaltung konnte bei den Zürcher Tieren nur als Phase des Abliegens (Abb. 6d), nicht aber als permanente Ruhestellung beobachtet werden.

Nachdem sich das Tier abgelegt hat, werden die Vorderextremitäten flexiert und am Rumpf versammelt. Diese Beinhaltung führt zur sogenannten Kauerlage (Hassenberg, 1965), die allerdings insofern nicht ganz rein ist, als stets ein Hinterbein quer unter dem Bauch liegt, was sich auch auf die Haltung der gleichseitigen Vorderextremität auswirkt (Abb. 7). Das Tier liegt daher immer etwas seitlich, wobei der Kopf über das quergestellte, untere Vorderbein gelegt



Abb. 7: Kauerlage beim Breitmaulnashorn.

Fig. 7: Crouching position in a white rhino.

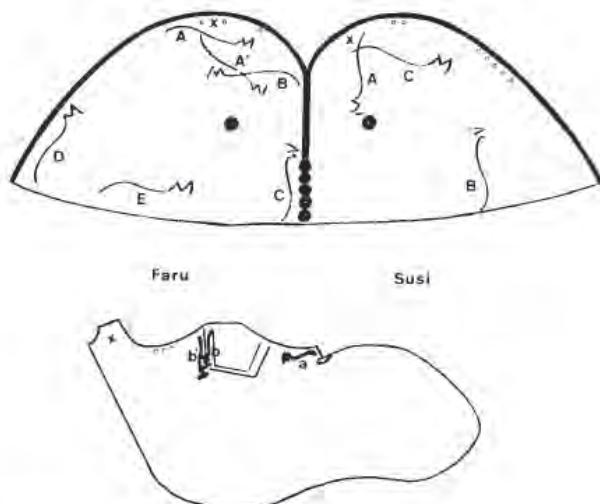


Abb. 8: Bauch-Seitenlage beim Breitmaulnashornbullen «Abu».

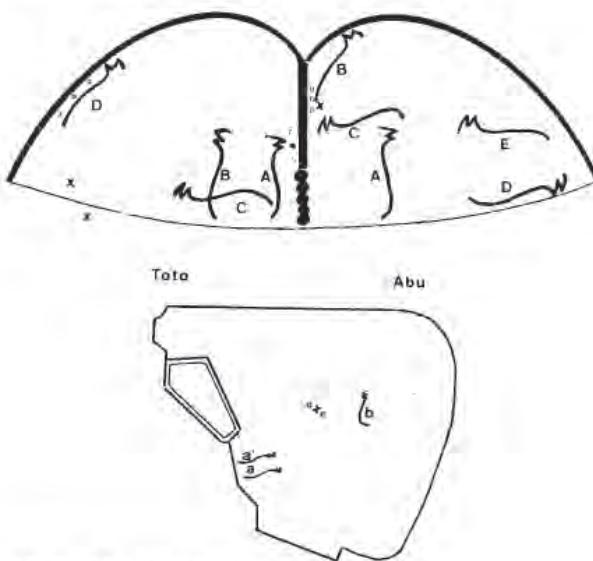
Fig. 8: Ventro-lateral position in the white rhino bull «Abu».

wird (Abb. 8). Die andere Vorderextremität wird entweder vollkommen abgebeugt und an den Rumpf gelegt, oder aber die Beugung erfolgt nur bis zu einem rechten Winkel, wobei der Fuß auf dem Boden aufgestellt wird.

Wenn bei erhöhter Ruheappetenz der Muskeltonus nachlässt, resultiert aus der Kauerlage eine Bauch-Seitenlage, die schließlich bei beiden Arten in eine reine Seitenlage übergehen kann. Die Tiere liegen dann auf der einen Körperseite und strecken die Extremitäten oft weit ab. Der Kopf liegt bei gestrecktem Hals seitlich auf dem Boden.



Spitzmaulnashörner



Breitmaulnashörner

Grafik 1: Ruhe, Kot- und Harnplätze in den Innen- und Außengehegen. Maßstab in der Originalgrafik (Format A4): Innengehege ca. 1:150, Außengehege ca. 1:500. A, B, C, D, E = Ruheplätze innen; a, b = Ruheplätze außen; x = Kotplätze; °= Harnstellen.

Graphics 1: Places of resting, defaecating and urinating in the indoor and outdoor enclosures. Scale in the original graphic (A4 format): Indoor enclosure approx. 1:150, outdoor enclosure approx. 1:500. A, B, C, D, E = resting places indoors; a, b = resting places outdoors; x = places of defaecating; °= places of urinating.

d. Räkeln

Gähnen konnte nur einmal beobachtet werden (beim Spitzmaulnashornbulle), ebenso das Sichstrecken (bei der Spitzmaulnashornkuh «Susi»).

e. die Ruheplätze

Alle Tiere hatten feste Ruheplätze [Grafik 1], auf deren Benutzungsdauer bei den quantitativen Beobachtungen eingegangen wird. In den Außengehegen wurden markante Orte bevorzugt, die am Gehegerand gelegen waren oder sich sonst wie von der Umgebung abhoben (z. B. Badbeckenrand). Die Anzahl der Ruheplätze war individuell verschieden, in den Außengehegen waren es ein bis zwei, in den Boxen drei bis sechs. Im Gegensatz zu den gemeinsam benutzten Kot- und Harnplätzen wurden die Ruheplätze bei den Spitzmaulnashörnern nicht ausgetauscht. Die Breitmaulnashörner lagen oft in direktem Körperkontakt, wie das von Van den Bergh bereits 1955 beschrieben worden war [Abb. 9].



Abb. 9: Kontaktliegen bei den Breitmaulnashörnern in Bauchseiten- bzw. Kauerlage.

Fig. 9: Contact lying in the white rhinos in the ventral or crouching position respectively.

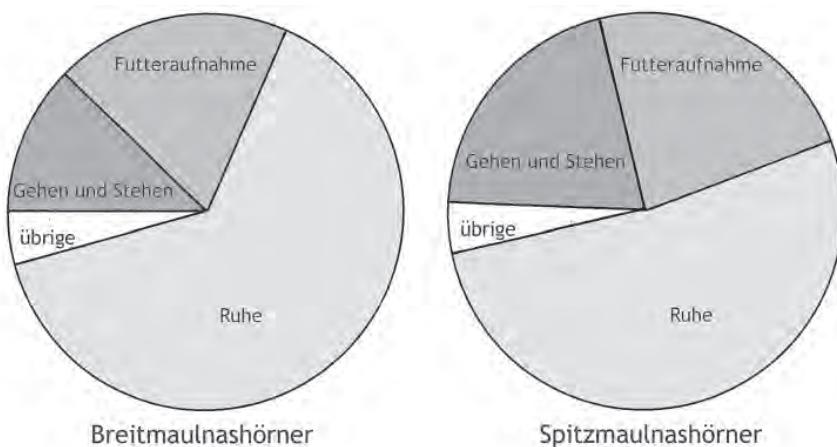
4. Quantitative Beobachtungen

4.1. Anteil der einzelnen Aktivitäten

Summarisch ergibt sich an den jeweils fünf Beobachtungstagen und -nächten folgende Verteilung der Tätigkeiten:

	<i>Ceratotherium simum simum</i>				<i>Diceros bicornis michaeli</i>			
	Minuten	%	Minuten	%	Minuten	%	Minuten	%
Gehen und Stehen	719.75	10.0	996.25	13.8	1'325.75	18.4	1'617.75	22.4
Exploration	43.75		23.00		11.5		25.50	
Spiel	17.00		15.50		0		9.00	
Nahrungsaufnahme	1'480.75	20.5	1'323.50	18.4	1'821.75	25.3	1'452.25	20.3
Wasseraufnahme	34.25		25.75		23.00		32.50	
Miktion, Defäkation	45.25		29.25		52.25		80.25	
Komfortverhalten	88.75	1.2	68.50	1.0	111.50	1.5	88.75	1.2
Sozialverhalten	95.00	1.3	107.50	1.5	98.75	1.4	104.50	1.4
Sexualverhalten	17.75		0		0		0	
Ruheverhalten	4'657.75	64.6	4'610.75	64.0	3'755.50	52.1	3'777.75	52.4
Total	7'200.00		7'200.00		7'200.00		7'200.00	

An diesen Zahlen fällt erst einmal auf, wie gewaltig der Anteil der Ruhe am Aktogramm war (vgl. auch Grafik 2). Ferner, dass die Ruhezeiten zwischen den Individuen der jeweiligen Art nur sehr minimal differierten. Bei den Spitzmaulnashörnern machte die Differenz im Tagesmittel nicht einmal $3\frac{1}{2}$ Minuten oder 0,3% aus, bei den Breitmaulnashörnern waren es 9,4 Minuten oder 0,6%.



Grafik 2: Anteil der wichtigsten Aktivitäten am Aktogramm.

Graphics 2: Proportion of the most important activities in the actogram.

Andererseits bestand ein eklatanter Unterschied zwischen den beiden Arten, der beinahe drei Stunden (173.5') betrug. Diese enorme Differenz kam nun nicht etwa durch unterschiedliche Haltungsbedingungen zustande. Es war auch nicht so, dass die Breitmaulnashörner mit ihren schaufelartig ausgebildeten Lippen in der Lage wären, das Futter rascher aufzunehmen und deshalb mehr Zeit zum Ruhen hätten als ihre spitzlippigen Verwandten, denn die Futteraufnahmzeiten waren bei beiden Arten in etwa gleich lang und nahmen etwa 20 % des Aktogramms in Anspruch. Die Verlängerung der zum Fressen benötigten Zeit beim Spitzmaulnashorn «Faru» war individuell bedingt und beruhte auf Kaubeschwerden. Die längere Ruhezeit der Breitmaulnashörner wurde vielmehr durch eine kürzere für «Gehen und Stehen» aufgewendete Zeit kompensiert.

Besonders bei den Spitzmaulnashörnern zeigte es sich deutlich, dass Futtererwerb und «beschäftigunglose» Zeit (Gehen und Stehen) weitgehend vikarieren: Die alte Kuh «Faru» litt seit längerer Zeit an Kaubeschwerden. Sie fraß deshalb langsamer. Die für die Nahrungsaufnahme aufgewendete Zeit war daher pro Tag 74 Minuten länger als bei ihrer jüngeren Artgenossin. Diese Zeitdifferenz wurde weitgehend durch weniger langes Herumstehen und -gehen kompensiert (58 Minuten weniger pro Tag als «Susi»).

Diese Beobachtung weist darauf hin, dass die gegenüber dem Freileben erleichterte, konzentriertere Nahrungsaufnahme nicht oder zumindest nicht primär zu einer Hyperfunktion des Ruheverhaltens führt, sondern dass es durch die Haltung im Zoo zu einer Dissozierung des «Weidegangs» in seine Komponenten Äsen und Gehen, also Nahrungsaufnahme und Lokomotion, kommt.

Es kann natürlich nicht zum Vornherein von der Hand gewiesen werden, dass als Folge des Beschäftigungsmangels im Zoo länger geruht wird als in der Wildbahn. Immerhin ist auffällig, dass im Außengehege, das dem Tier doch wesentlich mehr Abwechslung biete als die Box (besondere Bewegungsmöglichkeit, Vorhandensein eines Bades, intensivere Sozialkontakte), in der Regel nicht zu einer Reduktion der Ruhezeiten führte:

Ceratotherium simum simum

Tag	«Abu»	«Toto»	Aufenthalt
1	968.50'	891.50'	tagsüber drinnen mit kurzem Aufenthalt im Außengehege
2	891.50'	971.50'	tagsüber drinnen
3	942.50'	917.50'	tagsüber draußen
4	974.75'	934.75'	tagsüber draußen
5	880.50'	895.50'	tagsüber draußen

Diceros bicornis michaeli

Tag	«Faru»	«Susi»	Aufenthalt
1	702.50'	744.00'	tagsüber drinnen
2	814.50'	800.50'	tagsüber drinnen
3	815.50'	778.50'	tagsüber draußen
4	790.50'	834.25'	tagsüber draußen
5	622.50'	620.50'	tagsüber draußen

Eine Ausnahme bildete lediglich der letzte Beobachtungstag bei den Spitzmaulnashörnern. Das beruhte darauf, dass die Kuh «Susi» zu jenem Zeitpunkt (20. und 21/22.08.70) hochträchtig war (die Geburt erfolgte am 27.08.1970) und sich ihr Zustand in einer stark erhöhten Aggressivität gegenüber ihrer Gehegegefährtin manifestierte. Beide Tiere waren deshalb sehr unruhig, der Aktionsradius der rangniedrigeren «Faru» wurde auf einige Quadratmeter beschränkt,

die durch Badebecken, einen Baumstamm und einige Felsblöcke vom übrigen Gehege etwas abgetrennt waren. In diesem Raum begann das Nashorn in einer Achterschleife zu stereotypieren. Beide Tiere zeigten deutliche Ruheintentionen zur gewohnten Zeit, d. h. sie suchten gegen Mittag ihre üblichen Ruheplätze auf, wagten es jedoch lange nicht, sich niederzulegen. Nachdem sie sich – «Faru» um 12:58 Uhr, «Susi» um 13:18 Uhr - niedergelegt hatten, genügten geringfügige Anlässe, um sie nach 8 respektive 15 Minuten erschreckt wieder aufzuspringen zu lassen. Im Falle «Farus» war es die Annäherung des Bullen im Nachbargehege, bei «Susi» war der Grund nicht zu erkennen.

4.2. Die Verteilung der Ruhe im Tagesverlauf

Die Nashörner beider Arten zeigten eine deutliche biphasische Aktivitätskurve, wobei die Höhepunkte der Aktivität etwa in die Zeit von 8-11 und von 14-17 Uhr, die Hauptruhezeiten um die Mittagszeit und in die Nacht fielen. Wie aus den Grafiken 3 und 4 hervorgeht, bestanden deutliche Unterschiede zwischen den beiden Arten:

Bei den Breitmaulnashörnern begann die diurnale Ruhephase etwas eher, wurde dann aber zwischen 10 und 11 Uhr durch eine Aktivitätszunahme markant unterteilt. Ferner begann der Ruheanteil bei den Spitzmaulnashörnern schon in den frühen Morgenstunden abzunehmen (bei «Faru» etwa von 4 Uhr an), während bei den Breitmaulnashörnern die Ruhekurve erst mit Arbeitsbeginn des Tierpflegers steil abfiel.

4.3. Die Ruheintervalle

Die starke Zackung der Aktivitätskurven weist schon darauf hin, dass die Tiere jeweils nicht die ganze Ruhephase hindurch ruhten, sondern dass es öfter Unterbrüche gab, d. h. dass innerhalb einer Phase einzelne Ruheintervalle vorhanden waren. Die Anzahl der Intervalle und ihre Dauer variierte bei den einzelnen Tieren ganz beträchtlich. An den jeweils fünf Beobachtungstagen und -nächten waren es beim Breitmaulnashornbulle «Abu» 90 Intervalle, bei der Kuh «Toto» 76 und bei den Spitzmaulnashörnern «Faru» und «Susi» 59 respektive 73, wobei jeweils das letzte Intervall eines Beobachtungstages als Einheit mit dem ersten der darauffolgenden Beobachtungsnacht gewertet wurde, wenn sie zeitlich zusammenstießen.

Die Verteilung der Ruheintervalle während der je 5 Tage auf die nocturnale und die diurnale Ruhephase und ihre durchschnittliche Länge sind in der folgenden Tabelle angegeben:

Tier	Diurnale Intervalle		Nocturnale Intervalle	
	N	Mittlere Dauer	N	Mittlere Dauer
«Abu»	27	35,2'	63	59,1'
«Toto»	17	44,5'	59	65,3'
«Faru»	19	32'	40	80,8'
«Susi»	19	22'	54	60,8'

Die Dauer des längsten beobachteten Ruheintervalls betrug bei «Abu» 180', bei «Toto» 191', bei «Faru» 228' und bei «Susi» 163'.

4.4 Die Seitenlage

Als Motivationen für die Unterbrechung der Ruhe kommen in Frage:
Störung durch Menschen (Tierpfleger, Besucher, Beobachter)

Störung durch Kuhreiher

Störung bzw. Stimmungsübertragung durch Artgenossen

Hunger oder Durst

Miktions- bzw. Defäkationsbedürfnis

Bedürfnis zur Änderung der Ruhestellung

«Innere Uhr» (Ende der Ruhephase)

Die Beeinflussung durch den Menschen spielte tagsüber eine gewisse Rolle, da der Tierpfleger durch Futtergaben oder die Dislokation der Tiere für Reinigungszwecke in den Tagesablauf eingreift. Störungen durch den Beobachter während der Nacht kamen vor, waren aber sehr selten und fielen somit kaum ins Gewicht. Dasselbe galt für die Störungen durch die Kuhreiher. Wichtiger war die Stimmungsübertragung und zwar nicht nur im Außengehege, wo die Tiere in optischem, im Falle der Breitmaulnashörner zumeist auch taktilem Kontakt zueinander ruhen, sondern auch in den Innenboxen. Es kam gelegentlich vor, dass sich auch das zweite Nashorn derselben Art erhob, wenn es hörte, dass das andere aufgestanden war und z. B. Kot absetzte oder fraß.

Es wird in der Regel alternierend auf der linken oder auf der rechten Körperseite geruht [Grafik 5]. Zum Seitenwechsel müssen die Tiere sich stets erheben, da sich sie sich im Liegen nicht von der einen auf die andere Seite drehen können. Um den ziemlich regelmäßigen Wechsel von Links- und Rechtslage augenfällig zu demonstrieren, wurden in Grafik 6 die Schlafintervalle aus je einer Nacht dargestellt, bei den Spitzmaulnashörnern die der Nacht vom 19./20.06.1970, bei den Breitmaulnashörnern jene vom 21./22.11.1969. Beide Körperseiten wurden in etwa gleich lang belastet, wie die untenstehende Tabelle und Grafik 5 zeigen. Eine Seitenstetigkeit, wie sie Inhelder (1960) bei Elefanten gefunden hat, konnte bei keinem Tier festgestellt werden. Dass beide Breitmaulnashörner etwas mehr links, beide Spitzmaulnashörner etwas häufiger rechts lagen, dürfte wohl Zufall sein.

Tier	Links		Rechts	
	Minuten	%	Minuten	%
«Abu»	2'414,00	51,8	2'242,25	48,2
«Toto»	2'427,25	52,6	2'180,50	47,4
«Faru»	1'785,50	47,6	1'966,00	52,4
«Susi»	1'748,25	46,3	2'029,50	53,7

4.5. Die Ruheplätze

Die unregelmäßige Bodenstruktur der Innenboxen erlaubte, besonders für die größeren Breitmaulnashörner, ein bequemes Liegen an einer bestimmten Stelle oft nur in Links- oder nur in Rechtslage. Die angestrebte Körperhaltung und die Wahl des Ruheplatzes waren dadurch eng verknüpft, eine Präferenz für einen bestimmten Ruheplatz beeinflusste damit die Ruhelage und umgekehrt. Dass bestimmte Plätze bevorzugt wurden, geht aus Grafik 7 und der untenstehenden Tabelle hervor. Bei den Spitzmaulnashörnern war es jeweils ein Platz, der für Links- und Rechtslage benutzt wurde, bei den Breitmaulnashörnern jeweils für jede Körperseite ein Platz.

Tier	Platz	Minuten	%
«Abu»	A	1'455,00	31,3
	B	2'242,25	48,2
	C	58,00	1,2
	D	170,00	3,6
	E	420,50	9,1
	a	310,50	6,7
«Toto»	A	1'904,00	41,4
	B	2'014,50	43,7
	C	347,50	7,6
	D	28,00	0,6
	a'	279,75	6,1
	b	4,00	0,1
«Faru»	A	2'025,50	54,0
	A'	298,50	7,9
	B	191,00	5,1
	C	647,50	17,3
	D	260,00	6,9
	E	52,00	1,4
	b	272,50	7,3
«Susi»	b'	4,00	0,1
	A	612,00	16,2
	B	2'889,25	76,5
	C	83,50	2,2
	a	193,00	5,1

5. Vegetative Aspekte des Schlafs

Nachdem schon das sichere Erkennen des Schlafzustandes bei Nashörnern mit Schwierigkeiten verbunden ist, darf nicht erwartet werden, dass durch bloßes Beobachten tief-schürfende Erkenntnisse über das Auftreten der verschiedenen Schlaftypen gewonnen werden können. Zur Funktion der Sinnesorgane konnten folgende Beobachtungen gemacht werden: Die Augen des schlafenden Tiers sind geschlossen; das Ohrspiel funktioniert, ist jedoch verlangsamt, die Ohren werden in variablen, jedoch ziemlich langen Abständen von vorn nach hinten und zurück gedreht; die Nüstern können bewegt werden. Die Atmung ist tief, oft laut, bisweilen schnarchend, gelegentlich doppelschlägig. Die Atemfrequenz beträgt in der Regel 6-9 Atemzüge pro Minute.

Der Paradoxe Schlaf (REM-Schlaf) ist nicht nur durch elektroenzephalographisch feststellbare Vorgänge charakterisiert, sondern zu seinen Kennzeichen gehören auch eine Reduktion des Nackenmuskeltonus und gelegentliche Kontraktionen der Flexoren der Extremitäten (Roche, 1969). Bei «träumenden» Hunden kann man mitunter Belllaute hören.

Wiederholt konnten einzelne dieser Symptome, insbesondere Kontraktionen der Flexoren sowohl tagsüber wie nachts bei den untersuchten Tieren festgestellt werden:

20.11.1969 12:10 Uhr	«Abu» liegt seit 11:29 Uhr, Kauerlage links, Platz B. Atmung sehr laut, Ohrspiel vorhanden, Bewegen der Nüstern. Wiederholte Kontraktionen der Tricepsmuskulatur. Flexionen des Buggelenks. Geht 12:22 Uhr in Seitenlage, Zuckungen hören auf. Steht um 13:05 Uhr auf.
18.12.1969 13:12 Uhr	«Toto» liegt seit 12:27 Uhr, Kauerlage links, Platz B. Gibt während einer halben Minute in rascher Folge leise, pfeifende Laute von sich, unregelmäßige Kontraktionen der Bauchdecke, anschließend regelmäßige, tiefe Atmung. Geht 13:13,5 Uhr langsam in Seitenlage, erwacht 13:14 Uhr und nimmt Kauerlage ein
22.05.1070 19:24 Uhr	«Abu» schläft seit Protokollbeginn (19:00 Uhr), Seitenlage links, Platz B. Regelmäßige, laute Atmung, Zittern der Hinterbeine, Zucken aller Extremitäten, Wackeln mit dem Kopf. Dauer der Muskelaktivität etwa eine Minute. 19:35 Uhr Aufrichten in Brustlage, steht um 19:41 Uhr auf.
20.06.1970 05:27 Uhr	«Susi» ruht seit 04:26 Uhr, Seitenlage rechts, Platz B. Atmung ruhig, Ohrspiel vorhanden. Mehrere rasch aufeinanderfolgende Kontraktionen der linken Hinterextremität. Wiederholung desselben Vorgangs eine Minute später. Erwacht 05:29,5 Uhr, steht um 05:31,5 Uhr auf.

6. Diskussion

Zur Methodik: Wie oben ausgeführt, basiert die vorliegende Arbeit auf direkter Tierbeobachtung. Diese ist zwar mühsam, hat aber gegenüber technisch raffinierteren Methoden den Vorteil, dass die einzelnen Verhaltensweisen in sehr kleinen Abständen (15 Sekunden) protokolliert und auch qualitative Beobachtungen gemacht werden können, die bei automatisierten Methoden durch den Raster fallen. Bei den Beobachtungen, die Kerstin Dengg (2010) in den Jahren 2007/08 an den Panzernashörnern des Tiergartens Schönbrunn durchführte, wurden Zeitraffer-Videokameras eingesetzt und die beobachteten Verhaltensweisen im Minutentakt protokolliert. Damit konnten aber seltene, kurzfristige Aktivitäten nur in geringerem Maß erfasst werden. Hinzu kamen Datenlücken bedingt durch unzureichende Ausleuchtung des Außengeheges im Sommer ab 20:00 Uhr, durch Kameraausfälle oder dadurch, dass sich die Tiere außerhalb der von den Kameras erfassten Bereiche aufhielten.

Direkte Tierbeobachtung ist ohne Nachtsichtgerät nachts in einem - meist ohnehin schon dunklen - Tierhaus nur sehr schwer möglich. Man war deshalb oft gezwungen, Beobachtungen über die Aktivitätsverteilung bei Zoo- und Wildtieren auf die Hellaktivität zu beschränken (z. B. Backhaus, 1964). Die wenigen quantitativen Untersuchungen, die zuvor über das nächtliche Ruheverhalten adulter Großtiere durchgeführt worden waren, stammten daher vorwiegend aus Zirkussen, wo die Tiere nächtliche Störungen gewohnt sind und deshalb eine Beleuchtung eingeschaltet werden konnte (z. B. Hediger, 1961; Kurt, 1960). Die vorliegende Arbeit dürfte daher die erste ihrer Art unter Zoobedingungen gewesen sein. Auch in jüngerer Zeit wurde bisweilen auf Nachtbeobachtungen verzichtet (Dieckhöfer et al., 2006), weil «die Anwesenheit einer Person zur Nachtzeit und die unvermeidbare Lichtstörung die Tiere so stark verunsichert hätte, dass eine Aufzeichnung normalen Verhaltens nicht möglich gewesen wäre.»

Zu einzelnen Aktivitäten: Bedingt durch die unter Zoobedingungen mehr oder minder ausgeprägte Beschäftigungslosigkeit können bei gehaltenen Nashörnern **Stereotypien** auftreten. Dem Tiergärtner obliegt die Aufgabe, durch sinnvolle Raumgestaltung (Hediger, 1965) oder durch Abgabe von zum Spielen geeigneten Gegenständen (Inhelder, 1955) solche stereotypen

Verhaltensweisen möglichst zu unterbinden. Dass Stereotypien bei den Zürcher Nashörnern nicht oder nur sporadisch als Ausdruck erhöhter Unruhe oder Unsicherheit auftraten, darf als Erfolg verbucht werden.

Koprophagie, wie sie in Zürich beobachtet werden konnte, wird von Zoogegnern oft als Anzeichen inadäquater Haltung angesehen. Dies trifft bei Nashörnern nicht zu. Vielmehr kommt Koprophagie auch in der Wildbahn vor, wo sie als Beitrag zur Erhöhung der Versorgung mit Mineralstoffen interpretiert wird, und ist z. B. von Spitzmaul- und Panzernashörnern dokumentiert (Meister, 2001).

Wie in der Natur benutzten die Nashörner des Zoos feste **Kotplätze** (Hediger, 1951; Hutchins & Kreger, 2006), und auch der Harn wurde an festen Plätzen abgegeben. Die Kotplätze in den Außengehegen wurden gemeinsam benutzt, womit sich die Beobachtungen de Saegers (1954) bestätigen.

Im Gegensatz zur Mitteilung Schenkels (1966), nach der es bei wildlebenden Spitzmaulnashornkühen außerhalb der Brunst nicht oder nur sporadisch vorkommen soll, wurde **Spritzharren** recht oft beobachtet, besonders wenn die Tiere aufgereggt waren. Dasselbe wurde später auch im Zoo Magdeburg festgestellt und als Ausdruck «innerer Erregung» interpretiert (Dieckhöfer et al. 2006).

Obwohl in allen Außengehegen **Badebecken** zur Verfügung standen, sah man die Nashörner nie stundenlang darin liegen, wie dies von Panzernashörnern aus anderen Zoos dokumentiert ist (Dengg, 2010).

Das **Hornschaben**, das in anderen Zoos als Folge ungenügender Raumgestaltung mitunter zur Stereotypie wird (Hediger, 1965), war bei den Zürcher Nashörnern nicht Selbstzweck, sondern diente, wie die prächtigen Hörner aller fünf Tiere bezeugen, effektiv der Hornkosmetik. Im Gegensatz zu anderen Zoos (Dieckhöfer et al. 2006) gab es keinen vermehrten Hornabrieb und auch sonst keine Hornschäden.

Zum Schlafverhalten: Hassenberg (1965) erwähnt das Vorkommen einer reinen gestreckten Bauchlage bei den Nashörnern («*Der Körper liegt ventral bei gestrecktem Rücken auf der Unterlage. Meist sind die Vorderbeine dabei parallel zu einander, nach vorne, die Hinterbeine und der Schwanz nach hinten gestreckt. Häufig findet man jedoch auch die Hinterextremitäten unter oder an den Körper gewinkelt ...*») (Hassenberg (1965, Seite 23). Dies konnte in Zürich nicht beobachtet werden. Es steht zu vermuten, dass diese Hinterbeinhaltungen bei Nashörnern schon wegen der Art des Abliegens nicht möglich sind, und dass es sich bei den von Hassenberg beobachteten gestreckten Bauchlagen um Bauch-Seitenlagen gehandelt hat.

Dafür, dass das **Ruhe-Aktivitätsverhältnis** der in Zürich gehaltenen Nashörner (Breitmaul ca. 64:36 %, Spitzmaul ca. 52:48 %) von der Situation in der Wildbahn nicht allzu sehr abweicht, sprechen die Beobachtungen von de Saeger (1954) an Nördlichen Breitmaulnashörnern (*C. s. cottoni*) des Garamba-Nationalparks in der Demokratischen Republik Kongo. In seinem Bericht gibt de Saeger ein Aktogramm der Breitmaulnashörner, aus dem ersichtlich ist, dass die täglichen Aktivitätsphasen ca. 450 Minuten, die Ruhphasen 990 Minuten betragen. Wenn man berücksichtigt, dass auch die wildlebenden Nashörner ihre Ruhphasen gelegentlich unterbrechen, um die Ruhestellung zu ändern oder Kot bzw. Harn abzusetzen, so ergibt sich eine auffällige Übereinstimmung mit den im Zürcher Zoo gefundenen Mittelwerten (513' Aktivität, 927' Ruhe). Dass der im Whipsnade Zoo festgestellte mittlere Ruheanteil am Aktogramm von Breitmaulnashörnern nur 43.5 % betrug (O'Connor, 1986) ist wohl damit zu erklären, dass von den 400 Beobachtungsstunden nur deren 35 auf die Nacht entfielen. Bei den Panzernashörnern des Tiergartens Schönbrunn lag das Ruhe-Aktivitätsverhältnis mit ca. 57:43 % (Dengg, 2010) etwa in der Mitte zwischen den in Zürich für die beiden afrikanischen Arten gefundenen Werten.

Die Tatsache, dass die Spitzmaulnashörner in ihrer «beschäftigungslosen» Zeit weniger abliegen als die Breitmaulnashörner, deutet darauf hin, dass sie ein ausgeprägteres Aktivitätsbedürf-

nis als ihre größeren Verwandten haben. Die in Reiseberichten immer wieder auftauchenden Bemerkungen über das Phlegma der Breitmaulnashörner scheinen demnach – im Gegensatz zu anderen Beobachtungen, etwa über das Sehvermögen – eine durchaus reale Grundlage zu haben.

Dass sich auch die Verteilung von Aktivität und Ruhe im **Tagesablauf** bei den Spitzmaulnashörnern trotz Fehlens der afrikanischen Mittagshitze durch die Zoohaltung nicht wesentlich verändert hat, sprechen die Beobachtungen Schencks (1969) im Tsavo-Nationalpark, der eine Ruhephase zwischen 10 und 15 Uhr und Hauptaktivitäten am frühen Morgen und in den Nachmittagsstunden feststellen konnte. Detaillierte Angaben hinsichtlich der nächtlichen Aktivitäten konnte er nicht beibringen. Natürlich fehlt bei den unter einigermaßen standardisierten Konditionen gehaltenen Zoonashörnern die bei einem Teil der Tsavopopulation beobachtete Variabilität des Tagesablaufs mit mehrtägigen Aktivitätsintervallen und erhöhter nächtlicher Aktivität, da diese durch die unregelmäßige Wasserversorgung in manchen Teilen des Areals bedingt ist.

Da im Zoo bis zum Tränken (von 7:45 Uhr an) kein äußerer Anlass zur Beendigung der nächtlichen Ruhephase bestand, dürfte die frühmorgendliche Aktivität der Spitzmaulnashörner einem inneren Bedürfnis entspringen. Die Breitmaulnashörner hatten sich dagegen offenbar stärker an die Zoobedingungen angepasst, was ihre Zeiteinteilung angeht, kompensierten aber ihr Aktivitätstotal durch das Abfallen der Ruhekurve zwischen 10 und 11 Uhr.

Die Annahme haltungsbedingter Verschiebungen des Aktivitätsrhythmus bei den Breitmaulnashörnern wird durch die Beobachtungen von de Saeger (1954) aus dem Garamba-Nationalpark gestützt, der in seinem Aktogramm Ruhephasen von 9 bis 15 Uhr und von 18:30 bis 5 Uhr angibt. Die von Backhaus (1964) geäußerten Zweifel an der Richtigkeit des de Saeger'schen Aktogramms hinsichtlich der Ruhephasen werden dagegen durch unsere Tiergartenbeobachtungen abgeschwächt. Ebenfalls nicht bestätigt werden konnte bei den Zürcher Tieren die von O'Connor (1986) aus Whipsnade mitgeteilte, von 2-5 Uhr dauernde dritte Aktivitätsphase.

Dass Schlafdauer und -verteilung zwischen den Individuen derselben Art nur minimal abweichen und weitgehend synchronisiert sind, wurde auch bei den Panzernashörnern des Tiergartens Schönbrunn festgestellt (Dengg, 2010).

Ein Aspekt, der in allen anderen konsultierten Arbeiten ignoriert wurde, ist die Unterteilung der Ruhephasen in **Ruheintervalle**, die im Mittel beider Arten etwa eine Dreiviertelstunde und selten mehr als drei Stunden dauerten. Diese Intervalle sind dadurch getrennt, dass sich die Tiere erheben, bisweilen ein paar Bissen fressen oder Kot- oder Harn abgeben, hauptsächlich aber um die Seitenlage zu wechseln. Im Gegensatz zu den Elefanten (Hediger, 1961) spielen die Verdauungsvorgänge eine geringere Rolle als die Änderung der Ruhelage. Diese muss wegen der durch das große Gewicht der Tiere bedingten, lokalen Behinderungen der Blutzirkulation regelmäßig vorgenommen werden.

Die Schlafstellung vermag keine Hinweise auf die **Schlaftiefe** zu geben. Es ist möglich, dass Tiefschlaf öfter in Seitenlage vorkommt, da dies die Stellung der größeren Ruheappetenz ist und die gesamte Muskulatur stärker entspannt ist. Es konnte aber auch beobachtet werden, dass ein Tier («Faru») in Seitenlage blinzelte, wenn der IR-Scheinwerfer auf es gerichtet wurde.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde ermöglicht durch ein Stipendium der Stiftung R. & R. Schlageter, für dessen Vermittlung der Verfasser Herrn Prof. Hediger (†) an dieser Stelle seinen verbindlichsten Dank aussprechen möchte. Für Hinweise und Ratschläge bei der Aktualisierung der Arbeit sei den Herren Dr. Frank Brandstätter (Zoo Dortmund), PD Dr. Udo Gansloßer (Universität Greifswald) und Dr. Ulrich Schürer (Solingen, ehemals Zoo Wuppertal) bestens gedankt.

Abstract

1,1 *Ceratotherium simum simum* and 0,2 *Diceros bicornis michaeli* of Zurich Zoo were observed for five days and five nights with regard to activity distribution and sleeping behaviour, with night observations being carried out using an infrared night vision device.

Some qualitative behavioural observations are briefly described and documented with photographic material. The quantitative surveys revealed a very high proportion of resting behaviour in the actogram, which differed markedly for the two species (white rhino 64%, black rhino 52%), the presence of a biphasic activity curve in both species with peaks of activity from 8 a.m. to 11 a.m. and from 2 p.m. to 5 p.m., the subdivision of the resting phases into intervals of rarely more than three hours, a regular alternation of left and right sleeping position, as well as a preference for certain sleeping places in all animals. Some observations point to the occurrence of paradoxical sleep in rhinos.

Literatur

- Backhaus, D. (1964). Zum Verhalten des nördlichen Breitmaulnashorns (*Diceros simus cottoni* Lydekker 1908). Der Zoologische Garten N.F., 29, 93-107.
- Bergh, Van den, W. (1955). Nos rhinocéros blancs (*C. simum cottoni* Lyd.). Der Zoologische Garten N.F., 21, 129-151.
- Dengg, K. B. (2010). Chronoethologische Studie am Indischen Panzernashorn (*Rhinoceros unicornis*) zur Untersuchung des Wohlbefindens und der Haltung im Tiergarten Schönbrunn. Diplomarbeit am Institut für Zoologie, Stoffwechselphysiologie und Verhalten, Karl-Franzens-Universität Graz.
- Dieckhöfer, P., Perret, K. & Christian, A. (2006). Mögliche Ursachen des Hornabriebs bei in Zoos gehaltenen Spitzmaulnashörnern (*Diceros bicornis*). Der Zoologische Garten N. F., 76, 93-114.
- Fasnacht, E. (1974). Experimentelle Untersuchungen über das visuelle Lernvermögen und die Sehschärfe der Spitzmaulnashörner (*Diceros bicornis*). Der Zoologische Garten N. F., 44, 357-369. Diplomarbeit Univ. Zürich
- Grzimek, B. (1949). Die "Radfahrer-Reaktion". Zeitschrift für Tierpsychologie, 6, 41-44
- Hassenberg, L. (1965). Ruhe und Schlaf bei Säugetieren. Die Neue Brehm Bücherei 338, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- Hediger, H. (1951). Observations sur la Psychologie Animale dans les Parcs Nationaux du Congo Belge. Bruxelles.
- Hediger, H. (1955). Tiere im Schlaf. Dokumenta Geigy, Basel.
- Hediger, H. (1961). Beobachtungen zur Tierpsychologie im Zoo und im Zirkus. Verlag Friedrich Reinhardt AG, Basel.
- Hediger, H. (1965). Mensch und Tier im Zoo: Tiergartenbiologie. Albert Müller Verlag, Rüschlikon-Zürich, Stuttgart, Wien.
- Hutchins, M. & Kreger, M. D. (2006). Rhinoceros behaviour: implications for captive management and conservation. International Zoo Yearbook, 40, 150-173.
- Inhelder, E. (1955). Über das Spielen mit Gegenständen bei Huftieren. Revue Suisse de Zoologie, 62, 240-250.
- Kurt, F. (1960). Le Sommeil des Eléphants. Mammalia, 24, 259-271.
- Meister, J. (2001). In: Bell, C. E. (ed.). Encyclopedia of the World's Zoos, 3, 1083-1089. Fitzroy Dearborn Publishers, Chicago. ISBN 1-57958-174-9.
- O'Connor SM. (1986). Activity cycles of the Southern white rhinoceros (*Ceratotherium s. simum*) in captivity: implications for management. International Zoo Yearbook, 24/25, 297-303.
- Roche, Wissenschaftlicher Dienst (Hrsg., 1969). Aspekte des Schlafes. Verlag F. Hoffmann-La Roche, Basel.
- Saeger, de, H. (1954). Exploration du Parc National de la Garamba. Bruxelles.
- Santymire, R., Meyer, R. J. & Freeman, E. W. (2012). Characterizing sleep behavior of the wild black rhinoceros (*Diceros bicornis bicornis*). Sleep 2012, 35, 1569-1574.
- Schenkel, R. (1966). Zum Problem der Territorialität und des Markierens bei Säugern – am Beispiel des Schwarzen Nashorns und des Löwen. Zeitschrift für Tierpsychologie, 23, 593-626.
- Schenkel, R. & Schenkel-Hulliger, L. (1969). Ecology and Behaviour of the Black Rhinoceros – A Field Study. Mammalia Depicta. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Schmidt, C. R. (1967). The African House at Zurich Zoo. International Zoo Yearbook, 7, 62-66.
- Tembrock, G. (1968). Grundriss der Verhaltenswissenschaften. Grundbegriffe der modernen Biologie, 3. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1968.
- Tichagwa, T., Pegg, N., Ndagurwa, H. G. T. & Zhuwau, C. (2020). Factors influencing the diurnal behaviour of white rhino (*Ceratotherium simum*) in Matobo National Park, Zimbabwe. African Journal of Ecology 58(4), 766-777.
- Zukowsky, L. (1964). Die Systematik der Gattung *Diceros*. Der Zoologische Garten N.F., 30, 1-178.

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

doi:10.53188/zg0009

Zool. Garten N.F. 90 (2022) 183-218

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Ex situ management of the Amazon River dolphin (*Inia geoffrensis humboldtiana*): previous experiences, successes, and constraints

Ex-situ-Management des Amazonas-Flussdelfins (*Inia geoffrensis humboldtiana*): frühere Erfahrungen, Erfolge und Grenzen

Kerstin Ternes

Zoo Duisburg gGmbH, Mülheimer Str. 273, D-47058 Duisburg, Germany

Abstract

In December 2020 the last captive Orinoco River dolphin (*Inia geoffrensis humboldtiana*) has passed away at Zoo Duisburg in Germany. The animal has been the only freshwater dolphin world-wide that had been kept under human care for more than forty-five years. This article reviews the history of this iconic species in zoos in general as well as more specific at Zoo Duisburg. It also provides an overview of historic and current threats that the freshwater dolphins are facing in the wild.

Keywords: *Inia geoffrensis humboldtiana*, history, husbandry, threats

Introduction

Aquatic mammals have always been of special interest at Zoo Duisburg, with the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) being part of the zoo's logo. After the initiation of keeping polar bears (*Ursus maritimus*) as early as 1949, southern elephant seals (*Mirounga leonina*) in 1958, harbor seals (*Phoca vitulina vitulina*) in 1962, South American sea lions (*Otaria byronia*) in 1963, bottlenose dolphins in 1965, West Indian manatees (*Trichechus manatus*) and South American fur seals (*Arctocephalus australis*) in 1967, California sea lions (*Zalophus californianus*) and grey seals (*Halichoerus grypus*) in 1968, beluga whales (*Delphinapterus leucas*) in 1969 and harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) in 1970, Dr. Wolfgang Gewalt, the director at

Author:

E-Mail: ternes@zoo-duisburg.de (Kerstin Ternes)

Zoo Duisburg in 1975 had a keen interest in Amazon River dolphins (*Inia geoffrensis*) since he had seen one animal in Kamogawa, Japan in 1973. Just for the sake of completion it needs to be noted that, in addition to the *Inia*, the zoo had three more species of aquatic mammals in its care: Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) from 1977 to 1979 and Commerson dolphins (*Cephalorhynchus commersonii*) from 1978 to 2004. Regarding pinnipeds he added arctic ringed seals (*Pusa hispida hispida*) to the collection in 1978. After Dr. Gewalts visit to Japan, Dr. Trebbau, zoo director in Caracas, Venezuela, gave a presentation about *Inia geoffrensis* at the International Symposium “Aquatic Mammals” at Zoo Duisburg (Germany) in October 1973. Since this species was not available from an animal dealer at that time nor were any captive breeding programs in place, Dr. Gewalt was able to generate fundings to go on an expedition to Venezuela to “bring them home”.

The Amazon River dolphin

The Amazon River dolphin, also known as boto, bufeo, tonina or pink dolphin, is the largest river dolphin and is distributed throughout the Orinoco and Amazon River basins in Venezuela, Colombia, Guyana, Brazil, Ecuador, Peru and Bolivia (Fig. 1).

The taxonomy of the *Inia* is still subject to discussion. In 1977 two species of *Inia* (*Inia geoffrensis* and *Inia boliviensis*) with two subspecies (*Inia geoffrensis geoffrensis* and *Inia geoffrensis humboldtiana*) were distinguished by means of morphological and morphometrical differences like average number of teeth and average rostrum length/zygomatic width index (Pilleri & Gehr, 1977). A few years later the currently accepted opinion was that there was a single species, *Inia geoffrensis*, with three subspecies (Best & da Silva, 1989b). In 2014 a new species of river dolphin from the Araguaia River basin of Brazil was described, the *Inia araguaiaensis* sp. nov. (Hrbek et al., 2014). Mosquera-Guerra et al. report the most plausible division regarding the geographic distribution with respect to climatic fluctuations in three species within the genus *Inia*: *Inia*



Fig. 1: Amazon River dolphin at Zoo Duisburg. Photo: J. Tegge.

geoffrensis, with the subspecies *I. g. geoffrensis*, distributed on the Amazon basin, and *I. g. humboldtiana* on the Orinoco basin, *I. boliviensis* from the Mamore, Itenez, Grande and upstreams from the Madeira River in Bolivia and *I. araguaiaensis* from the Tocantins-Araguaia rivers in Brazil (Mosquera-Guerra et al., 2020). Still the Committee on Taxonomy, 2021, recognizes only one species *Inia geoffrensis* (Blainville, 1817), with two subspecies *I. g. boliviensis*, the Bolivian bufeo, and *I. g. geoffrensis*, the common boto (Committee on taxonomy, 2021).

Inias are sexually dimorphic: the maximum body length of males is at least 255 cm and weight at least 156.5 kg, while the females grow up to 201 cm and weigh 98.5 kg (Best & da Silva, 1989b).



Fig. 2: Flexibility shown at Zoo Duisburg. Photo: C. Kuster.

The pectoral flippers are large and wide like paddles and might assist in locomotion and stabilization because the dorsal fin is not as prominent as in e.g., bottlenose dolphins. It tapers into the peduncle (Sylvestre, 1985; Schreib et al., 1994). The flukes are broad and triangular (Best & da Silva, 1989a).

The dolphins head has a greater mobility than its marine counterparts. The non-fused cervical vertebrae improves the flexibility of the neck and therefore allows to turn the head much more sideways and downwards (Sylvestre, 1985). The overall greater mobility helps to maneuver in a more complex environment other than the open ocean (Fig. 2).

A long beak inhabits a heterodont dentition with conical teeth in the anterior region of the jaws and suited for grasping and holding, while the posterior teeth are molariform and well suited for mastication of hard prey (Layne & Caldwell, 1964) (Fig. 3).



Fig. 3: Dentition shown in a male Amazon River dolphin at Zoo Duisburg. Source: Archive Zoo Duisburg.

The dolphins have a certain way of eating fish. The fish is grasped with the tip of the beak and forwarded to the proximal part of the jaw in a transverse position. Now the molariform teeth compress it. The fish is then repositioned and swallowed head-first (Layne & Caldwell, 1964; Verfuß, 1996). Larger fishes are torn apart. The modification of the posterior teeth enables the river dolphin to prey on species that are too big to be swallowed at once like marine odontocetes do (Kastelein et al., 1999).

Inias prey on at least 50 species of fish as well as turtles (*Podocnemis spp.*) and crustaceans which have been found in their multi-chambered stomach with a saccular fore-stomach (Pilleri, 1972; da Silva & Best, 1982; Best & da Silva, 1989b; Boede et al. 1998).

While Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) are born with vibrissae on their beak which are lost within the first weeks of life, in the Inia vibrissae remain lifelong. These assist in locating prey in muddy and turbid waters (Trebbau & van Bree 1974; Sylvestre, 1985) (Fig. 4).



Fig. 4: Vibrissae on the beak of an Amazon River dolphin at Zoo Duisburg. Photo: C. Kuster.

The eyes of the Inia are reduced in size as adaptation to the visual limitations within their riverine habitat. Two of the four eye muscle nerves, *Nervus trochlearis* and *abducens*, are atrophied (Pilleri et al., 1979). Some researchers concluded that the animals have no eyesight (Dral, 1981). This was disproven. A later study showed that the ultrastructure of the Inia retina indicates a well-developed visual ability (Waller, 1982). The atrophied nerves change the position of the eyeball and provide a field of vision which is well adapted to perceive light from the water surface (Pilleri et al., 1979).

In addition to eyesight, odontocetes use echolocation to navigate and detect prey items. The sonar signals are strongly directed forwards (Pilleri et al., 1979). In contrast to marine dolphins, Inia seem to receive acoustical information through the auditory bulla (Popov & Supin, 1990).

Inias are also known as pink dolphins. In Venezuela Trebbau & van Bree (1974) regard this as related to age. All the juvenile animals are dark grey on the dorsum and silver grey in the lateral and ventral areas of the body. The older animals are much lighter in color, especially on the lateral and ventral body parts where the color turns into a pinkish-grey same as on the flukes and some parts of the head. The pinkness is the result of a progressive loss of pigmentation. This occurs with age as well as with the development from scar tissue which is light pink in color (Martin & da Silva, 2006) (Fig. 5).

The animals live predominantly solitary, with between 58-81% of all animals observed being alone. Pairs of Inias account for about 12-26% and are most often dam and offspring. Group sightings are rare (Best & da Silva, 1989b).

Males reach sexual maturity after 10 years and with a size range of 190-198 cm and females are sexually mature after 5 years of age and lengths of 160-183 cm (Boede et al., 2018).

Gestation in wild river dolphins lasts 12.3-13 months. One calf is born and is nursed for 1.5-5.8 years. The mean birth interval is 4.6 years (Martin & da Silva, 2018). Neonates are dark grey in color, are 80 to 83.5 cm long and weigh from 6.9-10 kg (Boede et al., 2018).

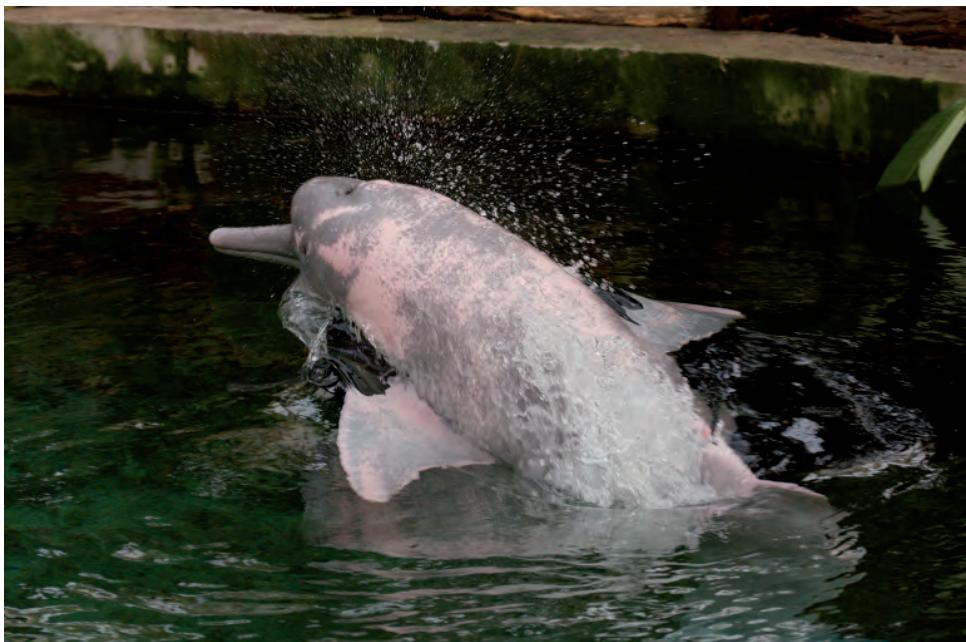


Fig. 5: *Inia geoffrensis* surfacing at the Rio Negro exhibit at Zoo Duisburg. Photo: C. Kuster.

Although the Amazon dolphin is widely distributed its IUCN status was moved from data deficient to endangered (da Silva et al., 2018). It is included in Appendix II of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES).

The history of Inias under human care

The first specimen was collected by A.R. Ferreira in 1790. He sent it to Lisbon where it was later stolen and brought to Paris by St. Hilaire on orders of Napoleon Bonaparte (Best & da Silva, 1989a).

The first live Amazon River dolphins to be imported into the United States of America were four animals captured in the Upper Amazon River in Leticia, Colombia and transported to Silver Springs of Ocala, Florida in 1956. One female arrived dead, one small male died the following day and the remaining two lived for over a year (Caldwell et al., 1989). The small male was euthanized with ether in March 1957. Only two months later the large male died of severe bronchial pneumonia (Layne & Caldwell, 1964). Next to congestion in the lungs and an extensive hemorrhage in the brain, several pieces of wood were discovered in the stomach of the animal. Nine Inias were brought alive to Tarpon Zoo (USA) in 1956 and lived for a maximum of about a year. One more female came in 1959 and died after arrival. These first captures were all carried out by the means of harpoons, leaving some animals severely injured. The Inias were then loaded on a plane and covered with wet cloths. Some animals died of the infection induced by the harpoon wounds, others from the exhaustion of capture and transport.

In 1962 Fort Worth Zoo, Texas (USA) received the first animal caught by net capture. In 1963 several Inia were brought to Homosassa Springs (USA) (Layne & Caldwell, 1964).

34 Inias had been imported to the Unites States in 1965 and only four animals survived. Despite this high mortality the Inias became of increasing interest because now the zoos and

aquaria were able to add dolphins to their collection without having to build expensive saltwater facilities. By 1966, a total of more than 70 Inias had been imported, of which 19 were alive (Caldwell et al., 1989). Until today a total of more than 140 Amazon River dolphins were imported into the United States (Bonar, 2007). Only a few solitary males survived for longer times. One Inia at the Shedd Aquarium (Chicago, USA) lived there for 16 years, "Buster" in Niagara Falls (Buffalo, USA) for almost 20 years (died in 1987 at the age of 23 years) and "Chuckles" at Pittsburgh (USA) for 32 years (died in 2002 at the age of 34 years) (Caldwell et al., 1989; Kirkpatrick, 2019). After modifying the capture methods and avoiding harpooning a lot of the animals imported in the 1960s died of pneumonia and shock most probably due to the stressful transport methods. The animals were predisposed to bacterial infections by a high load of pulmonary trematodes at the time of capture. The dolphins were transported in unheated planes exposing them to draft. In addition, long distance flights in high altitudes resulted in low air pressure in the cabin which in turn caused stress in the animals (Layne & Caldwell, 1964; Caldwell et al., 1989; Bonar et al., 2007). Taking these problems into account, it was recommended to administer oxygen, pressurize the flight cabin, keeping the animals from draft and initiating a prophylactic antibiotic treatment (Layne & Caldwell, 1964). After survival of capture and transport the next hurdle was the belief that a social breeding colony of Inias under human care is desired. Stress and injury induced by conspecifics was the second major cause of death. The Inias attacked each other violently, causing shock or leaving wounds that led to bacterial infections. Fort Worth Zoo and Silver Springs, the early displays, had to separate the animals permanently (Layne & Caldwell, 1964; Caldwell et al., 1989). More animals also put higher pressure on the Life Support Systems (LSS) with the increased organic waste leading to high bacterial loads and therefore promoting skin infections as well (Bonar et al., 2007).

Other reported problems were fungal skin infections as well as sunburn by providing too shallow and extremely clear water. In their home range the murky waters serve as natural sun protection (Layne & Caldwell, 1964).

Three births have been reported in the United States, two of them at the Fort Worth Zoo, Texas (one stillbirth and one animal that lived only moments) and one at Marineland Florida (survived for two weeks) (Caldwell et al., 1989; Boede, 2005).

The popularity of Inia did not last very long as the public never really discriminated between this species and their marine counterparts (Layne & Caldwell, 1964).

1.1 Inia were brought to the Kamogawa Sea World aquarium in Japan in 1968. The female died in 1972 after 787 days and the male died in 1986 after 16.4 years at the aquarium (Layne & Caldwell, 1964; Tobayama & Kamiya, 1986).

The most successful institute of keeping Inias under human care was the Aquarium de Valencia Juan Vicente Seija in Valencia, Venezuela. Like Duisburg the aquarium received 3.2 *Inia geoffrensis humboldtiana* from the river Apure in 1975. 3.2 more animals followed in the next ten years. Of these 10, 8 died after an average of 1.5 years at the aquarium. Aggression (3 animals), parasitic infection (1 animal with a trematode in the inner ear) and foreign body ingestion (4 animals) were reported as the cause of death. The foreign bodies consisted of sand, coins, stones, keys, screws and nails (Boede et al., 2018). Foreign body ingestion is not uncommon in river dolphins and has reported as cause of mortality before (Bonar et al., 2007; Kirkpatrick, 2019). Objects like sticks, stones and sand have been reported in wild animals as well (Boede, 2005). Since the 1980s the team of Valencia has directed this issue by performing annual health check-ups that included blood samples, fecal samples, radiography and gastric lavage (Boede et al., 1998; Bonar et al., 2007). Gastric lavages were sometimes even carried out on a bi-annual basis (Boede et al., 1998). In contrast to most other Inias under human care, the animals in Valencia were fed a great variety of fish species. Each animal received 2-5 kg of fish per day and a total of 53 species of freshwater fish were provided. In total the Valencia Aquarium had

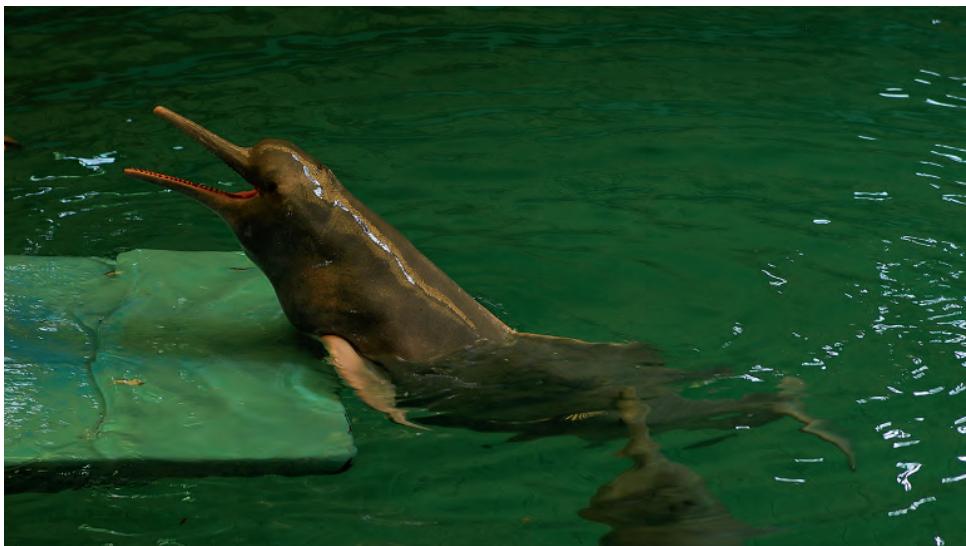


Fig. 6: An *Inia geoffrensis humboldtiana* at the Valencia Aquarium in Venezuela. Photo: R. Edler.

been housing Amazon River dolphins for 41 years. From 1994 a breeding group of 1.3 animals was established and 8 calves were born up to 2016 (Boede et al., 2018). “Helena” came to the aquarium in April 1994, was pregnant at capture and gave birth to a female calf (“Artémis”) in October of the same year. The calf was handled for the first time after 6 months at a length of 93 cm, weighing 13 kg and had no teeth erupted (Boede et al., 1998). “Helena” died in march 1995, but the calf survived. The two other females bred at the aquarium. “Penélope” gave birth to one stillborn calf (1999, male, 82 cm, 6.9 kg), and three healthy ones, “Telémaco” (2000), “Zeus” (2005) and Helena II (2009). “Dalila” had one miscarriage and produced three calves that did not survive more than 10 days: a male in 1999 (died soon after birth due to maternal aggression, 80 cm, 7.4 kg), a female in 2001 (died 17 hours after birth, 83 cm, 7.5 kg) and another male in 2003 (died at 10 days after birth, 81.5 cm, 7.5 kg). The latter two did not nurse properly.

The management at the Valencia Aquarium changed in 2008, creating problems in maintenance of the dolphin enclosure and starting a series of health problems (Fig.6). The first group of dolphins (“Ulises”, “Penelope” and “Artémis”) died in January, February and March 2011 respectively and the remaining animals in May, June and August of 2016 (Boede et al., 2018).

The Venezuela expedition

In the language of the indigenous people of Venezuela the Inias were called orinucuas or orinoconas. The Spanish conquerors named them toninas. This was continued in Venezuela and Colombia (Boede, 2005). “Endeavor Tonina” was the project that received financial support on the occasion of the 40 year anniversary of Zoo Duisburg, Germany. Volkswagen busses marked with “Zoo Duisburg – Orinoco-Apure-Expedition-Alemania” drove through the burning hot and dusty Llanos of Venezuela. On board were Dr. Wolfgang Gewalt, zoo inspector Lothar Reimann, dolphin trainer Reinhold Reimann, future tonina keeper Peter Schulz, as well as 7 media representatives. On February 26, 1975 the crew arrived in Caracas, Venezuela. After organizing various equipment material they headed towards San Fernando de Apure where Dr. Pedro Treb-

bau had reported Inias in abundance (Trebba & van Bree, 1974). On the way several other animals like capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), various reptiles and amphibians were caught and stored for the transport to Germany. In the Orinoco Basin, Rio Apure, Venezuela, the subspecies of tonina is *Inia geoffrensis humboldtiana* named after the scientist and explorer of the Orinoco, Alexander von Humboldt.

At the proposed capture site, approximately 12-15 river kilometers east of San Fernando, it took the team, together with Dr. Pedro Trebbau who joined from Caracas, two days to find local help to approach the Inia in a successful manner (Gewalt, 1975). The clay-colored turbidity of the water aggravated the progress. Fishermen on a canoe caught the first Inia, an adult male. This 195 cm long animal (from tip of the beak to median notch of the flukes), later called "Vater" (German for father), was tied in the water with the help of a towel around the peduncle of his flukes. His "calls for help" attracted other toninas (Gewalt, 1978) (Fig. 7). A net was stretched out, but the river dolphins outsmarted the catchers. One animal jumped over the net rope, another one dove beneath it and a third one deepened the size of one mesh to 60 x 60 cm. One subadult animal, later called Halbstarker (German for teenager), hit Dr. Gewalt's knee, leaving both of them equally surprised. But the director was still attentive enough to secure the 136 cm long precious prey. After two more hours and several attempts, three more toninas were netted (Fig. 8). The original plan was to bring back three animals, but in this catch were three animals of major importance. One 188 cm long female, later called Mutter (German for mother), and not as easy

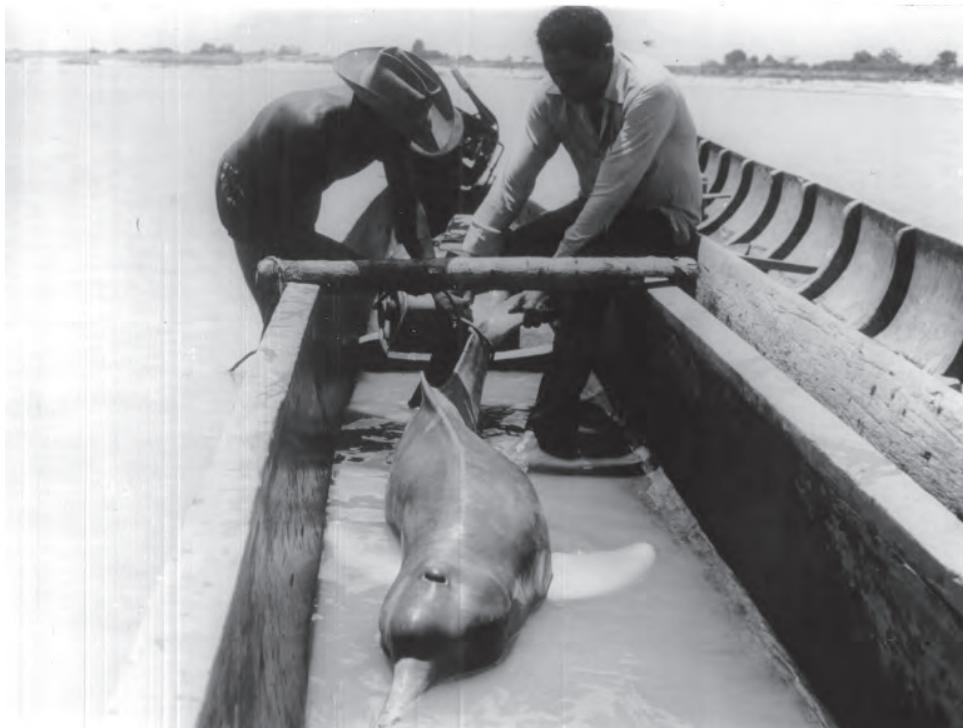


Fig. 7: First capture of a male Amazon River dolphin in Venezuela. The animal is placed in a boat and a rope is tied around its peduncle before it is released into the river to help attract other dolphins. Source: Archive Zoo Duisburg.



Fig. 8: Dr. Gewalt (left) and Dr. Trebbau (right) taking another dolphin to the boat. Source: Archive Zoo Duisburg.

to restrain as the males before. The reason for her relentless opposition became comprehensible when the 62 cm long baby tonina, called “Baby” up to his death at old age, surfaced close to her.

The enterprise was more than fulfilled but there was still a large surprise waiting for the team. A true albino river dolphin emerged from the murky waters. This aged and emaciated 195 cm long female had several missing teeth with the remaining dentition being of brownish discoloration. Although the chances of survival were rated rather low, Dr. Gewalt did not want to let this opportunity pass to take this rare specimen along (Gewalt, 1975) (Fig. 9). Although this might sound like a cowboy mission, the steps that followed the capture were elaborately planned. Many preceding captures of river dolphins were seemingly executed in a happy-go-lucky-manner but these creatures seemed to be even more sensitive than the marine dolphins. This in mind the zoologists and keepers already prepared transport mats, so called stretchers, in various sizes in Duisburg. In addition to these, the dolphins were covered with lanolin ointment and moist muslin blankets to protect the sensitive skin from drying out and sun burn. Their bodies were protected by foam rubber pads and a prophylactic medical treatment consisted of antibiotics, steroids, a tranquilizer and vitamins (Gewalt, 1975; Gewalt, 1978).



Fig. 9: The aged albino female at the moment of capture in Venezuela. Source: Archive Zoo Duisburg.

Before heading off, the governor of the state of Apure came to visit the albino female, a true sensation, and her long survival was most probably granted to the protective properties of the muddy waters shielding the skin and eyes from the sun and leaving the animal undiscovered until now. In San Fernando the Inias were moved to a private swimming pool, 4 x 5 m in size with a water depth of 1 m. To enhance the hygienic conditions of the transport water the dolphins were not fed prior to shipment. The pool was drained and the Inias again protected by ointment and moist blankets were lifted on the stretchers into customized transport boxes on a truck. The layout had been prepared by zoo inspector Reimann and a colleague from Dr. Gewalt; Senior Steinworth in Caracas finalized the crates according to the needs. The boxes were 2.60 m in length, 70 cm in width and 80 cm in height (outer dimensions). Openings to hang in the stretcher were added at the top of each short side. 3 handles were applied on each long side to enable manual transport for short distances. After a short 1.5-hour flight to Maiquetia/Caracas the Inia crates were filled with fresh water. The Lufthansa flight LH 519 "Romeo" headed out to Düsseldorf, with a stopover in Las Palmas (Spain) to supply lukewarm replacement water. During the flight the whole team kept busy with protecting the animals from draft and overheating as well as keeping them moist. On March 16, 1975 shortly after 7 a.m., the first river dolphins in Europe started the last kilometers of their 10.000 km journey in an air-conditioned truck. A crane lifted them into their new habitat 25 minutes later (Gewalt, 1975; Gewalt, 1978) (Fig. 10).

The first tonina pool at Zoo Duisburg

The origin of the first tonina pool were two former carp pools which were combined and enlarged. From this a 6.75 m x 5.45 m mainpool and a 1.90 m x 2.70 m side pool were built. Both pools were interconnected by a 1 m wide and 0.78 m deep outlet, which could be closed by a gate. Water depth was 1.72 m in both pools and total water volume 75 m³. At one corner

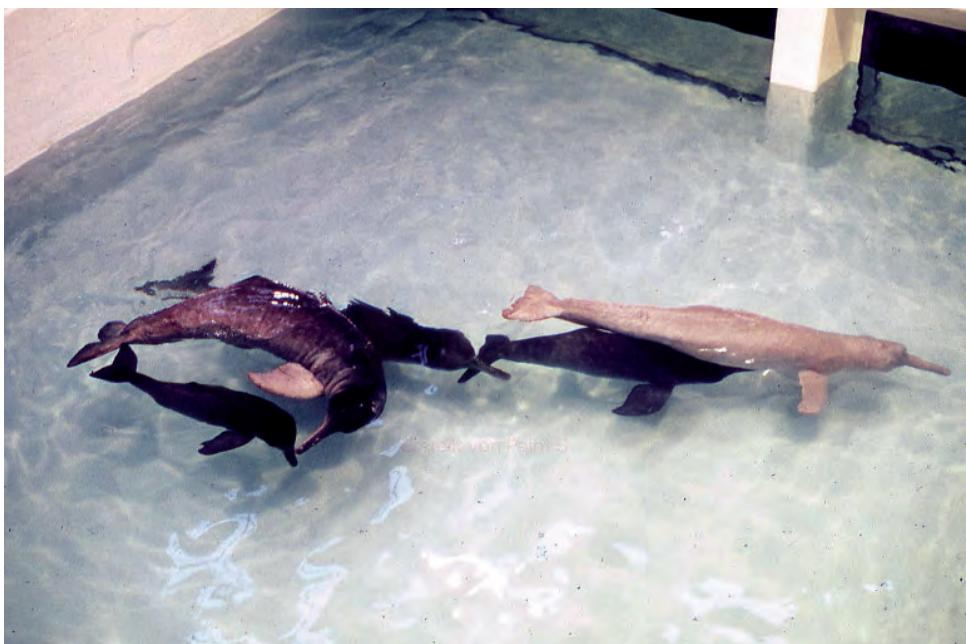


Fig. 10: The first river dolphins in Europe in their pool at the Duisburg Zoo. Source: Archive Zoo Duisburg.

was a triangular wooden platform of 1.20 m². Insight into the main pool from the visitor side was made available through two 2.90 m x 0.89 m large underwater windows. A concrete ring of 1.20 m diameter with stiff-bristled brushes attached to the in- and outside was located at the bottom of the main pool. Water and ambient temperature were kept at 27-28 °C and up to 33 °C respectively with an overall air humidity of 60-80% within the exhibit.

The complete turnover rate of the water volume was 2.5 hours. The water was filtered by means of two gravel filter towers containing different grades of sand, aided by flocculation with sodium aluminate as gel on top of the gravel (Gewalt, 1977; Ostenrath, 1976). The animals were fed with 5-7 kg of herring (*Clupea harengus*) per animal per day, except the baby who was still nursing (Gewalt, 1975) (Figs 11 & 12). Mackerel (*Scomber scombrus*) was added to the diet and fed from the platform (Gewalt, 1978). Additional nutritional enrichment was created by feeding live tench (*Tinca tinca*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*), however the animals did not eat but only hunted and killed the fish most of the time. The tonina baby adapted to eating fish with the help of live 10-12 cm long crucian carps (*Carassius carassius*). The adult animals refrained from eating seafish thereafter as well (Gewalt, 1978). The fish species fed in later years consisted of live rainbow trout and cut pieces of Eurasian carp (*Cyprinus carpio*) at 3-5 kg per animal per day provided out twice daily (Verfuß, 1996).

After the arrival of the animals the filter system proved insufficiently especially because there were two more animals than planned and therefore a higher biological waste load.

A third filter tower was installed (Gewalt, 1978). Still the animals showed severe skin lesions only weeks after arrival. So far, the experience in Duisburg concentrated on much cooler and chlorinated salt water. Now fresh water with a much higher temperature and within a heated house created an ideal substrate for the development of mycotic and bacterial infections. A first attempt to add chlorination at 0.8-1.0 mg/l showed the sensitivity of *Inia* skin towards the



Fig. 11: Feeding the river dolphins from hand after arrival at Zoo Duisburg. Source: Archive Zoo Duisburg.



Fig. 12: The aged albino dolphins shows good appetite despite being of rather low body condition. Source: Archive Zoo Duisburg.

chemical. The skin became dry and cracked and the wound healing was delayed. Therefore, the chlorination was reduced to 0.02 mg/l of free chlorine and 0.2 mg/l of combined chlorine. Still the water quality and transparency did not fulfill the expectations. 12.5% of the pool was replaced on a daily basis and a low level of chlorine was maintained. A method of water sterilization using ultraviolet rays was introduced. After passing the filters the water was led through a box (156 cm long, 56 cm wide and 40 cm high) where it passed at a rate of about 35 m³/h through a quartz glass tube surrounded by 10 UV lamps of 30 watts each. Flocculation and chlorination were removed and 20% of the water was changed daily. The water quality was improved effec-



Fig. 13: *Candida albicans*, a yeast infection, covering large parts of the body of all five animals after arriving at Zoo Duisburg in 1975. Source: Archive Zoo Duisburg.

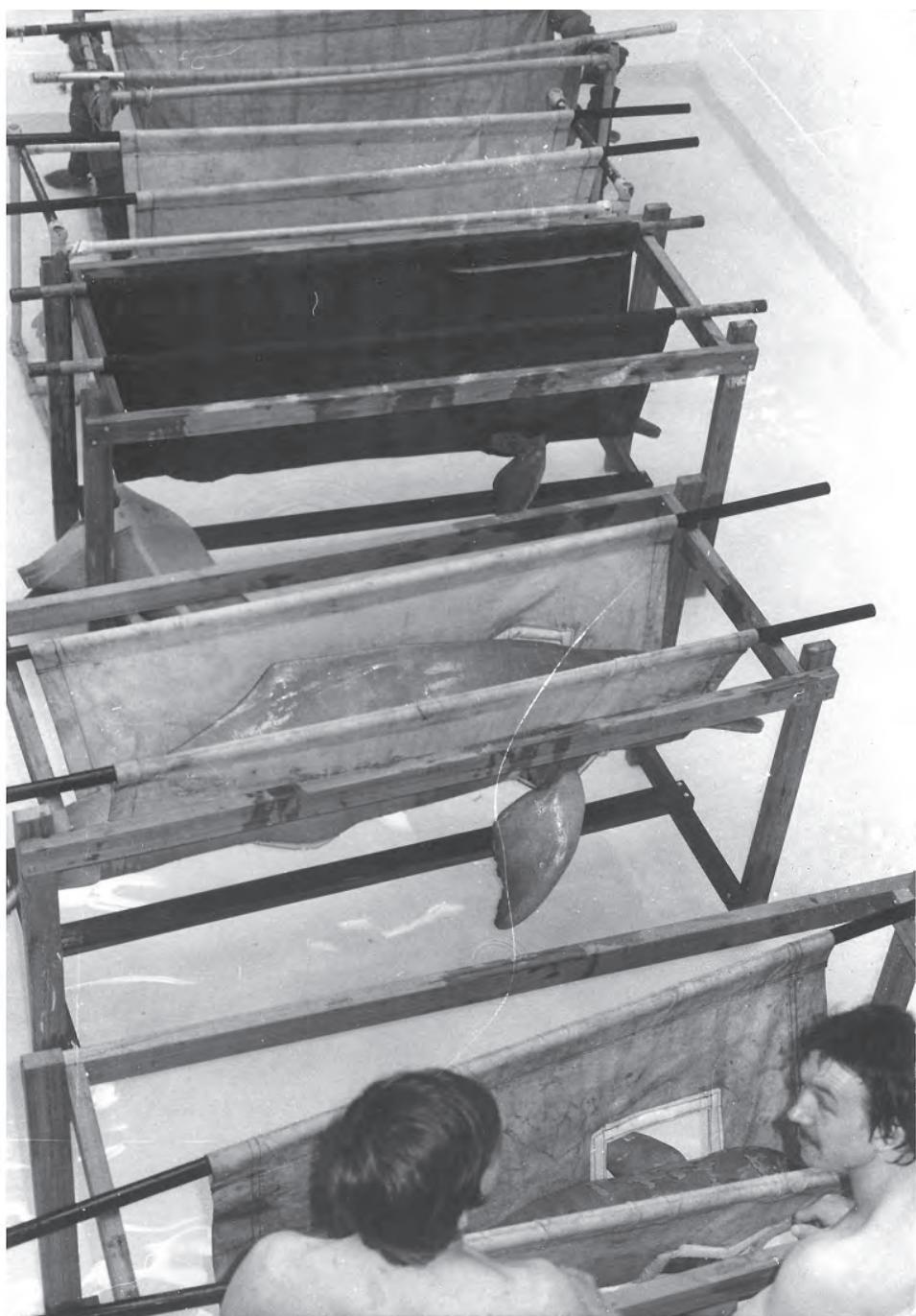


Fig. 14: Animals placed in stretchers for daily treatments during an interval of 5-day treatments repeated three times one week apart. Source: Archive Zoo Duisburg.

tively (Gewalt, 1977). Every 2-3 weeks the pools were manually cleaned from algae when the water level was lowered to 40-50 cm in height. It took one to two days to completely refill the pool with fresh and filtered water (Verfuß, 1996).

The pathological skin changes had to be treated quite labor-intensively. At first, all five animals had a dark grey film which covered nearly the whole-body surface. The yeast *Candida albicans* was diagnosed and treated with a 14 days course of Amphotericin which cleared it up (Fig. 13). In addition, a massive bacterial mixed flora was detected with a good response to Gentamicin revealed by an antibiotic resistance test. The animals were taken out of the water daily for five days and were placed in stretchers (Fig. 14). Sodium iodine solution (10g NaI to one liter of water) was applied to their bodies to disinfect the skin. After some time, a Borax Glycerine mixture was then used to reduce the degreasing effect of the iodine. Additional 30 minutes later a home-made Gentamicin ointment completed the percutaneous treatment and was left there for another two hours. The treatment was finalized with an injection of Gentamicin,



Fig. 15: Injured beak of the albino female. Damage on skin and connective tissue on the proximal part of the lower beak. Source: Archive Zoo Duisburg.

adding Penicillin on day 1 and day 3 and Vitamin D3 on a single day before the animals were returned to the water. The 5-day treatments were repeated three times at intervals of one week. During treatment times the water was changed on a daily basis. All clinical signs dissolved after two months (Ostenrath, 1976; Gewalt, 1978).

An additional skin condition was noted when the albino female and the adult male developed two resp. one table-tennis ball-sized growths which contained parts of a catfish (*Doras*).

Parasitological infections with roundworms (*Anisakis*) and cestodes (*Diphyllobothrium sp.*) were treated accordingly (Gewalt, 1978).

The presumably old albino female hurt the proximal part of her lower beak on the pool walls, probably while being chased by the male. The skin and connective tissue on the tip of the snout had been destroyed (Fig. 15). To avoid further progression and subsequent infection of the wound, the treatment consisted of medications (Gentamicin ointment and Althosol (mixture of cod liver and wood tar) spray) as well as mechanical protection. A 10 cm piece of an inner tube of a bicycle was glued together at one end, punctured in several places to avoid airtight sealing and used to cover the wound. It allowed to heal the wound completely (Ostenrath, 1976) (Fig. 16).

Unfortunately, on August 28, in 1975, only 6 months after arrival, the albino female died. The necropsy report revealed a severe inflammation of the lungs and pleura caused by a bacterial infection with a hemolyzing *Streptococcus*.

The remaining female took good care of her offspring until she died on May 30, 1976. The pathological examination showed a bronchopneumonia of both lungs, a flaccid dilatation of the right heart ventricle, a localized fibrinous purulent peritonitis in the area of the left kidney as well as an ulceration of 6 cm in diameter at the lesser curvature of the stomach caused by a parasite, *Anisakis marinae*. The pathologists determined cardiac failure as the final cause of death.



Fig. 16: An inner tube of a bicycle was used to protect the injury from progression. Source: Archive Zoo Duisburg.



Fig. 17: Architectural planning of the new exhibit, Rio Negro, at Zoo Duisburg. Architect: Peter Rasbach. Source: Archive Zoo Duisburg.

The three males remained together until 1978. The third male died on December 31, 1978, estimated to be 5 years old. The author was not able to find the corresponding necropsy report at the zoo but, according to the involved keepers at that time, cardiac shock due to being aggressively hunted by the adult male was assumed as cause of death.

“Baby” and “Vater” lived together in this enclosure until the new exhibit was planned and built in 2004 and the animals moved in 2005.

The new exhibit – Rio Negro

An 890 m² tropical indoor hall was built as a reproduction of the natural habitat. The centerpiece comprises a pool complex of 305 m² water surface and 655 m³ water volume. The pool complex consists of a main pool (195 m² and 485 m³) and two side pools (70 m²/105 m³ and 40 m²/65 m³ respectively) all interconnected and separable with watertight gates. Within the pool system there is a central island with abundant vegetation (Fig. 17). The water depth varies between 30 cm to a maximum depth of four meters and is structured in various ways (Fig. 18). Water and air temperature are kept at 28°C with an air humidity of over 70%.

The aspirated water quality is guaranteed by a life support system consisting of mechanical and biological filtration as well as UV disinfection. No chemical additives are utilized within the system. Coarse particles are removed by skimmers. The water then passes multiple layer filters that are charged with quartz gravel of graded granularity in addition to filter charcoal. After this the biological filtration takes place in an approximately 4.80 m tall trickle filter with the filling



Fig. 18: Construction of the Rio Negro. Source: Archive Zoo Duisburg.

material being covered by a biological film. Finally, the water passes a UV disinfection device. The total turnover time of the complete pool water is 2.5 hours.

Visitors were able to observe the dolphins through two large panoramic windows (12 and 6 m long) that were imported from Japan and are 9 cm in thickness. A nice feature is that the water level is at eye height of the average adult visitor which allows seeing the grey color of the dolphins below and the pink color above the water surface.

The transfer of both animals was planned well ahead especially taking into consideration the advanced age of the older male. The pool water in the old exhibit was drained, the animals placed on tailored mats and both of them were closely monitored by the veterinary team (Fig.19). Along the move complete measures of both animals were taken (Fig. 20 & 21). After 41 minutes the dolphins were exploring their new home. The Rio Negro was opened to the public on September 19, 2005. "Vater" died in October 2006, at an estimated age of more than 40 years, leaving "Baby" to himself for another 14 years. The solitary nature of these animals did not raise too much cause for concern still "Baby" was monitored closely because he was never on its own in his entire life. He got accustomed to the new situation quite easily but seemed to enjoy the company of keepers during training and play, divers in the water as well as showed a lot of interactive behavior with the visitors through the glass windows (Fig. 22, 23, 24 & 25). Although not trained for medical behaviors in the past "Baby" seemed to enjoy the attention

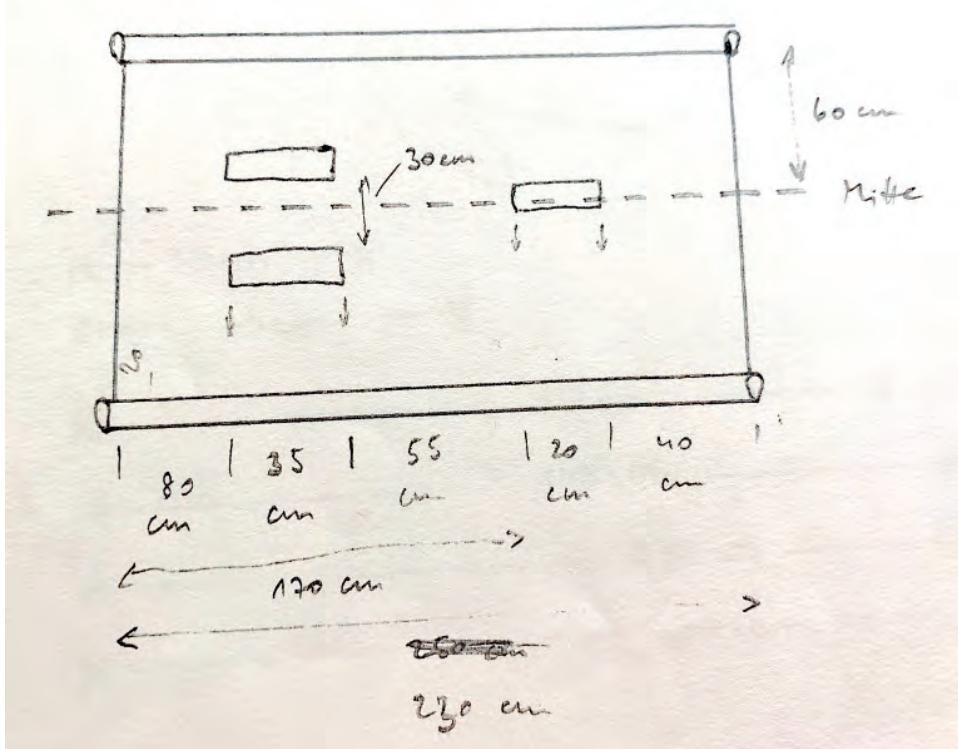


Fig. 19: Drawing of one of the tailored mats for the move of the toninas to the new exhibit. Source: Archive Zoo Duisburg.

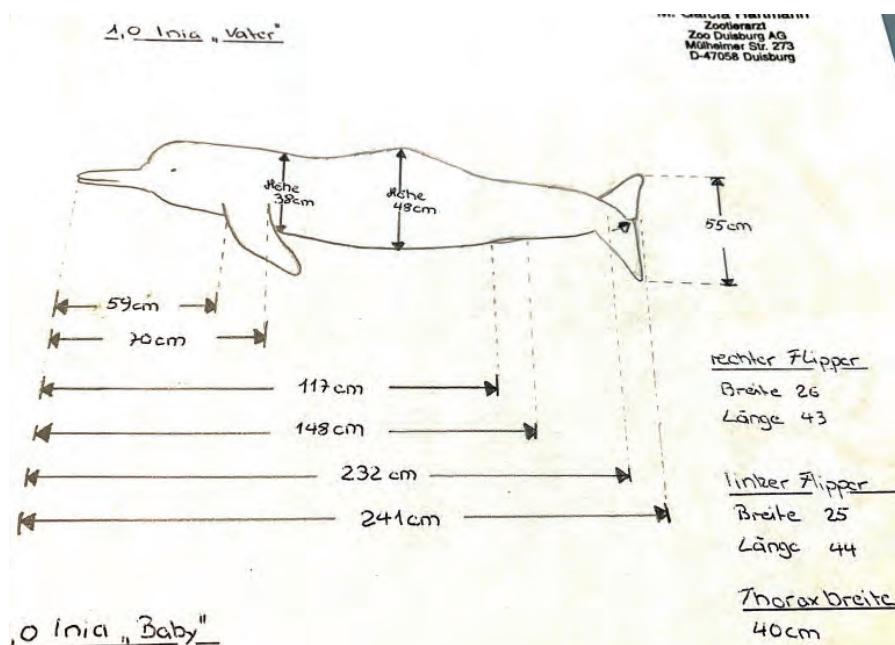


Fig. 20: Measurements of Amazon River dolphin "Vater". Source: Archive Zoo Duisburg.

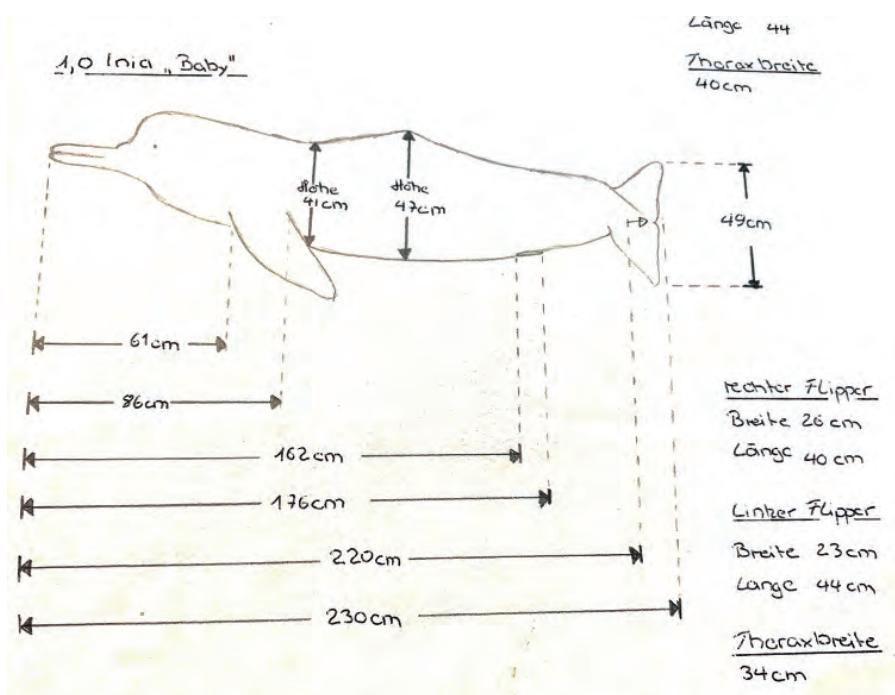


Fig. 21: Measurements of Amazon River dolphin "Baby". Source: Archive Zoo Duisburg.



Fig. 22: River dolphin "Baby" plays with a hose at the Zoo Duisburg. Photo: C. Kuster.



Fig. 23: As a part of the behavioral enrichment some fishes are fed alive to the animals. Photo: C. Kuster.



Fig. 24: Fitness training is included into the behavioral training program. Photo: J. Tegge.

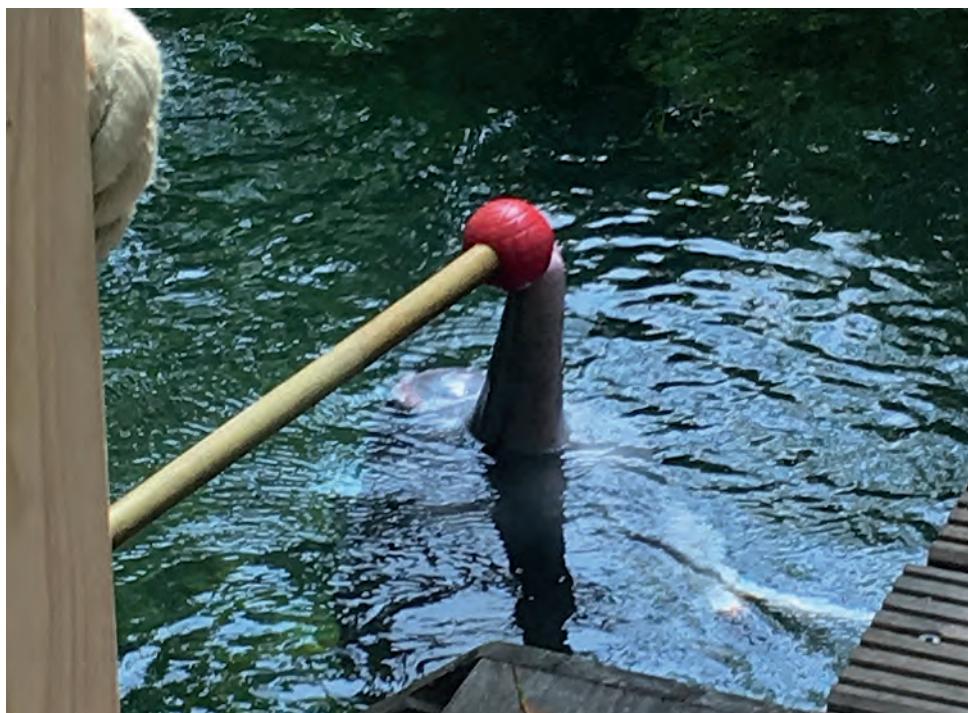


Fig. 25: "Baby" has adapted well to target training. This initiated the first medical training of river dolphins at Zoo Duisburg. Source: Archive Zoo Duisburg.



Fig. 26: The presentation of the tail fluke is the first step in the venipuncture training. Source: Archive Zoo Duisburg.

and soon it was possible to take blood from the tail fluke as well as to perform ultrasound examinations (Fig. 26).

Unfortunately, “Baby” developed the dreaded “golf ball disease”, an infection of the skin with *Streptococcus iniae* among other bacteria. This aquatic pathogen of farmed fish species causes disease in Amazon River dolphins, a bottlenose dolphin and a short-beaked common dolphin (*Delphinus delphis*) (Pier and Madin, 1976; Song et al., 2017; Souter et al., 2021). Golf ball disease is a chronic suppurative dermatitis that causes spontaneously developing abscesses and

it has been reported in many institutions. Still the Valencia Aquarium never had these issues. It is assumed that the disease might have a nutritional component to it and that a greater variety of freshwater fish like it was fed out in Valencia might prevent it (Bonar et al., 2007). In Duisburg, the developed subcutaneous abscesses were treated according to the literature and the lesions resolved leaving only granulation tissue on frontal part of the melon and on both sides of the dorsal fin (Bonar & Wagner, 2003). In 2020 the condition reoccurred leaving deep ulcerations on multiple locations alongside the dorsal ridge (Fig. 27). Although not progressing in the subjacent muscle layers, which was confirmed during necropsy, the lesions caused some kind of discomfort to the animal. Local and parenteral treatment did not cause significant improvement and the animal went off food in December 2020. For welfare reasons “Baby” was anesthetized and humanely euthanized on December 21, 2020, after 45 years in Duisburg.



Fig. 27: Deep ulcerations alongside the dorsal ridge after the subcutaneous abscess ruptured. Source: Archive Zoo Duisburg.

Research at Zoo Duisburg and other institutions

Due to the murky waters of the Amazonian Rivers it was nearly impossible to study Inias in former times. Most of the research outside of zoological gardens or aquaria was done on carcasses or a few specimens captured for research purposes. In the wild it was merely impossible to study echolocation, behavior or reproductive behavior. This all changed when the river dolphins became part of the zoo collections and were therefore accessible for researchers around the world. One of the main areas of interest was the behavior.

Social behavior

Due to their rather solitary nature many captive Inias showed aggressive behavior to their conspecifics (Layne & Caldwell, 1964; Caldwell et al., 1989). Besides biting and chasing, aggressive behavior consisted also of stealing food from others or preventing them from obtaining it (Caldwell et al., 1989). An exception is an apparent long-term relationship between dam and offspring. This was visible in the relationship between “Mutter” and “Baby” (Gewalt, 1978). Most aggressive behaviors in Duisburg were seen between “Halbstarker” and “Baby”. After the death of the former mentioned several ethograms of “Vater” and “Baby” confirmed that overall aggressive behavior was rare and often ritualized (Bonar et al., 2007). One study reported them swimming together for 70-90% of the time observed (Renjun et al., 1994). In the wild intraspecific aggression has been reported as well. A study conducted in the Mamirauá Reserve in Brazil showed tooth rake scars in both sexes although adult males were much more scarred than adult females. The authors relate this to intermale aggression causing sometime

life-threatening wounds. A possible involvement of other animal species in the study area, the tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) and caimans (*Melanosuchus niger* and *Caiman crocodilus*) were excluded by teeth distance evaluation (Martin & da Silva, 2006).

Sexual behavior

In captivity, homosexual behavior between males has been observed (Spotte, 1967; Sylvestre, 1985), as well as masturbation (Spotte, 1967; Sylvestre, 1985; Schreib & Burrows, 1988). Masturbation can be performed while lying on the back or using objects (Layne & Caldwell, 1964) (Fig. 28). In Duisburg “Baby” used pieces of fish to perform sexual behaviors.

Both behaviors seem to occur independently of hormonal activity (Boede et al., 2018).



Fig. 28: Sexual self-stimulation of a river dolphin at Zoo Duisburg. Photo: C. Kuster.

Play behavior

Amazon River dolphins in the wild have been reported to pull grass under water, throw sticks and river turtles and play with wooden logs (Best & da Silva, 1989a). Solitary play behaviors with objects and social play with other dolphins or human beings have been observed in captive animals as well (Layne & Caldwell, 1964; Pilleri et al., 1980).

In Duisburg the toninas demonstrated a high level of curiosity and showed creative approaches in the use of many different objects given to them (balls and rings, pots, brushes, rubber tubes, rugby balls, etc.) (Gewalt, 1989; Renjun et al., 1994) (Fig. 29 & 30). Various examples are given in the literature (Gewalt, 1987; Horstmannhoff, 1975; Stachelhaus, 1977; Kröger, 1984; Sylvestre, 1985). The toys were carried in the beak or tucked under a flipper, balanced on the rostrum or tossed above the water surface. Fixed objects, like the aforementioned concrete ring with brushes attached to it, were used for rubbing. Even without objects the dolphins showed play behavior (Renjun et al., 1994).

A special behavior was noted from 1984 on. The animals invented a game with self-produced air bubbles. The dolphin surfaces, takes air into its mouth and dives to the bottom of the pool. It

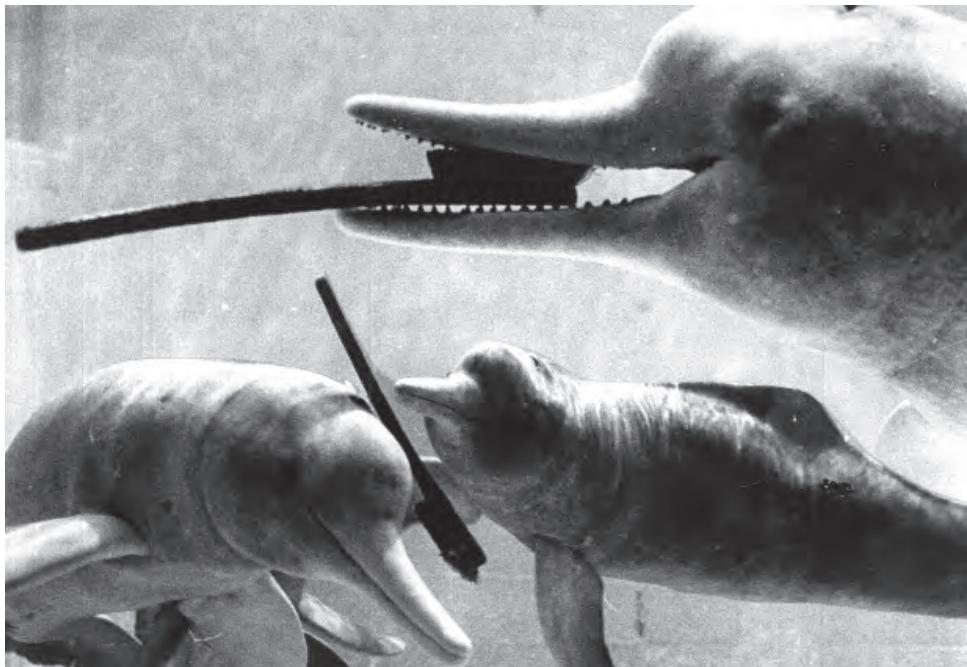


Fig. 29: The whole group at Duisburg interacting with toys. Source: Archive Zoo Duisburg.



Fig. 30: Various toys are used. Source: Archive Zoo Duisburg.

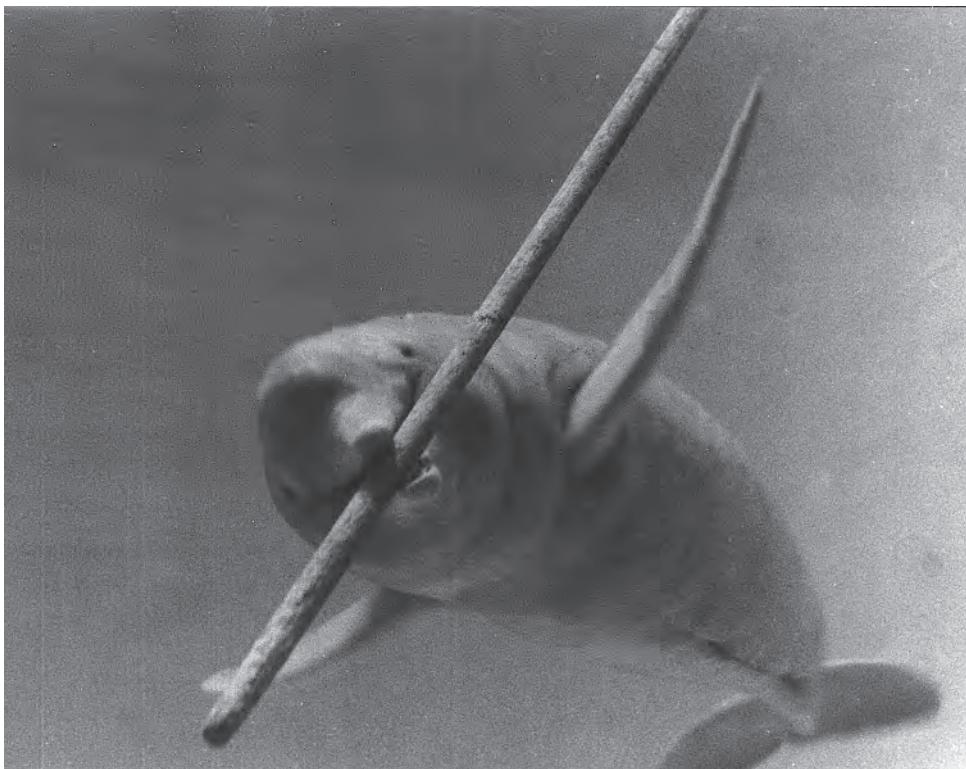


Fig. 31: The brush stick is carried like a lance. Source: Archive Zoo Duisburg.

then slowly and controlled lets the air pass through one side of the mouth to create a straight line of rising bubbles. A certain head movement transforms the row into a bubble ring and the dolphin swims through it. A modification of this became part of the social play. Tool-using has been observed before when one of the dolphins used a brush to rub the other one. Now the adult male took a long brush on a stick in its beak. Holding the stick like a lance, he surfaced and pulled the brush back under water, creating a curtain of air bubbles (Fig. 31). “Vater” or “Baby” rolled themselves into this, probably supplying themselves with a tactile stimulus (Gewalt, 1989).

Feeding – species and quantity

Inias consume notably less food than most other dolphin species. It is particularly important when keeping the animals, especially to understand their feed requirements but also for training Inia because they satiate more rapidly (Krieger, 1986; Schreib & Burrows, 1988; Schreib et al., 1994).

The Inias in Duisburg were individually fed two or three times a day with live fish or freshly killed fish. The diet consisted of 60% trout (*Salmo trutta*), 35% carp (*Cyprinus carpio*) and 5% tench (*Tinca tinca*). Multivitamins were added and the animals fed ad libitum. Kastelein reviewed the food reports of two years (1986 and 1991). “Vater” consumed on average 2.5% of his body weight daily and “Baby” 3.4% at the start and 3.1% on average at the end of the study (Kastelein, 1999). This information was important to be distributed among the local population

in the home range of the dolphins. Some fishermen saw the dolphins of competitors for their daily catch but with a total intake of 2-3 % of their bodyweight the dolphin is no rival at all.

When "Mutter" died, a study of the milk composition was conducted. The protein content was 7.5%, significantly lower than the values reported for this and other species. The fat content of 13% was significantly higher compared to 6.9% in another study. As the milk fat content of some marine mammals increases as lactation progresses, this might be an explanation since "Mutter" had been lactating for a year before this sample was taken (Rosas & Lehti, 1996).

Echolocation

The most elaborate research projects involved the echolocation. Verfuß conducted a study in Duisburg and described the hunt and its associated echolocation behavior and sets them in relation to each other. To impede visual orientation as well as capture of the fish under visual control the room consisting of the pool was dimmed out. The study consisted of video and sound recordings that were taken synchronously. The Inia sends out a click sound. The time that the sound takes from the dolphin to the object and back is measured (two-way-transit time). The dolphin takes a certain amount of time to process the echo of the sound (lag time). Verfuß measured these times and found a relatively constant sound interval of 17 ms which declines close to the goal (about 2-3 ms). This is necessary as it enhances the flow of information to better approach the object and gives more detail. In addition to the sound interval, the Inias also changed the sound amplitude. Further away Verfuß measured a dominant frequency of approximately 100 kHz. On approximation "Vater" reduced the amplitude continuously. The structure of the emitted sounds changed from high-frequent to low-frequent. Here the best frequency was measured at 50 (+/- 2) kHz. A reduction in amplitude compensates for the intensity of the sound.

In March 2018, Dr. Marie Trone, a researcher who studies Amazon River dolphins in Peru, recorded sounds from the remaining Inia in Duisburg. The river waters are often of brownish color with a visibility of only a few centimeters (Fig. 32). In addition, the river dolphins also

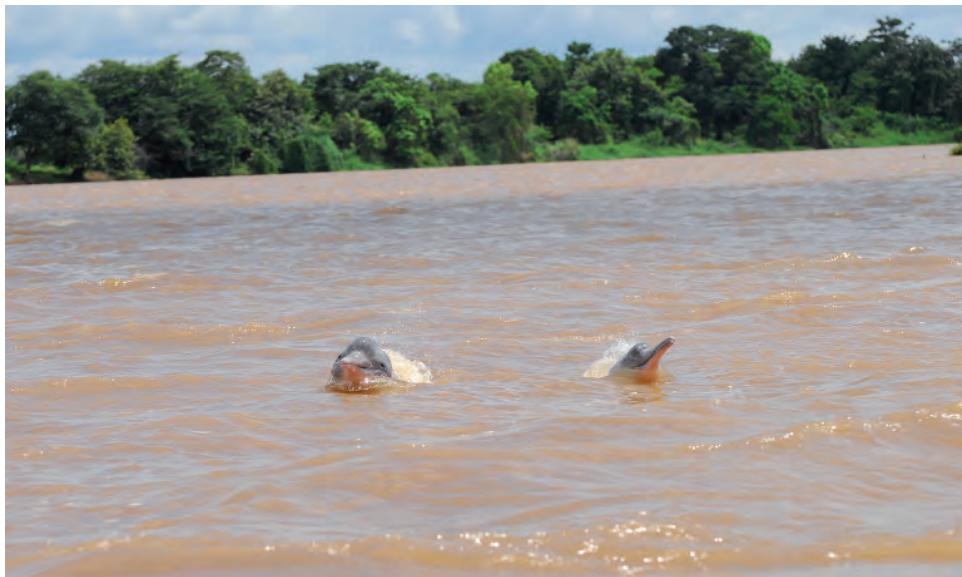


Fig. 32: Amazon River dolphins in the murky waters of Venezuela. Photo: R. Edler.

lack a prominent dorsal fin that helps with identification in other species. Furthermore, the body of these animals is very flexible what prevents exact counting as sometimes one animal might resemble two (Trone et al., 2015). To be able to know more about the population, Dr. Trone is looking for a way to count these animals acoustically. At the Rio Negro in Duisburg, she had the opportunity to compare the settings of the multi-array hydrophone with the yielded time waveforms associated with both on-axis and off-axis clicks (Trone et al., 2019).

Threats for the species – the past and the present

The indigenous people kept their distance from the Inia and attributed them supernatural mystical powers (Gewalt, 1975; Pilleri, 1979; Best & da Silva, 1989b). It was also considered bad luck to kill them. Living close to humans and also being not easy to observe due to the water turbidity many legends have evolved. In one story the Inia transforms into a handsome man and wears a hat to cover its blowhole. It is told that this often happens during festivals and the Inia seduces unmarried women. So, whenever a child was born to an unwed woman after festivals, the Inia was considered the father and was still sometimes put on the birth certificate of children whose father was unknown in 1986. Another story tells about Inia shape-shifting into women and enticing men into drowning (Schreib et al., 1994; Gravena et al., 2008; Siciliano et al., 2018). Some stories attribute the transformation into women to touching the river water in Good Friday as women were not supposed to do laundry in the river at Easter (Pilleri, 1979).

The use of Inias has long been no issue other than the Portuguese colonists using Inia fat for oil lamps (Fig. 33). From the 1980s onwards there have been reports on the capture of Inia for body parts (eyes, teeth and genitalia) to be used as love charms to help attract the opposite gender. This was brought to the region by migrants. The indigenous people do also have a practice of love magic, called “pussanga”, but never involved the Inia (Best and da Silva, 1989b; Gravena et al., 2008; Siciliano et al., 2018). A study revealed that “Boto” amulets sold in central Amazon city markets were not derived from Inia but either from *Sotalia guianensis* or, e.g. as



Fig. 33: A bottle of tonina fat on a market in Venezuela. Photo: R. Edler.

in the city of Port Velho of 90% either pig or sheep origin. This might be a result of the Amazon people reluctance to supply tonina body parts (Gravena et al., 2008). In another study conducted in Brazil, all of the 38 analyzed love charm samples belonged to either Guiana dolphins or pigs. Along the beaches of Northern Brazil incidentally captured dolphin carcasses with missing body parts are commonly observed (Siciliano et al. 2018). Oil is still used but now as a cure for rheumatic diseases, asthma and quite recently for the treatment of SARS-CoV-2 derived respiratory symptoms (Best and da Silva, 1989b; Gravena et al., 2008; Mosquera-Guerra, 2022). Smoked meat of the tonina has been marketed as the meat of the lowland tapir (*Tapirus terrestris*). Aquatic bushmeat is the term recently used to describe these products of marine mammals and like other bushmeat markets these serve as potential for future zoonotic pandemics (Mosquera-Guerra, 2022). In addition to the zoonotic risks there is a serious health risk involved when people consume meat of top predators like the Inia that contains high loads of heavy metals (da Silva et al., 2018; Mosquera-Guerra, 2020).

Chemical pollution from the use of pesticides in large-scale monoculture agriculture and from mercury used in the extraction of gold in placer mining has been reported for a long time (Best & da Silva, 1989b; Rosas & Lehti, 1996; Boede et al., 2018; da Silva et al., 2018). In placer mining the metallic mercury is used to separate the gold from the sediments of the river. The residual mercury in the water accumulates in the fish that the river dolphins consume. Being at the end of the food chain the mercury is stored in the fat tissue. During lactation the fat is then mobilised and the mercury is detected in the milk. A study dating back to 1996 revealed an Amazon River dolphin milk concentration of 176 ng total mercury/ml milk (equivalent to 0.176 ppm) (Rosas & Lehti, 1996). The Food and Drug Administration (FDA) has set a maximum permissible level of 1 ppm in seafood for human consumption (Virginia Department of Health, 2018). This would equal less than 6 ml of dolphin milk.

A milk sample of the lactating female “Mutter” in Duisburg was analyzed in 1975 and showed contents of DDT (Dichlordiphenyltrichloethan) among other chlorinated hydrocarbons (Ge-walt, 1978).

In addition to these threats, the Inias are facing various others, which has led to the re-categorization of *Inia geoffrensis* from Data Deficient to Endangered by the International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List of Threatened Species (Martin & da Silva, 2018; Mosquera-Guerra et al., 2022).

Pollution of the rivers is only one issue regarding the threats to which the animals are exposed (Fig. 34). Deforestation of the river banks for agriculture or the wood industry is increasing and has a negative effect on the fish population which depends on the plants as food source. In addition, the creation of more and more hydroelectric dams as low-cost energy can further eliminate the variety of the fish species the Inias eat as well as fragment the habitat of the dolphins reducing genetic diversity (Best & da Silva, 1989b; Martin & da Silva, 2018; Reeves & Martin, 2018; Martin & da Silva, 2021).

In the last decade the boat traffic has increased (“hydro-highway”) not only from fishing but also from tourist activities and commercial or human transportation (Fig.35). Next to the risk of potential collision with boats, or further fragmentation of the dolphin habitat by structural modifications of the river courses, there is a rising acoustic contamination disturbing the animals (Boede et al., 2018; Mosquera-Guerra et al., 2020).

However, the greatest decline in the population of the Inia is caused by fishing practices (Martin & da Silva, 2021). There has always been a conflict between the Inia and the fishermen since the dolphins have learned to put holes in the fishing nets and feed themselves. In case the dolphin was caught in the net accidentally it was released in most of the cases (Best & da Silva, 1998). With the increasing commercial fishing activities and the use of monofilament nylon gillnets and machine-made lampara nets the risk of entanglements progressed immensely and



Fig. 34: Pollution of the air by large factories close to the river in Venezuela. Photo: R. Edler.



Fig. 35: Boat traffic has increased immensely during the last years. A ferry on a river in Venezuela. Photo: R. Edler.

fishermen were reported to have killed dolphins to protect their fishing gear (Best & da Silva, 1989a; Mintzer et al., 2013; Martin & da Silva, 2021; Mosquera-Guerra, 2020). The reduction of entanglement in gillnets is especially important during calving season as it had been reported that drowning in these nets is a major factor in calf mortality. The time of birth and early weeks in the life of Inia calves take place within the dry season when water levels are considerably low so that lakes or small waterways are formed. Inias become trapped here, but so do the fish which supplies them with sufficient food. At the same time a high density of gillnets are often being fatal for inexperienced newborn dolphins (Martin & da Silva, 2021). The same areas offer a high potential for direct planned captures (Mosquera-Guerra et al., 2022). Starting in the year 2000, the increasing decline of the commercial fish species like the capaz fish (*Pimelodus grosskopfii*) through measures mentioned earlier led to the illegal use of the meat of toninas, tucuxis and caimans as bait to catch the necrophagous catfish piracatinga (*Calophysus macropterus*), also known as mota or simí (Peru), zamurito (Colombia and Ecuador), blanquillo (Bolivia), piracatinga or douradinha (Brazil) or mapurite (Venezuela) (Iriarte and Marmontel, 2013; Mintzer et al., 2013; Brum et al., 2015; Boede, 2018; da Silva et al., 2018; Martin & da Silva, 2021; Mosquera-Guerra et al., 2022). This scavenging fish grows up to 40 cm in length and weighs up to 1 kg. It feeds on dead and rotting animals. Fishing with toninas is preferred as they provide a good amount of carcass material, are locally available and the piracatinga has a preference for its meat (Brum et al., 2015; da Silva et al., 2018). As mentioned before the dolphins can be easily killed in the low water areas by experienced hunters. The outlet is closed during the night and then the animals are harpooned and killed in the morning. Inias do not give up easily and are known to fight for their lives so that they are often killed by a machete or gun. A more cruel and inhumane strategy has been reported where the dolphins are harpooned, tight up around the peduncle and maxilla with a rope and keeping them alive until used for bait (Iriarte & Marmontel, 2013). The meat or other parts of the carcass of the Inias, caimans or domestic animals are placed into wooden or nylon cages at night to entrap the fish which is then immediately frozen and sold to intermediate sellers or processing plants. The cages are called gaiolas and are often 300 x 150 x 130 cm in size. Another way of fishing is to hold a piece of meat between the legs and to catch the fish by hand (Iriarte & Marmontel, 2013; Brum et al., 2015). The piracatinga fishery is highly efficient as it can be carried out at night, easily and one boto carcass can be used to catch fish at a value of USD 1,000 in one night (Iriarte & Marmontel, 2013; Mintzer et al., 2013).

From 2015 to 2020 the Brazilian government declared a moratorium prohibiting fishing, marketing and storage of the *C. macropterus* as an urgent management action to counter the alarming decrease of caimans and dolphins becoming apparent through long-term monitoring (Brum et al., 2015; da Silva et al., 2018). Such a ban had and still has the potential to be effective but currently there is a lack of enforcement, and the illegal geographically dispersed fisheries are hard to monitor (Brum et al., 2015; Martin & da Silva, 2021). The piracatinga is still sold, now labeled with a different name like capaz in Colombia or douradinha in Brazil and the freezing plants are hardly inspected (Mintzer et al., 2013; da Silva et al., 2018).

Conclusion

This paper has attempted to review the experience of keeping Inias in human care. Some husbandry practices have shown that Inias are indeed among the dolphin species that can thrive in human care. The failure to establish a self-sustaining population is probably due more to the capture methods and criteria that prevailed in the early days. It was only when these new methods were adapted but also advances in developments in water quality, feeding and diagnosis and therapy of diseases that these animals were able to be managed properly. Both Valencia and

Duisburg have shown that these animals can be kept well in human care if modern husbandry standards are met. Especially with regard to the question of the possibility of bringing in ex situ management in the event of a further rapid population decline, it is relieving to hear that this option is viable in the case of the Inias. This question was raised at the ESOCC (Ex situ options for cetacean conservation) workshop in 2018 and could not be answered precisely due to a lack of information (Taylor et al., 2020). The data and experiences presented in this paper allow a better assessment and show that Inia is suitable for ex situ management.

Zusammenfassung

Im Dezember 2020 ist der letzte in Menschenobhut gehaltene Orinoco-Flussdelfin (*Inia geoffrensis humboldtiana*) im Zoo Duisburg in Deutschland gestorben. Das Tier war der einzige Süßwassererdelfin weltweit, der mehr als fünfundvierzig Jahre lang in menschlicher Obhut gehalten wurde. Dieser Artikel gibt einen Überblick über die Geschichte dieser ikonischen Art in Zoos im Allgemeinen und im Zoo Duisburg im Besonderen. Er gibt auch einen Überblick über die historischen und aktuellen Bedrohungen, denen die Süßwassererdelfine in freier Wildbahn ausgesetzt sind.

References

- Best, R.C., & da Silva, V.M.F. (1989a). Amazon River Dolphin, Boto *Inia geoffrensis* (de Blainville, 1817). Pp. 1-25 in: Ridgway, S.H., & Harrison, R. (eds): Handbook of marine mammals, Vol. 4. New York: Academic Press.
- Best, R.C., & da Silva, V.M.F. (1989b). Biology, status and conservation of *Inia geoffrensis* in the Amazon and Orinoco River basins. Pp. 23-24 in: Perrin, W.F., Brownell, R.L., Zhou, K., & Liu, J. (eds): Biology and Conservation of the River Dolphins. Occasional Papers of the IUCN Species Survival Commission No. 3. Gland, Switzerland: IUCN.
- Boede, E.O., Ujica-Jorquera, E., & Boede, N.D.E. (1998). Management of the Amazon River dolphin *Inia geoffrensis* at Valencia Aquarium, Venezuela. International Zoo Yearbook, 36, 214-222.
- Boede, E.O. (2005). Importancia de recopilar datos reproductivos en toninas del Orinoco (*Inia geoffrensis humboldtiana*) mantenidas en zoológicos y acuarios. Natura, 127, 32-36.
- Boede, E.O., Mujica-Jorquera, E., Boede, F., & Varela, C. (2018). Reproductive management of the Orinoco river dolphin *Inia geoffrensis humboldtiana* in Venezuela. International Zoo Yearbook, 52, 245-257.
- Bonar, C.J., & Wagner, R.A. (2003). A third report of "Golf ball disease" in an Amazon River dolphin (*Inia geoffrensis*) associated with *Streptococcus iniae*. Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 34, 3, 296-301.
- Bonar, C.J., Boede, E.O., Hartmann, M.G., Lowenstein-Whaley, J., Mujica-Jorquera, E., Parish, S.V., Parish, J.V., Garner, M.M., & Stadler, C.K. (2007). A retrospective study of pathologic findings in the Amazon and Orinoco River dolphin (*Inia geoffrensis*) in captivity. Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 38, 2: 177-191.
- Brum, S.M., da Silva, V.M.F., Rossoni, F., & Castello, L. (2015). Use of dolphins and caimans as bait for *Calophysus macropterus* (Lichtenstein, 1819) (Siluriformes: Pimelodidae) in the Amazon. Journal of Applied Ichthyology: 1-6.
- Caldwell, M.C., Caldwell, D.K., & Brill, R.L. (1989). *Inia geoffrensis* in captivity in the United States. Pp. 35-41 in: Perrin, W.F., Brownell, R.L., Zhou, K., & Liu, J. (eds): Biology and Conservation of River Dolphins. Occasional Papers of IUCN Species Survival Commission. No. 3. Gland, Switzerland: IUCN
- Committee on Taxonomy. 2021. List of marine mammal species and subspecies. Society for Marine Mammalogy. www.marinemammalscience.org, consulted on 31.5.2022.
- Da Silva, V.F.M., Nunes, A.C.G., Louzamira F.B. de Araujo, Batista, J.S., Cunha, H., & Martin, T. (2018). The use of Amazonian dolphins (*Inia* and *Sotalia*) as bait for the piracatinga fishery. Workshop on the Poorly Documented Takes of Small Cetaceans of South America, including in-depth review of the hunting of boto (*Inia geoffrensis*) for the piracatinga (*Calophysus macropterus*) fishery. Santos, Brazil.
- Dral, A.D.G. (1981). Ophthalmoscopic observations on the amazon dolphin, *Inia geoffrensis*. Aquatic Mammals, 8 (2): 40.
- Gewalt, W. (1975). Unternehmen Tonina, eine Expedition zum Rio Apure. Zoo Duisburg.

- Gewalt, W. (1977). Ultraviolet sterilization of water in a pool for tonina (*Inia geoffrensis*). A preliminary report. *Aquatic Mammals*, 5 (3): 69-71.
- Gewalt, W. (1989). Orinoco-Freshwater-dolphins (*Inia geoffrensis*) using self-produced air bubble 'rings' as toys. *Aquatic Mammals*, 15 (2): 73-79.
- Gravena, W., Hrbek, T., da Silva, V.M.F., & Izeni, P.F. (2008). Amazon River dolphin love fetishes: From folklore to molecular forensics. *Marine Mammal Science*, 24 (4): 969-978.
- Hartmann, M.G. (2006). Rio Negro at Zoo Duisburg – a new facility for old Orinoco River dolphins. *EAZA News*, 54: 21.
- Horstmannshof, M. (1975). Verhaltensbeobachtungen am Orinoko-Delphin im Duisburger Zoo. Staatsexamensarbeit. Gesamthochschule Duisburg.
- Iriate, V., & Marmontel, M. (2013). Insights on the use of dolphins (boto, *Inia geoffrensis*, and tucuxi, *Sotalia fluviatilis*) for bait in the piracatinga (*Calophysus macropterus*) fishery in the Western Brazilian Amazon. *Journal of Cetacean Research Management*, 13(2): 163-173.
- Kastelein, R.A., Neurohr, B., Nieuwstraten, S.H., & Wiepkema, P.R. (1999). Food consumption and body measurements of Amazon River dolphins (*Inia geoffrensis*). *Aquatic Mammals*, 25 (3): 173-182.
- Kirkpatrick, K. (2019). Chuckles the River dolphin: Pittsburgh treasure, defier of odds. Zoo walks through history. <https://zoohistories.com/2019/09/26/chuckles-the-river-dolphin-pittsburgh-treasure-defier-of-odds/>
- Kröger, R. (1984). Untersuchungen zum Spielverhalten von Delphinen. Diplomarbeit. Universität Hamburg.
- Layne, J.N., & Caldwell, D.K. (1964). Behavior of the Amazon Dolphin, *Inia geoffrensis* (Blainville), in captivity. *Zoologica: New York Zoological Society*, 49 (5): 81-111.
- Martin, A.R., & da Silva, V.M.F. Sexual dimorphism and body scarring in the boto (Amazon River Dolphin) *Inia geoffrensis*. (2006). *Marine Mammal Science*, 22 (1): 25-33.
- Martin, A.R., & da Silva, V.M.F. (2021). Amazon river dolphins *Inia geoffrensis* are on the path to extinction in the heart of their range. *Oryx* 2022, 56 (4): 587-591.
- Mintzer, V.J., Martin, A.R., da Silva, V.M.F., Barbour, A.B., Lorenzen, K., & Frazer, T.K. (2013). Effect of illegal harvest on apparent survival of Amazon River dolphins (*Inia geoffrensis*). *Biological Conservation*, 158: 280-286.
- Mosquera-Guerra, F., Trujillo, F., Aya-Cuero, C., Franco-León, N., Valencia, K., Vasquez, A., Prieto, C.D., Morales-Meija, D.J., Pachón-Bejarano, G.A., Mantilla-Meluk, H., & Armenteras-Pascual, D. (2020). Population estimate and identification of major conservation threats for the river dolphin (*Inia geoffrensis humboldtiana*) at the Colombian Orinoquia. *THERYA*, 11 (1): 9-21.
- Mosquera-Guerra, F., Trujillo, F., Pérez-Torres, J., Mantilla-Meluk, H., Franco-León, N., Paschoalini, M., Valderrama, M.J., Usma Oviedo, J.L., Campbell, E., Alfaro-Shigueto, J., Mena, J.L., Mangel, J.C., Gillean, C., Zumba, M., Briceño, Y., Valencia, K.Y., Torres-Forero, P.A., Sánchez, L., Ferrer, A., Barreto, S., van Damme, P.A., & Armenteras-Pacual, D. (2022). Strategy to Identify Areas of Use of Amazon River dolphins. *Frontiers in Marine Science*, 9: 838988.
- Ostenrath, F. (1976). Some remarks on therapy of mycotic and bacteriological skin diseases in freshwater dolphins *Inia geoffrensis*. *Aquatic Mammals* 4: 49-55.
- Pier, G.B., & Madin, S.H. (1976). *Streptococcus iniae* sp. nov., a beta-hemolytic streptococcus isolated from an Amazon freshwater dolphin, *Inia geoffrensis*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 26(4): 545-53.
- Pier G.B., Madin S.H., & Al-Nakeeb, S. (1978). Isolation and characterization of a second isolate of *Streptococcus iniae*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 28: 311-314.
- Pilleri, G. (1979). Observations on the ecology of *Inia geoffrensis* from the Rio Apure, Venezuela. Pp. 136-142 in: Pilleri, G. (ed.): Investigations on cetacea. Vol. 10. Bern.
- Pilleri, G., Zbinden, K., & Kraus, C. (1979). The Sonar Field of *Inia geoffrensis*. Pp. 157-176 in: Pilleri, G. (ed.): Investigations on cetacea. Vol. 10. Bern.
- Pilleri, G., Gehr, M., & Kraus, C. (1980). Play Behaviour in the Indus and Orinoco Dolphin (*Platanista indi* and *Inia geoffrensis*). Pp. 57-108 in Pilleri, G. (ed.): Investigations on cetacea. Vol. 11. Bern.
- Popov, V.V., & Supin, A.Y. (1990). Location of an acoustic window in dolphins. *Experientia*, 46: 53-56.
- Renjun, L., Gewalt, W., Neurohr, B., & Winkler, A. (1994). Comparative studies on the behaviour of *Inia geoffrensis* and *Lipotes vexillifer* in artificial environments. *Aquatic Mammals*, 20 (1): 39-45.
- Rosas, F.C.W., & Lehti, K.K. (1996). Nutritional and mercury content of milk of the Amazon River dolphin, *Inia geoffrensis*. *Comparative Biochemical Physiology*, 115A (2): 117-119.
- Schreib, S., & Burrows, A. (1988). Behavior of a long-term captive male Amazon River dolphin during training sessions. Pp. 77-81 in: Ramirez, K., & Hecker, N.F. (eds): Proceedings of the 16th Annual Conference of the International Marine Animal Trainers Association. San Antonio: Sea World of Texas.
- Schreib, S., Burrows, A., Smith, T. (1994). The Amazon River dolphin (*Inia geoffrensis*). Soundings: Newsletter of the International Marine Animal Trainers Association, 19 (2). http://www.imata.org/uploads/issues/pdf/1994_q2_soundings.pdf
- Siciliano, S., Viana, M.C., Emin-Lina, R., & Bonvicino, C.R. (2018). Dolphins, Love and Enchantment: Tracing the Use of Cetacean products in Brazil. *Frontiers in Marine Science*, 5: 107.

- Song, Z., Yue, R., Sun, Y., Liu, C., Khan, S.H., Li, C., Zhao, Y., Zhou, X., Yang, L., & Zhao, D. (2017). Fatal bacterial septicemia in a bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* caused by *Streptococcus iniae*. Diseases of Aquatic Organisms, 122 (3):195-203.
- Souter, R., Chaber, A.L., Lee, K., Machado, A., Lam, J., & Woolford, L. (2021). Fatal *Streptococcus iniae* infection in a juvenile free-ranging short-beaked common dolphin (*Delphinus delphis*). Animals, 11: 3123.
- Stachelhaus, M. (1977). Einige Anmerkungen zum Spielverhalten beim Orinoko-Flußdelphin (*Inia geoffrensis*) im Zoo Duisburg. Staatsexamensarbeit. Gesamthochschule Duisburg.
- Sylvestre, J-P. (1985). Some observations on behaviour of two Orinoco Dolphins (*Inia geoffrensis humboldtiana*, (Pilleri and Gehr 1977)) in captivity, at Duisburg Zoo. Aquatic Mammals, 11 (2): 58-65.
- Taylor, B.L., Abel, G., Miller P., Gomez, F., von Fersen, L., DeMaster, D., Reeves, R. R., Rojas-Bracho, L., Wang, D., Hao, Y., & Cipriano, F. (2020). Ex situ options for cetacean conservation. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission. Nr. 66. Gland, Switzerland.
- Tobayama, T., & Kamiya, T. (1986). Some data on the keeping of *Inia geoffrensis* in Kamogawa Sea World, Japan. Pp. 23-34 in: Perrin, W.F., Zhou, K., & Liu J. (eds): Biology and Conservation of the River Dolphins. IUCN Species Survival Commission. Cambridge, United Kingdom.
- Trebbau, P., & van Bree, P.J.H. (1974). Notes concerning the freshwater dolphin *Inia geoffrensis* (de Blainville, 1817) in Venezuela. Zeitschrift für Säugetierkunde, 39: 50-57.
- Trone, M., Glotin, H., Balestrieri, R., Bonnett, D.E., & Blakefield, J. (2015). Heterogeneity of Amazon River dolphin high-frequency clicks: current Odontoceti bioacoustics terminology in need of standardization. Proceedings of Meetings on Acoustics, Vol. 22: 070003.
- Trone, M., Ternes, K., Glotin, H., Blakefield, G., Gies, V., Barchaz, V., & Bonnett, D. (2019). The dynamic time waveforms of Amazon River dolphins (*Inia geoffrensis*) and other acoustic emanation: comparisons of a dolphin in human care with free-ranging animals in the Peruvian Amazon; comparisons of free-ranging dolphins in the Peruvian Amazon with a dolphin in human care. Poster at the World Marine Mammal Conference, Barcelona.
- Verfuß, U.K. (1996). Das Jagd- und Echoortungsverhalten eines Amazonasflüßdelphins (*Inia geoffrensis*) in Gefangenschaft. Diplomarbeit der Fakultät für Biologie der Universität Tübingen.
- Virginia Department of Health. (2018). Mercury Fact Sheet. www.vdh.virginia.gov.
- Waller, G.N.H. (1982). Retinal ultrastructure of the Amazon River dolphin (*Inia geoffrensis*). Aquatic Mammals, 9 (1): 17-28.
- Winkler, A. (2007). Rio Negro – Tropenhalle für Amazonas-Flußdelphine im Zoo Duisburg. Der Zoologische Garten, 76: 286-306.

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

doi:10.53188/zg0010

Zool. Garten N.F. 90 (2022) 219-235

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Etablierung eines Kurzzeitnarkoseprotokolls mit Ketamin und Medetomidin sowie von physiologischen Referenzwerten für die Fossa (*Cryptoprocta ferox*) – ein Beispiel für das Zusammenspiel von ex-situ- und in-situ-Forschungsarbeit

Establishment of a short-term anaesthesia protocol with ketamine and medetomidine as well as physiological reference values for the fossa (*Cryptoprocta ferox*) – an example of the interplay between ex-situ and in-situ research work

Sandra Marcordes^{1*}, Sabine Tacke², Kerstin Ternes³ & Dimitri Widmer⁴

¹AG Zoologischer Garten Köln, Riehler Str. 1873, 50735 Köln, Germany

²Klinikum Veterinärmedizin, Klinik für Kleintiere, Chirurgie, Justus-Liebig Universität Gießen, Frankfurter Str. 114, 35392 Gießen, Germany

³Zoo Duisburg, Mülheimer Str. 273, 47058 Duisburg, Germany

⁴Zoo Dresden GmbH, Tiergartenstr. 1, 01219 Dresden, Germany

Zusammenfassung

Die Fossa (*Cryptoprocta ferox*) ist Madagaskars größtes Raubtier und der Top-Prädator der Insel. Im Vergleich zu anderen Säugetierarten hat die Fossa einzigartige Besonderheiten entwickelt, wie ein Paarungsverhalten, bei dem die Weibchen zur Paarungszeit so genannte „Paarungsbäume“ monopolisieren oder die transiente Maskulinisierung, die juvenile Weibchen bis zum Erreichen der Geschlechtsreife durchmachen. Um weitere Erkenntnisse über die Physiologie und Biologie dieser seltenen Tierart zu erlangen, ist Feldforschung inklusive Fang und Immobilisation wildlebender (*in-situ*) Tiere absolut notwendig. Deshalb wurde bei in Menschenobhut (*ex-situ*) gehaltenen Fossas ein modernes, tierart- und tierschutzgerechtes Narkoseprotokoll entwickelt, das sich gerade für Kurzzeitanästhesien auch unter Feldbedingungen

*Korresp. Autorin:

E-Mail: sandra.marcordes@koelnerzoo.de (Sandra Marcordes)

eignet. Dafür wurden 19 klinisch gesunde Fossas, 13 Männchen und 6 Weibchen (13,6), aus vier zoologischen Einrichtungen und von einem Privathalter mit einer durchschnittlichen Ketamindosis von 2,25 mg/kg und einer durchschnittlichen Medetomidindosis von 0,06 mg/kg erfolgreich anästhesiert. Zeitgleich konnten wertvolle Referenzwerte für diese Tierart gewonnen und erstmals beschrieben werden. Anschließend wurde das Narkoseprotokoll bei einer wildlebenden Fossa auf Madagaskar ebenfalls erfolgreich angewendet.

Schlüsselwörter: Fossa, *Cryptoprocta ferox*, Anästhesie, Ketamin, Medetomidin

1. Einleitung

Madagaskar ist bekannt für seine einzigartige Flora, Fauna, den Artenreichtum und Endemismus (Goodman et al., 2003). Die Fossa (*Cryptoprocta ferox*) ist das größte noch lebende endemische Säugetier auf Madagaskar (Hawkins, 2003; Garbutt, 2007). Sie ist der Top-Prädator der Insel und spielt damit eine wichtige Rolle im Ökosystem. Vor allem durch Lebensraumzerstörung ist diese einzigartige Tierart stark bedroht (Hawkins & Racey, 2005; Winkler & Reiter, 2011). In Zoos wird sie nur selten gehalten. Somit ist es wichtig, möglichst viele Daten über ihr Verhalten, physiologische Normwerte, Erkrankungen und tiermedizinische Behandlungen (Handling, Narkosen, Blutentnahme etc.) *ex-situ* zu generieren, um diese für die wertvolle Arbeit im Freiland auf Madagaskar (*in-situ*) nutzen zu können. Die taxonomische Zuordnung der Fossa war lange Zeit unklar, da sie sowohl Charakteristika von Katzen, Schleichkatzen als auch von Mangusten aufweist. *C. ferox* gehört innerhalb der Klasse der Säugetiere (Mammalia) zur Ordnung der Raubtiere (Carnivora) (Garbutt, 2007). In der Originalbeschreibung dieser Spezies von Bennett (1833) wird die Fossa den Schleichkatzen (Viveridae) zugeordnet. Sie hat aber auch Gemeinsamkeiten mit den Katzen (Felidae), wie das ausgeprägte Gebiss, den verkürzten Vorderschädel oder die großen Augenhöhlen (Schliemann, 1988, Hawkins, 2003). Die Hautdrüsenorgane ähneln denen der Mangusten (Herpestidae) (Schliemann, 1988). Die wichtigste Gemeinsamkeit mit den Mangusten ist jedoch das Vorhandensein eines Analbeutels, der den Anus zirkulär umgibt (Köhneke & Leonhardt, 1986). Diesem Analbeutel verdankt die Fossa auch ihren wissenschaftlichen Namen *Cryptoprocta ferox*: *cryptos* Altgriechisch = verborgen, *proctos* Griechisch = After, *ferox* Lateinisch = wild (Köhneke & Leonhardt, 1986). Yoder et al. (2003) zeigten, dass alle acht Spezies madagassischer Raubtiere von einem gemeinsamen „Mangusten-ähnlichen“ Vorfahren abstammen, welcher vor 20-30 Millionen Jahren von Afrika nach Madagaskar gelangt ist. Aus diesem Grund konnte eine neue Familie, die Familie der Madagassischen Raubtiere – Eupleridae – etabliert werden (Garbutt, 2007). Fossas kommen in allen noch intakten Wäldern Madagaskars vor und haben sich an das Leben in den Bäumen angepasst. Der lange Schwanz dient als Balanceorgan beim Klettern. Die Sohlenballen reichen fast bis zur Ferse und die Krallen sind gebogen und einziehbar. Mit Hilfe der reversiblen Sprunggelenke kann die Fossa beide Seiten eines schmalen Baumstammes mit den Hinterbeinen umfassen und den Baum hinauf- und hinunterklettern (immer mit dem Kopf voraus) oder zum nächstgelegenen Stamm springen (Hawkins, 2003). Das Fell ist kurz, dicht und die Farbe variiert von sepia- bis dunkelbraun (Winkler, 2003). Die Körperunterseite ist meist von deutlich hellerer Farbe, gerade bei männlichen Fossas sind der Bauch und die Bereiche zwischen den Vorder- und Hinterbeinen orange gefärbt (Garbutt, 2007). Männchen erreichen eine Körperlänge von 75-80 cm und eine Schwanzlänge von 70-90 cm, bei einer Schulterhöhe von 35 cm und einer Körpermasse von 6-15 kg. Die Weibchen sind kleiner und meist weniger kräftig, werden 65-70 cm lang, mit einem 60-80 cm langen Schwanz und wiegen selten mehr als 8 kg (Winkler, 2003). Fossas sind kathe-

meral, normalerweise ist ihre Hauptaktivitätsphase während der Dämmerung und ihre Ruhephase während der heißesten Tages- und kühlstens Nachtperioden (Winkler & Reiter, 2011). Seitdem die Riesenfossa (*C. spelea*) ausgestorben ist, ist *C. ferox* Madagaskars größtes Raubtier und steht an der Spitze der Nahrungskette (Winkler & Reiter 2011; Lührs 2012). Die Fossa ernährt sich ausschließlich von Fleisch (hypercarnivore) (Lührs, 2012), wobei die Nahrung zu 90 % aus Wirbeltieren und dabei zu über 50 % aus Lemuren besteht. Es gibt kein anderes Raubtier mit einem so hohen Anteil an Primaten in der Diät (Hawkins & Racey, 2008). Fossas jagen Lemuren aller Arten und Größen. In den Trockenwäldern ernähren sie sich vor allem von mittelgroßen nachtaktiven Lemuren (*Lepilemur*, *Phaner* und *Mirza*), aber auch der Verreaux's Sifaka (*Propithecus verreauxi*) kann bis zu 11 % der Nahrung ausmachen (Hawkins & Racey, 2008). In Regenwäldern ist das Angebot an Nagetieren im Vergleich zu Lemuren größer, sodass dort mehr Nager gefressen werden (Hawkins & Racey, 2008). Ansonsten ernähren sich Fossas auch von Tenreks (Tenrecidae), der Madagaskar-Ratte (*Hypogeomys antimena*), Mungos, seltener von Vögeln, Reptilien und Invertebraten (Garbutt, 2007).

Im Vergleich zu anderen Säugetierarten haben Fossas einzigartige Besonderheiten und Verhaltensweisen entwickelt, die es sonst bei keiner anderen Art gibt: Weibchen leben streng solitär und sind territorial (Lührs, 2012). Männchen hingegen können sowohl solitär als auch sozial leben. Einige Männchen bilden zeitlich und räumlich stabile Assoziationen aus zwei bis drei Individuen, die meist Wurfgeschwister sind. Diese assoziierten Männchen sind bis zu 13 % größer und bis zu 38 % schwerer als die solitären Männchen, jagen kooperativ und auch größere Beutetiere und haben größeren Paarungserfolg. Solitäre Männchen werden lediglich so groß und schwer wie weibliche Fossas (Lührs, 2012; Lührs et al., 2012). Außerdem haben Fossas ein unter den Säugetieren einzigartiges Paarungsverhalten entwickelt. Sie sind streng saisonal mit einer Paarungszeit in der Heimat Madagaskar von Oktober bis Dezember, in den Zoos der Nordhalbkugel von März/April bis Juli (Winkler, 2003; Winkler & Reiter, 2011). Die Weibchen monopolisieren während des Östrus einen bestimmten Baum für die Paarung, den so genannten „Paarungsbaum“ (Hawkins & Racey, 2009; Lührs, 2012). Der Paarungsbaum eines Weibchens wird von diesem jedes Jahr wieder zur Paarung genutzt und befindet sich meist an einem Ort, der von Männchen häufig frequentiert wird (Hawkins & Racey, 2009). Das fortpflanzungswillige Weibchen verweilt auf dem Baum für einen Zeitraum von bis zu einer Woche und lockt ein Männchen nach dem anderen durch Rufen an, manchmal bis zu acht an einem Tag, und paart sich somit mit vielen verschiedenen Individuen in dieser Zeit (Winkler & Reiter, 2011). Ähnlich wie Hunde sind kopulierende Fossas durch Schwellkörper und nach hinten gerichtete Stacheln am Penis miteinander verbunden (Hawkins, 2003; Vogler, 2008; Hawkins & Racey, 2009). Die Kopulation kann ungestört mehrere Stunden (bis zu sechs) dauern, wobei beide Partner Vokalisationen wie Schnurren, Schreien und Schnarchen von sich geben (Winkler & Reiter, 2011). Assoziierte Männchen haben dabei einen größeren Fortpflanzungserfolg als solitäre Männchen mit längeren Kopulationszeiten. Vorteil dieser Polyandrie könnte die gemischte Vaterschaft und damit erhöhte genetische Diversität innerhalb eines Wurfes darstellen sowie die Vermeidung von infantizidem Verhalten (Lührs, 2012).

Eine weitere einzigartige Besonderheit der Fossa ist, dass juvenile weibliche Tiere vor der Geschlechtsreife im Alter von zwei bis drei Jahren eine vorübergehende Maskulinisierung erfahren können. Die Klitoris junger Weibchen ist proportional größer als die adulter Weibchen, wird wie der Penis der Männchen von einem Knochen (Os clitoridis) gestützt und ist ebenfalls mit Stacheln überzogen. Adulte Weibchen haben hingegen keinen, nur noch einen reduzierten Klitorisknochen oder eine analoge bindegewebige Struktur (Hawkins et al., 2002; Vogler, 2008). Die evolutionäre Bedeutung dieser vorübergehenden Maskulinisierung ist unklar (Hawkins, 2003). Eine Maskulinisierung der Weibchen kommt auch bei anderen Säugetierarten vor, aber nur bei der Fossa handelt es sich dabei um ein vorübergehendes Phänomen (Hawkins et al., 2002).

Fossas werden in Zoos noch relativ selten gehalten und ihre Zucht ist nicht einfach, trotzdem ist die europäische Zoo-Population seit der Initiierung des Erhaltungszuchtpogramms (EEP) im Jahr 1994 stark gewachsen (Winkler & Reiter, 2015). 1994 lebten 22 (11,11) Fossas in vier Zoos (Winkler, 2003). 2011 lebten 56 (32,22,2) Fossas in 27 Institutionen in zehn verschiedenen Ländern Europas (Winkler & Reiter, 2011). Der derzeitige weltweite *ex-situ* Bestand umfasst 134 Tiere, 77 leben in europäischen Einrichtungen, 6 in Asien, 50 in Nordamerika und 1,0 im Zoo in Antananarivo auf Madagaskar (Pfleiderer, EEP/ISB Koordinator, persönliche Mitteilung). Um *ex-situ*- und *in-situ*-Arbeit miteinander verbinden zu können, wurde der Fossa-Fonds zeitgleich mit dem EEP gegründet. Alle teilnehmenden Fossahalter wurden aufgefordert, den Fonds finanziell zu unterstützen (Reiter, 2009). Mit Hilfe des Fossa-Fonds werden Schutz- und Forschungsprojekte für und über die Fossa auf Madagaskar finanziert (Winkler & Reiter, 2011). Aus diesem Fonds wurden auch die hier beschriebenen Forschungsarbeiten gefördert.

Sowohl über die Anzahl an Fossas auf Madagaskar als auch über ihre Verbreitung liegen keine genauen Daten vor (Winkler & Reiter, 2015). Der größte Teil der Forschungsarbeiten erfolgte in Kirindy, einem Trockenwald im Westen Madagaskars (Hawkins et al., 2002). Kirindy liegt in der Region Menabe, die durch die Flüsse Tsiribihina im Norden und den Maharivo im Süden begrenzt wird (Hawkins et al., 2002). Die Region ist gekennzeichnet durch eine ausgeprägte Saisonalität und laubabwerfende Trockenwälder. In der Trockenzeit von April bis Oktober fällt kaum bis kein Regen, die Regenzeiten von November bis März ist hingegen geprägt von ausgiebigen Niederschlägen (Hawkins & Racey, 2008; Lührs, 2012). Kirindy ist gekennzeichnet durch eine hohe Fossapopulationsdichte von 0,33 Individuen pro km² (Winkler & Reiter, 2015). Obwohl dies noch vergleichsweise hoch ist, nimmt die Anzahl der Fossas auch dort absolut betrachtet ab. Die Hauptprobleme sind die fortlaufende Fragmentierung des Lebensraumes und die fortschreitende Besiedlung der Region (Winkler & Reiter, 2011). Dadurch sind die verbliebenen Fossas dazu gezwungen, ins Zentrum der bereits zerstörten Wälder zu ziehen, wodurch sich auch das gehäufte Auftreten in Kirindy erklären lässt (Winkler & Reiter, 2011). Außerdem mangelt es immer mehr an natürlichen Beutetieren, wodurch die Fossas in die waldnahen Dörfer eindringen und z. B. Haushühner erbeuten. Aus diesem Grund werden sie von vielen Dorfbewohnern gejagt und getötet (Winkler & Reiter, 2011).

2. Ex-situ Arbeit im Zoo

All die faszinierenden Erkenntnisse über diese Tierart konnten nur durch langwierige Feldforschung gewonnen werden, welche auch das Fangen der Tiere, Narkose, Markierung, Probenentnahme und Besenderung nötig machte. Um die Fossapopulation nicht auch noch durch Forschungsmaßnahmen zu gefährden, sollte in den Jahren 2011/2012 im Rahmen einer Doktorarbeit ein möglichst sicheres und zuverlässiges Narkoseprotokoll für diese Tierart entwickelt werden, welches wenige unerwünschte Nebenwirkungen aufweist und für eine ausreichend lange Zeit ein gefahrloses Handling der Tiere gewährleistet. Dieses Narkoseprotokoll sollte den Ansprüchen der Feldarbeit entsprechen: Mit schneller und ruhiger Einschlafphase, geringer Kreislaufbelastung, auch unter den klimatischen Bedingungen der Tropen, und möglichst ruhiger und schneller Aufwachphase, sodass die Tiere zeitnah wieder freigelassen werden können (Langer, 2014). Heutzutage steht der Tiermedizin eine große Auswahl an Anästhetika, die auch für Wildtiere verwendet werden können, zur Verfügung. Für Fossas, die in zoologischen Einrichtungen gehalten werden, hat sich die Inhalationsanästhesie aufgrund der schnellen Einleitungs- und Erholungsphase bewährt, allerdings ist diese unter Feldbedingungen aufgrund des dafür benötigten Equipments oft nicht durchführbar (Langer, 2014). Bei einer Injektionsnarkose gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten Anästhetika miteinander zu kombinieren. Bei der Verwendung einer Kombinationsanästhesie können synergistische Effekte mehrerer Substanzen

ausgenutzt werden, unerwünschte Nebenwirkungen der Einzelkomponenten sich gegenseitig aufheben, die Einzeldosen reduziert werden und bestenfalls Einzelkomponenten kompetitiv antagonisiert werden. So hat sich die Kombination des Phenocyclidins Ketamin und des α_2 -Agonisten Medetomidin seit den 1980er-Jahren bei vielen Säugetierarten bewährt. Dabei eignet sie sich besonders für Kurzzeitanästhesien, für klinische Untersuchungen, bildgebende Diagnostik, Mikrochipimplantation, Zahnbehandlung, Transporte und kleine chirurgische Eingriffe wie Kastrationen oder Biopsien (Erhardt et al., 2012; Jalanka & Roeken, 1990). Die Wirkung des Medetomidins lässt sich durch den α_2 -Antagonisten Atipamezol vollständig antagonisieren (Erhardt et al. 2012). Da die Fossa nahe mit Katzen verwandt ist, konnten zuverlässige Narkoseregime für Feliden zur Orientierung herangezogen werden. Die Kombination von Ketamin und Medetomidin wird von zahlreichen Autoren für die Hauskatze empfohlen (z.B. Cullen, 1996; Lendl & Henke, 2012), sie führt aber auch bei Wildfeliden zu einer zuverlässigen Anästhesie (Gunkel & Lafortune, 2007). Gunkel & Lafortune (2007) geben für Großkatzen eine Dosierung von 1,5-6 mg/kg Ketamin + 0,02-0,06 mg/kg Medetomidin und für kleine Katzen 2,5-4,5 mg/kg Ketamin + 0,05-0,07 mg/kg Medetomidin an. Jede Tierart reagiert jedoch unterschiedlich auf die verabreichten Arzneimittel, sodass erst eine entsprechende Kombination und Dosierung für die Fossa entwickelt werden musste. Dabei wurde bewusst eine niedrige Ketamindosis von 2 mg/kg gewählt, um die Nebenwirkungen des Ketamins wie Krämpfe oder lange Nachschlafphasen aufgrund der fehlenden Antagonisierbarkeit zu reduzieren (Jalanka & Roeken, 1990). Dafür erhielten die Fossas eine höhere Medetomidindosis von 0,06 mg/kg, dessen Wirkung durch das Atipamezol am Ende der Narkose schnell wieder aufgehoben werden konnte (Langer, 2014). Anhand eines umfangreichen Monitoringprotokolls wurden zahlreiche Parameter sowohl klinisch als auch elektronisch überwacht, um die klinische Eignung und die veterinärmedizinisch-wildbiologische Praktikabilität dieser Kombinationsanästhesie bei der Fossa zu überprüfen.

Für die statistische Auswertung wurde das Statistikprogramm BMDP/Dynamic, Release 8.1, verwendet (Dixon 1993). Zur statistischen Prüfung des Geschlechts- und Zeiteinflusses auf Signifikanz wurde bei den einmalig erhobenen quantitativen Merkmalen eine einfaktorielle und bei mehrmalig erfassten Merkmalen eine zweifaktorielle Kovarianzanalyse mit Messwiederholungen im Faktor Zeit mit dem Programm BMDP2V durchgeführt. Ergebnisse mit $p \leq 0,05$ wurden als statistisch signifikant angesehen. Ergebnisse mit $p \leq 0,001$ wurden als statistisch hoch signifikant bezeichnet. Die graphischen Darstellungen der Ergebnisse wurden mit Hilfe des Programms Excel® (Microsoft Office 2010, Microsoft Corporation, Redmond, Washington 98052, USA) erzeugt.

Insgesamt wurden 19 klinisch gesunde Fossas, davon 13 männliche und sechs weibliche Tiere, in vier deutschen zoologischen Einrichtungen und einer Privathaltung mit der Kombinationsanästhesie aus Medetomidin und Ketamin narkotisiert. Im Jahr 2011 entsprach diese Anzahl an Tieren 33 % der europäischen und 76 % der deutschen Fossapopulation (Winkler & Reiter 2011). Die Tiere sollten im Rahmen der Narkosen einem allgemeinen Checkup einschließlich Blutuntersuchung, Gewichtskontrolle und falls notwendig, weiterführender Untersuchungen unterzogen werden. Dies ist bei Wildtieren auch in menschlicher Obhut ausschließlich in Narkose möglich und ist ein Bestandteil der Prophylaxemaßnahmen der modernen Zootiermedizin. Die Untersuchungen wurden unter weitestgehend standardisierten Bedingungen und unter Berücksichtigung möglicher geschlechts- und altersspezifischer Unterschiede durchgeführt. Die Fossas hatten mindestens zwölf Stunden vor der jeweiligen Behandlung gefastet. Sie wurden in ihren Gehegen mit dem Kescher gefangen und fixiert und erhielten für die geschätzte Körpermasse eine Dosierung von 0,06 mg/kg Medetomidin (Domitor®, 1mg/ml, Janssen-Cilag, Neuss) und 2 mg/kg Ketamin (Ketamin 10%®, 100mg/ml cp-pharma, Burgdorf) per Handinjektion in die Oberschenkelmuskulatur



Abb. 1: Applikation der Anästhetika per Handinjektion in die Oberschenkelmuskulatur bei einer im Kescher fixierten Fossa. Foto: Dimitri Widmer

Fig. 1: Application of anesthetics by hand into the thigh muscles of a net-restraint fossa. Photo: Dimitri Widmer

(Abb. 1) (Langer, 2014). Die Tiere waren zwischen einem und 18 Jahre alt. Da Fossas erst mit drei bis vier Jahren geschlechtsreif werden (Garbutt, 2007), wurden Tiere mit einem Alter von unter drei Jahren als subadult klassifiziert. Zehn (8,2) Individuen zählten somit zur Klasse der Subadulten und neun (5,4) zur Klasse der Adulten. Die Körpermasse wurde im Durchschnitt um ± 1 kg genau geschätzt, sodass sich eine durchschnittliche Ketamindosis von $2,245 \pm 0,248$ mg/kg und eine Medetomidindosis von $0,063 \pm 0,008$ mg/kg ergaben. Die Fossas wiesen einen ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus auf, wobei die Männchen deutlich größer und schwerer waren als die Weibchen. Die durchschnittliche Körpermasse einer adulten männlichen Fossa betrug 12,34 kg und diejenige eines adulten Weibchens 8,60 kg, somit erreichten die Männchen in Menschenobhut, auch wenn sie allein gehalten wurden, Größe und Körpermasse assoziierter Männchen auf Madagaskar (Langer, 2014). Die Einschlafphase verlief bei allen Fossas ruhig, gleichförmig und exzitationslos. Die Zeitspanne zwischen der Injektion der Anästhetika und der Beobachtung eindeutiger erster Anzeichen der Wirkung lag bei allen Tieren unter zehn Minuten. Trat nach 20 Minuten keine zufriedenstellende Anästhesietiefe ein, wurde die Hälfte der applizierten Ketamindosis nachdosiert. Dies war bei drei Tieren der Fall. Allerdings wurden diese auch gewichtsmäßig um über 1 kg unterschätzt, sodass die anfängliche Dosierung nicht ausreichte. Die durchschnittliche Dauer der Einleitungsphase lag bei $14,42 \pm 6,39$ Minuten, wobei die drei nachdosierten Tiere zu entsprechend hohen Werten geführt haben. Ließen sich die Fossas ohne Gegenwehr

hochheben, erfolgte der Transport in die jeweilige Tierarztpraxis. Dort wurden sie gewogen, auf den Behandlungstisch gelegt und an das Monitoring angeschlossen. In Fünf-Minuten-Intervallen wurden die Daten der Anästhesieüberwachung notiert. Das klinische Monitoring umfasste dabei die Beurteilung von Schleimhautfarbe und kapillärer Rückfüllungszeit, Reflexaktivität, Muskeltonus, Narkosetiefe und Analgesie. Mit Hilfe eines transportablen Narkosemonitors (MEC-1200 Tragbarer Multiparameter-Patientenüberwachungsmonitor, Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., Shenzhen, China) konnten Herzfrequenz, Atemfrequenz, periphere Sauerstoffsättigung und Körperinnentemperatur ständig überwacht werden (s. Abb. 2).

Abb. 2: Narkotisierte Fossa auf dem Behandlungstisch, angeschlossen an den transportablen Überwachungsmonitor inklusive EKG, Pulsoxymeter und Temperatursonde. Foto: Sandra Marcordes

Fig. 2: Anesthetized fossa on the examination table connected to the transportable patient monitor including ECG, pulse oximeter and temperature probe. Photo: Sandra Marcordes



Zu Beginn und zum Ende der Toleranzphase wurde jeweils eine venöse Blutprobe mit dem transportablen Blutgasanalysegerät i-STAT® (i-STAT® Portable Clinical Analyser, 6F1602, East Windsor, USA) untersucht. Alle Tiere wurden allgemein untersucht und erhielten eine Ultraschalluntersuchung von Herz, Nieren, Blase und den Geschlechtsorganen. Außerdem wurde venöses Blut für eine hämatologische und biochemische Untersuchung entnommen. Weiterführende Untersuchungen wie Röntgen wurden durchgeführt, wenn eine entsprechende Indikation vorlag. Die Toleranzphase wies eine zufriedenstellende Narkosetiefe mit guter Muskelrelaxation auf. Es traten keine Komplikationen oder unerwünschte Nebenwirkungen auf. Die mittlere Dauer der Toleranzphase von $40,16 \pm 7,89$ Minuten ließ genügend Zeit für allgemeine und weiterführende Diagnostik, Messungen und Probennahmen. Ein chirurgisches Toleranzstadium wurde allerdings nicht erreicht, da unwillkürliche Zuckungen der Muskulatur gerade bei Manipulation bei fast allen Tieren auftraten. Die Herzfrequenz lag im Mittel bei 110,25 bis 115,94 Schlägen/Minute. Referenzwerte für die Herzfrequenz von Fossas im wachen Zustand oder unter Anästhesie lagen nicht vor. Im Vergleich zu den Körpermassen unter Berücksichtigung der Formel: $241 \times M_b^{-0,25}$ (M_b = Körpermasse in kg) (Heard, 2007), können die gemessenen Werte allerdings als zu niedrig gewertet werden. Eine Bradykardie entsteht meist unter dem Einfluss von α_2 -Agonisten (Cullen 1996). Trotzdem blieb die Herzfrequenz bei allen Tieren stabil im Anästhesieverlauf und keine statistisch signifikanten Veränderungen konnten festgestellt werden. Subadulte Fossas hatten, wie für Jungtiere üblich, höhere Werte als die Adulten ($p = 0,048$). Die Atemfrequenz lag im Mittel bei 25-35 Atemzügen/Minute und nahm im Verlauf der Anästhesie statistisch hoch signifikant ab ($p = 0,0001$), obwohl es bei keinem Tier zu einer bedenklichen Atemdepression kam. Die periphere Sauerstoffsättigung der Fossas lag zwischen 88,82 % und 92,70 % und nahm vom Beginn der Narkose bis zur Antagonisierung zu ($p = 0,016$). Die Körperinnentemperatur fiel im Verlauf der Anästhesie von durchschnittlich 38,70 °C zu Beginn auf durchschnittlich 37,95 °C am Ende ab. Der Zusammenhang ist statistisch hoch signifikant mit $p < 0,0001$ (Langer, 2014). Jede Allgemeinanäst-

thesie führt zu einer Störung der Thermoregulation: Zum einen beeinflussen die verwendeten Anästhetika die Thermoregulationsmechanismen im Gehirn, zum anderen ist der Stoffwechsel verlangsamt und durch die Muskelrelaxation verliert der Körper passiv Wärme an die Umgebung (Morris, 1971, Erhardt et al., 2012). Auch Jalanka & Roeken (1990) beschreiben das Auftreten von Hypothermien bei verschiedenen Tierarten unter dem Einfluss von Ketamin und Medetomidin. Obwohl alle Narkosen bei einer durchschnittlichen Umgebungstemperatur von $22,15^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2,18^{\circ}\text{C}$) stattfanden, wird hier deutlich, wie wichtig die kontinuierliche Temperaturüberwachung während einer Narkose ist und die Möglichkeit, die Tiere wärmen zu können, sollte stets zur Verfügung stehen. Normwerte der Körperinnentemperatur für Fossas lagen nicht vor, sodass die zu Beginn der Toleranzphase gemessenen Werte ($38,62 \pm 0,87^{\circ}\text{C}$) als physiologisch angenommen werden können. Wie auch bei anderen Säugetieren üblich, hatten subadulte Fossas eine höhere Körperinnentemperatur als adulte ($p = 0,0035$) (Langer, 2014). Bei keiner Fossa kam es zu kritischen Veränderungen der Blutgase, Elektrolyte oder des Säure-Basen-Status. Auch wenn lediglich venöse Blutproben untersucht worden sind, konnte keine nennenswerte Einschränkung der Atemfunktion und der Ventilation festgestellt werden. Die Fossas zeigten zu Beginn der Anästhesie eine stressbedingte metabolische Azidose mit erniedrigtem Bikarbonat (HCO_3^-), kompensatorisch erniedrigtem Kohlendioxidpartialdruck (pCO_2) und somit auch erniedrigtem Gesamtkohlendioxid (TCO_2), die sich im Anästhesieverlauf wieder normalisierte. Erhöhte Aktivität und Aufregung beim Fangen führen zu einem erhöhten Sauerstoffverbrauch in der Muskulatur, zur anaeroben Glykolyse mit der Bildung von Laktat und somit zu einer Laktatazidose (Arnemo & Gaulkett 2007). Außerdem zeigten die Tiere eine Tendenz zur Hyperkaliämie und eine durch Stress und die Anästhetika induzierte Hyperglykämie. α_2 -Agonisten hemmen die Freisetzung von Insulin aus der Bauchspeicheldrüse und führen so zu einer Hyperglykämie (Jalanka & Roeken, 1990). Außerdem führt Stress zur Freisetzung von Katecholaminen, welche ebenfalls die Insulinsekretion hemmen und die Glukagonfreisetzung fördern, was wiederum zur Ausschüttung von Glukose aus Leber- und Muskelzellen führt (Arnemo & Gaulkett, 2007). Die Hämatokrit- und Hämoglobinwerte fielen vom Beginn der Toleranzphase bis zum Ende signifikant ab (Hämatokrit $p = 0,0002$; Hämoglobin $p < 0,0001$), möglicherweise aufgrund einer Erythrozytenspeicherung in der Milz, hervorgerufen durch das Medetomidin (Jalanka & Roeken 1990). Zum Aufwachen wurden die Fossas in Transportboxen gelegt. Darin erhielten sie den α_2 -Antagonist Atipamezol (Antisedan®, 5mg/ml, Janssen-Cilag, Neuss) in der fünffachen Dosierung des verabreichten Medetomidins ebenfalls tief intramuskulär in die Oberschenkelmuskulatur. Die Box wurde mit einem Tuch abgedeckt und die Aufwachphase beobachtet. Die Erholungsphase verlief bei allen Fossas schnell und komplikationslos. Sieben der 19 Fossas hoben den Kopf bereits beim Umlagern in die Transportbox, im Durchschnitt wurde der Kopf bei allen nach $2,63 \pm 3,04$ Minuten angehoben.

Bemerkenswert sind die festgestellten Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Fossas. Männchen scheinen auf die applizierten Anästhetika deutlich empfindlicher zu reagieren als Weibchen. Nach der Applikation der Anästhetika trat die Wirkung bei männlichen Fossas früher ein als bei weiblichen. Die Einschlafphase einer männlichen Fossa insgesamt dauerte im Durchschnitt $11,64 \pm 1,39$ Minuten und war damit signifikant kürzer als die einer weiblichen Fossa mit $20,46 \pm 2,09$ Minuten ($p=0,004$) (s. Abb. 3). Die weiblichen Fossas schliefen also langsamer ein als die Männchen und wachten auch schneller wieder auf: Die Weibchen hoben im Durchschnitt den Kopf schon $0,60 \pm 1,39$ Minuten nach Antagonisierung und damit signifikant früher als die Männchen mit $2,55 \pm 1,25$ Minuten ($p = 0,0033$). Männliche Fossas versuchten durchschnittlich $26,38 \pm 2,18$ Minuten nach Antagonisierung zu laufen, weibliche schon nach $11,47 \pm 2,60$ Minuten (s. Abb. 4) (Langer, 2014). Als Erklärung für diese geschlechtspezifischen Unterschiede könnten sowohl pharmakokinetische als auch pharmakodynamische

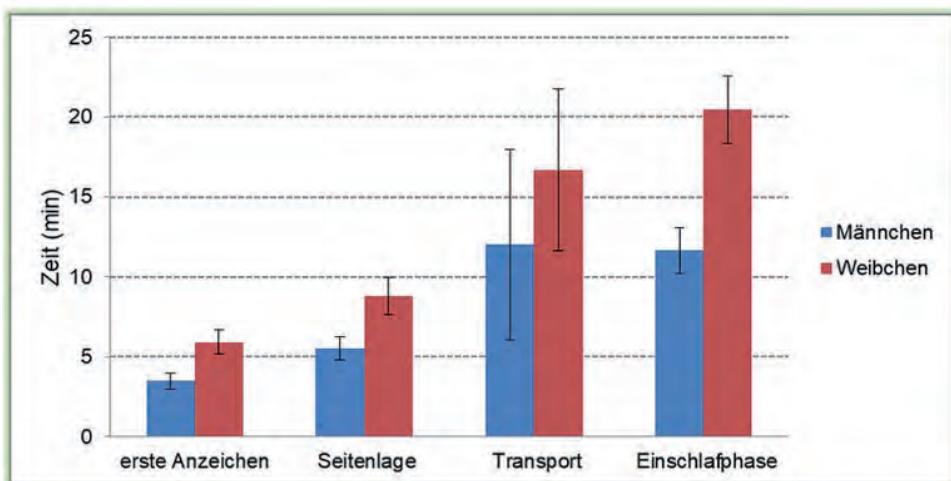


Abb. 3: Einschlafphase: Zeitspannen in Minuten (min) nach der Narkosemittelapplikation bis zum Erreichen erster Anzeichen der Sedation, bis zur Seitenlage, bis zum Transport in die Praxis und die Einschlafphase insgesamt bei männlichen und weiblichen Fossas im Vergleich.

Fig. 3: Induction time: time frames in minutes (min) from injection of the anesthetics to onset of first signs of sedation, lateral recumbency, transport to the clinic and induction time in general of male and female fossas in comparison.

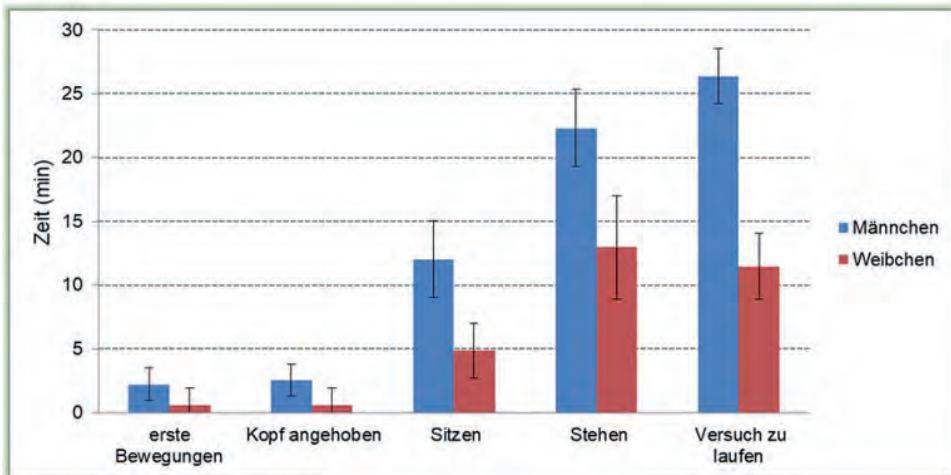


Abb. 4: Erholungsphase: Zeitspannen in Minuten (min) nach Applikation des Antagonisten bis zum Auftreten erster Bewegungen, bis der Kopf angehoben wurde, bis zum Sitzen, Stehen und bis die Tiere versuchten zu laufen bei männlichen und weiblichen Fossas im Vergleich.

Fig. 4: Recovery: time frames in minutes (min) after antagonization until the occurrence of first movements, head raising, sitting, standing and first attempts to walk of male and female fossas in comparison.

Faktoren eine Rolle spielen. Zum einen könnte die Aufnahme der Anästhetika ins Zentralnervensystem in Frequenz und Menge bei Männchen und Weibchen unterschiedlich sein, sich der Metabolismus in aktive oder inaktive Metaboliten geschlechtsspezifisch unterscheiden oder beides (Craft, 2003). Pharmakodynamisch könnte eine unterschiedliche Verteilung der Rezeptoren bei Männchen und Weibchen die unterschiedliche Wirkung erklären. Medetomidin bindet an prä- und postsynaptische α_2 -Rezeptoren. α_2 -Rezeptoren umfassen mehrere verschiedene Subtypen: α_{2A} , α_{2B} , α_{2C} und α_{2D} , wobei Subtyp α_{2A} entscheidend für die Regulation von Wachheit und Schlaf im Zentralnervensystem ist. Sinclair (2003) gibt an, dass die Subtypen der α_2 -Rezeptoren speziespezifisch verteilt und auch in ihrer Anzahl unterschiedlich sind. Denkbar ist also eine ebenso unterschiedliche Verteilung und/oder Anzahl an Rezeptorsubtypen bei männlichen und weiblichen Fossas. Auch die Affinität der Rezeptoren gegenüber den Anästhetika oder die durch die Bindung des Liganden an den Rezeptor ausgelöste Transduktion kann geschlechtsspezifisch unterschiedlich sein (Craft, 2003). Craft (2003) gibt außerdem an, dass die Wirkung von Opioiden bei Weibchen vom Zyklus und vom Hormonhaushalt abhängig ist. Zum Beispiel ist die analgetische Wirkung von Morphin bei Weibchen während des Östrus am geringsten, während des Metoestrus hingegen unterscheidet sich die Wirkung nicht von der Wirkung bei Männchen. Somit ist nicht auszuschließen, dass auch bei den Fossaweibchen Zyklus und Geschlechtshormone die Wirkung von Ketamin und/oder Medetomidin beeinflussen. Diese geschlechtsspezifischen Unterschiede sollten bei zukünftigen Fossa-Immobilisationen berücksichtigt und weiter untersucht werden.

Neben der Etablierung des Narkoseprotokolls konnten zudem aus den gemessenen serumchemischen und hämatologischen Blutwerten Referenzbereiche für Fossas erstmals beschrieben werden. Referenzwerte für jede Tierart sind die Grundlage, um die Ergebnisse einer Blutuntersuchung angemessen interpretieren zu können und physiologische von pathologischen Werten unterscheiden zu können. Zu den 19 Blutprobenergebnissen der Narkosestudie konnten noch sieben weitere Ergebnisse von Fossas aus dem Zoo Duisburg hinzugezogen werden, sodass in die Referenzwerte insgesamt 26 Tiere einbezogen werden konnten. Im Rahmen der statistischen Auswertung der Blutwerte konnten vor allem Unterschiede zwischen subadulten und adulten Fossas festgestellt und erklärt werden, so waren zum Beispiel die Calcium- und Phosphatwerte und die Werte der Alkalischen Phosphatase bei den subadulten Tieren signifikant höher, was bei Jungtieren durch Wachstum und die damit verbundenen Knochenumbauprozesse zu erklären ist (Langer et al., 2013).

3. In-situ Arbeit auf Madagaskar

Im Rahmen ihrer Doktorarbeit über das Sozialsystem und Paarungsverhalten der Fossa hatte Lührs (2012) Fossas in Kirindy GPS-Halsbänder angelegt, um sie über Monate beobachten zu können. Da die Tiere für das An- und Ablegen der Halsbänder in Narkose gelegt werden mussten, sollte das im Zoo etablierte Narkoseprotokoll hier angewendet werden. Der Aufenthalt auf Madagaskar war vom 28.09.2011 bis zum 04.11.2011. Es gab zu diesem Zeitpunkt noch zehn Tiere in Kirindy, die ein Halsband mit GPS-Empfänger trugen, die es zu fangen galt, um die Halsbänder zu entfernen. Die Untersuchungen fanden innerhalb dieser Zeit über vier Wochen auf der Feldstation des Deutschen Primatenzentrums Göttingen (DPZ) in Kirindy statt. Auf dem Gebiet der Forstkoncession des Centre National de Formation d'Etude et de Recherche en Environnement et Foresterie (CNFEREF) im Forêt de Kirindy betreibt die Abteilung Verhaltensökologie und Soziobiologie des Deutschen Primatenzentrums Göttingen seit 1993 eine Feldstation (Därr & Heimer 2009). Zu Beginn der Untersuchungen wurden acht Fallen zum Fangen von Fossas im Wald aufgestellt. Bei den Fallen handelte es sich um Rotluchsfallen (Tomahawk



Abb. 5: Köder (1/4 totes Huhn) in der aufgestellten Fossafalle. Foto: Sandra Marcordes

Fig. 5: Bait (1/4 dead chicken) in a trap to catch a fossa. Photo: Sandra Marcordes

Collapsible Live Trap Bobcat/Fox Size, Hazelhurst, Wisconsin, USA; Maße: 45 x 15 x 20 Zoll = 114,3 x 38,1 x 50,8 cm), die demnach nicht speziell für Fossas konzipiert wurden (Abb. 5). Da Fossas gerne entlang der Wege und entlang des Flusses laufen, wurden dort die meisten Fallen postiert. Es musste dabei darauf geachtet werden, dass die Fallen so fixiert waren, dass die gefangene Fossa sich nicht befreien konnte. Aus diesem Grund wurden die Fallen direkt an einen Baum gestellt und mit zwei in die Erde geschlagenen Holzpfosten fixiert (Abb. 6). Anschließend wurden die Fallen mit Laub abgedeckt, zum einen um die gefangene Fossa vor der Sonne zu schützen und zum anderen um für die Einschlafphase eine abgedunkelte Atmosphäre zu schaffen. Als Köder wurde jeweils $\frac{1}{4}$ Huhn mit Draht hinter den Auslösemechanismus in die Falle gehängt (s. Abb. 5) und täglich mit Wasser befeuchtet, um Austrocknung vorzubeugen. Die Fallen wurden abwechselnd von drei Personen kontrolliert, insgesamt vier bis sieben Mal pro Tag. Über Mittag wurde meist eine längere Pause eingelegt, da die Fossas aufgrund der



Abb. 6: Rot-weißes Absperrband mit reflektierendem Aufkleber markiert die Falle zum Fangen von Fossas im Wald, damit sie auch bei Dunkelheit wieder gefunden werden konnten. Foto: Sandra Marcordes

Fig. 6: Red/white barrier tape with a reflecting sticker marked the fossa trap to increase the chance of rediscovery in the forest at night. Photo: Sandra Marcordes



Abb. 7: Fossanarkose unter Feldbedingungen auf Madagaskar: Die narkotisierte Fossa liegt im Schatten auf dem Boden, angeschlossen an den transportablen Überwachungsmonitor. Foto: Mia-Lana Lührs

Fig. 7: Fossa anesthesia under field conditions on Madagascar: the anesthetized fossa lying on the ground in the shadow, connected to the transportable patient monitor. Photo: Mia-Lana Lührs

Tab. 1: Protokoll zur Fallenkontrolle: Acht Fallen wurden zum Fangen von Fossas im Wald Kirindy auf Madagaskar aufgestellt und mehrmals täglich kontrolliert.

Tab. 1: Trap control protocol: eight traps were prepared to catch fossas in the Kirindy forest and checked several times per day.

04.10.2011							19:00
							negativ
05.10.2011	06:00	08:00	10:00	14:00	16:00		19:00
	positiv Nr.8 „Charety“	negativ	negativ	negativ	negativ		negativ
					in 3 Fallen neues Huhn	Falle 3+4 kein Huhn mehr	
06.10.2011	06:30	09:00		13:00	16:00		20:00
	negativ	negativ		negativ	negativ		positiv Nr.4
				neues Huhn in Nr. 3+4			1,0 Fossa ohne Halsband
07.10.2011	07:00	09:00		14:00			20:30
	negativ	negativ		negativ			negativ
	Nr. 2 Falle halb offen + Huhn weg						
08.10.2011	07:00	09:00		14:00	16:30		20:30
	negativ	negativ		negativ	negativ		negativ
		neues Huhn in Nr. 2,4 + 7				Huhn weg in Nr.8	eine Fossa bei Nr. 1 leider verscheucht
09.10.2011	07:00	09:00	14:00	16:00		20:00	
	positiv Nr. 6	negativ	negativ	negativ	positiv Nr.8		
	1,0 „Gucci“ aus Nr. 6 entlassen, hat Huhn nicht völlig aufgefressen	„Gucci“ aus Nr. 3 freigelassen, Huhn ist noch da, neues Huhn in Nr.8					1,0 Fossa ohne Halsband
10.10.2011	07:00	09:00	14:00	16:30		20:30	
	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ		
11.10.2011	07:00	09:00	14:00	17:00		20:00	
	positiv Nr. 6	negativ	negativ	negativ	negativ		
	männliche, ca. 6kg schwere Fossa aus Nr. 6 entlassen; „Gucci“ in Nr. 2	in Nr. 7 Huhn weg	neues Huhn in Nr. 6,7 + 8		„Charety“ aus Nr. 4 entlassen		
12.10.2011	07:00	09:00	14:00			20:00	
	negativ	negativ	negativ		negativ		
			neues Huhn in Nr. 2+4				
13.10.2011	07:00	09:00					
	negativ	negativ					
		alle Fallen geschlossen					

Hitze wenig aktiv waren (s. Tab. 1). Um die Fallen auch in der Dunkelheit im Wald wiederfinden zu können, wurden sie mit rotweißem Absperrband, welches wiederum mit reflektierenden Aufklebern versehen wurde, markiert (s. Abb. 6).

Am 05.10.2011 wurde morgens um 6:00 Uhr eine Fossa mit Halsband in Falle Nr. 8 gefunden, die eine Stunde später narkotisiert werden konnte. Die Fossa lag so ruhig in der Falle, dass sie zur Narkosemittelapplikation nicht weiter fixiert werden musste. Eine Person konnte sich ihr langsam nähern und die Injektion einfach durch die Gitterstäbe hindurch per Hand ausführen („Moskitomethode“). Bereits zwei Minuten später legte sie den Kopf ab und nach fünf Minuten konnte sie schlafend aus der Falle entnommen werden. Die Behandlung erfolgte im Schatten auf dem Boden (s. Abb. 7). Die Fossa konnte anhand ihres Mikrochips als 0,1 „Charety“ eindeutig identifiziert werden. Während der Narkose wurde sie allgemein untersucht, vermessen, das GPS-Halsband entfernt und eine kleine Verletzung versorgt. Um sie auch später aus der Ferne wieder zu erkennen, wurde ihr am Schwanz eine ca. 5 cm breite Stelle freigeschoren. Das Fossaweibchen wurde als adult klassifiziert und hatte ein Körpergewicht von 7 kg. Die Toleranzphase dauerte 32 Minuten. Die Narkosetiefe war gut mit einer mittleren Herzfrequenz von 122,33 Schlägen/Minute, einer mittleren Atemfrequenz von 19,5 Atemzügen/Minute und mit einer peripheren Sauerstoffsättigung von über 90 % im gesamten Anästhesieverlauf. Die Körperfenttemperatur fiel von anfänglichen 37,6 °C auf 37,0 °C am Ende der Behandlung ab. Zum Aufwachen wurde die Fossa zurück in die Falle gelegt und hob bereits sieben Minuten nach der Applikation des Antagonisten den Kopf an.



Abb. 8: Fossa wird aus der Falle freigelassen. Foto: Sandra Marcordes

Fig. 8: Release of a fossa from a live trap. Photo: Sandra Marcordes

Nach zehn Minuten stand sie in der Falle und nach 120 Minuten konnte sie wieder freigelassen werden (s. Abb. 8).

Die Aktivitäten des DPZ auf Madagaskar sind durch ein Rahmenabkommen mit dem Ministerium für Umwelt, Wasser und Forsten (MINEEF) vom September 2005 definiert und langfristig abgesichert. Forschungsprojekte werden in Absprache mit dem Zoologischen Institut (Département Biologie Animale) der Universität Antananarivo geplant und in einem Tandemmodell umgesetzt, indem jeder deutsche Student oder Wissenschaftler mit einem madagassischen Partner zusammenarbeitet. Die Arbeiten vor Ort werden mit dem CNFEREF Morondava koordiniert und von der lokalen Forstbehörde (CIREF Morondava) begleitet (Därr & Heimer, 2009). Allerdings beschloss nach dem Regierungswechsel im Jahr 2009 der neue Minister des MINEEF, die Forschungsgenehmigung nicht ohne Weiteres zu verlängern. Die vereinbarte Übergangslösung sah leider vor, dass maximal fünf Individuen pro Tierart gefangen werden durften. Da bereits fünf Fossas gefangen worden waren (davon vier ohne GPS-Halsband, die einfach wieder freigelassen werden konnten; s. Tab. 1 Protokoll Kontrolle Fallen), mussten die Fangaktionen abgebrochen werden und es konnte kein weiteres Tier narkotisiert werden. Weitere Narkosen wären zur Überprüfung des Narkoseprotokolls im Freiland für eine größere Stichprobenzahl wertvoll gewesen.

4. Abschluss und Ausblick

Durch die Arbeit im Zoo konnte ein Narkoseprotokoll für die Fossa entwickelt werden, das zu einer verlässlichen, effektiven und teilweise antagonisierbaren Anästhesie führt, die sich besonders für Kurzzeitanästhesien auch unter Feldbedingungen eignet. Die Kombinationsanästhesie war gekennzeichnet durch eine ruhige Einschlaf- und schnelle Aufwachphase und das Monitoring lieferte die klinische Sicherheit. Zeitgleich konnten wertvolle Referenzwerte für Herz-, Atemfrequenz und Körperinnentemperatur sowie Blutreferenzwerte für diese seltene Tierart etabliert und erstmals beschrieben werden. Es konnten signifikante Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Fossas festgestellt werden, die bei zukünftigen Narkosen dieser Tierart berücksichtigt und weiter untersucht werden sollten. Die Feldtauglichkeit des Narkoseregimes sollte allerdings durch weitere Untersuchungen auf Madagaskar untermauert werden.

Danksagung

Unser herzlicher Dank geht an alle beteiligten Institutionen (Zoo Duisburg, Zoo Heidelberg, Tierpark Hamm, Zoo Frankfurt und Renato Raphael), vor allem an die Tierpfleger und Tierärzte und Tierärztinnen für ihre Zeit und Unterstützung. Vielen Dank natürlich auch an die EEP-Koordinatoren (Achim Winkler, Dr. Jochen Reiter und Johannes Pfleiderer), an den Fossa-Fond und Dr. Mia-Lana Lührs für die Ermöglichung dieser Arbeit und der Reise nach Madagaskar. Außerdem danken wir Dr. Klaus Failing und Andreas Schaubmar von der AG Biomathematik der JLU Gießen für die Hilfe und Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Daten.

Abstract

The fossa (*Cryptoprocta ferox*) is the largest carnivore on Madagascar and is the top-predator on the island. Compared to other mammalian species the fossa exhibits unique characteristics

such as a unique mating system with females monopolizing so called “mating trees” during the breeding season or juvenile females displaying a transient masculinization until they reach sexual maturity. To increase knowledge about the physiology and biology of this rare species, field work including trapping and immobilization of free-ranging animals (*in-situ*) is absolutely necessary. Therefore, a modern and species-specific anesthetic protocol was established in fossas under human care (*ex-situ*), suitable for short-term anesthesia also under field conditions. To accomplish this, 19 clinically healthy fossas, 13 males and six females (13,6), from four zoological gardens and one private holder were successfully anesthetized with a mean ketamine dosage of 2,25 mg/kg combined with medetomidine at a mean dosage of 0,06 mg/kg. In parallel, serum chemistry and hematology reference values for the species were described for the first time. Afterwards, the anesthetic protocol was applied successfully to a free-ranging fossa on Madagascar as well.

Literatur

- Arnemo, J.M., & N. Caulkett. (2007) Stress. Pp. 103-111 in West, G., Heard, D., & Caulkett, N. (eds): Zoo Animal and Wildlife Immobilization and Anesthesia. Blackwell; Iowa.
- Bennett, E.T. (1833). Notice of a new genus of viverridous mammalia from Madagascar. Proceedings of the Zoological Society of London, 1: 46.
- Craft, R.M. (2003). Sex Differences in Opioid Analgesia: “From Mouse to Man”. The Clinical Journal of Pain, 19: 175-186.
- Cullen, I.K. (1996). Medetomidine Sedation in Dogs and Cats: A Review of its Pharmacology, Antagonism and Dose. British Veterinary Journal, 152: 519-535.
- Därr, W., & Heimer, K. (2009). Madagaskar. Handbuch für individuelles Entdecken. Reise Know-how Verlag Peter Rump; Bielefeld
- Dixon, W.J. (1993). BMDP Statistical Software Manual, Volume 1 and 2. University of California Press; Berkeley, Los Angeles, London.
- Erhardt, W., Henke, J., Tacke, S., Baumgartner, C., & Kroker, R. (2012). Allgemeinanästhetika. Pp. 17-111 in: Erhardt, W., Henke, J., Haberstroh, J., Baumgartner, C., & Tacke, S. (eds.): Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier mit Exoten, Labortieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen. Stuttgart: Schattauer.
- Garbutt, N. (2007). Civet-like carnivores and mongooses. Pp. 208-221 in: Garbutt, N. (ed.): Mammals of Madagascar. A complete guide. Yale University Press; New Haven.
- Goodman, S.M., Ganzhorn, J.U., & Rakotondravony. (2003). Introduction to the Mammals. Pp. 1165-1200 in: Goodman, S.M., & Benstead, J.P. (eds): The Natural History of Madagascar. University of Chicago Press; Chicago.
- Gunkel, C., & Lafontaine, M. (2007). Felids. Pp. 443-458 in: West, G., Heard, D., & Caulkett, N. (eds): Zoo Animal and Wildlife Immobilization and Anesthesia. Blackwell; Iowa.
- Hawkins, C.E., Dallas, J.F., Fowler, P.A., Woodroffe, R., & Racey, P.A. (2002). Transient Masculinization in the Fossa, *Cryptoprocta ferox* (Carnivora, Viverridae). Biology of Reproduction, 66: 610-615.
- Hawkins, C.E. (2003). *Cryptoprocta ferox*, Fossa, Fosa. Pp. 1360 ff. in: Goodman, S.F., & Benstead, J.P. (eds): The Natural History of Madagascar. University of Chicago Press; Chicago.
- Hawkins, C.E., & Racey, P.A. (2005). Low population density of a tropical forest carnivore, *Cryptoprocta ferox*: implications for protected area management. Oryx, 39 (1), 35-43.
- Hawkins, C.E., & Racey, P.A. (2008). Food habits of an endangered carnivore, *Cryptoprocta ferox*, in the dry deciduous forests of western Madagascar. Journal of Mammalogy, 89(1): 64-74.
- Hawkins, C.E., & Racey, P.A. (2009). A novel mating system in a solitary carnivore: the fossa. Journal of Zoology, 277: 196-204.
- Jalanka, H.H., & Roeken, B.O. (1990). The use of medetomidine, medetomidine-ketamine combinations, and atipamezole in nondomestic mammals: a review. Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 21(3): 259-282.
- Köhnecke, M., & Leonhardt, K. (1986). *Cryptoprocta ferox*. Mammalian Species. The American Society of Mammalogists, 254: 1-5.
- Langer, S., Jurczynski, K., & Widmer, D. (2013). Selected hematological and biochemical values of subadult and adult captive fossas (*Cryptoprocta ferox*). Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 44 (3): 581-588.
- Langer, S. (2014). Etablierung einer Injektionsnarkose mit Ketamin und Medetomidin für die Fossa (*Cryptoprocta ferox*). Dissertation. Justus-Liebig Universität Gießen.
- Lendl, C., & Henke, J. (2012). Katze. Pp. 661-686 in: Erhardt, W., Henke, J., Haberstroh, J., Baumgartner, C., &

- Tacke, S. (eds): Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier mit Exoten, Labortieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen. Schattauer; Stuttgart.
- Lührs, M.L., Dammhahn, M., & Kappeler, P. (2012). Strength in numbers: males in a carnivore grow bigger when they associate and hunt cooperatively. *Behavioral Ecology*, 24(1): 21-28.
- Lührs, M.L. (2012). Social organization and mating system of the fossa (*Cryptoprocta ferox*). Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen.
- Morris, R.H. (1971). Influence of ambient temperature on patient temperature during intraabdominal surgery. *Annals of Surgery*, 173 (2): 230-233.
- Reiter, J. (2009). Die Fossa, Geheimnisvolles Raubtier in Menschenobhut. *Rodentia*, 50 (4): 54-57.
- Schliemann, H. (1988). Schleichkatzen. Pp. 885-897 in: Grzimek, B. (ed.): Enzyklopädie der Säugetiere. Band. Kindler Verlag GmbH; München.
- Sinclair, M.D. (2003). A review of the physiological effects of α_2 -agonists related to the clinical use of medetomidine in small animal practice. *Canadian Veterinary Journal*, 44: 885-897.
- Vogler, B.R. (2008). Zur Reproduktionsbiologie der Fossa (*Cryptoprocta ferox*). Dissertation. Freie Universität Berlin.
- Winkler, A., & Reiter, J. (2011). EEP studbook for the fossa (*Cryptoprocta ferox*), edition 2011. Zoo Duisburg.
- Winkler, A., & Reiter, J. (2015). EEP studbook for the fossa (*Cryptoprocta ferox*), edition 2015. Zoo Duisburg.
- Winkler, A. (2003). Neueste Erkenntnisse zur Biologie, Haltung und Zucht der Fossa (*Cryptoprocta ferox*). *Zoologischer Garten*, 73: 296-311.
- Yoder, A.D., Burns, M.M., Zehr, S., Delefosse, T., Veron, G., Goodman, S.M., & Flynn, J.J. (2003). Single origin of Malagasy Carnivora from an African ancestor. *Nature*, 421: 734-37.

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

Zool. Garten N.F. 90 (2022): 237-238

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Buchbesprechung

Buchbesprechung: Lange, J. & N. Meuser (Hrsg.) (2022): Handbuch und Planungshilfe Aquarienbauten. Berlin: Dom publishers. ISBN 978-86922-812-9 (deutsche Ausgabe), 464 Seiten, ISBN 978-86922-756-6 (English edition). 128 € + Versand.

Bücher zur Geschichte der Haltung von Wildtieren in öffentlichen Anlagen gibt es in großer Zahl. Gerade ist das von Vernon Kisling herausgegebene „Zoo and Aquarium History“ in zweiter, überarbeiteter und erweiterter Ausgabe erschienen. Die Geschichte einzelner Zoos ist in vielen aufschlussreichen und interessanten Werken festgehalten. Selten steht dabei die Architektur der Zoos oder Aquarien im Mittelpunkt, sie wird teilweise beschrieben, vor allem unter dem Gesichtspunkt der Tierhaltung und der Wirkung auf die Zoolandschaft.

Vergleichbares zur Geschichte der Aquarien fehlt fast völlig. Diese Lücke füllt das vom früheren Leiter des Berliner Aquariums und Direktor des Zoologischen Gartens Berlin Dr. Jürgen Lange und der Architektin, Verlegerin und Hochschullehrerin Prof. Dr. Natascha Meuser herausgegebene Werk. In der Reihe „Handbuch und Planungshilfe“ erschienen, nimmt die Geschichte der Schauaquarien nur einen kleinen Teil ein. Den Hauptteil nehmen die Planungsaspekte des Aquarienbaus und die Beschreibung historischer, neuer und geplanter Großaquarien ein.

Der historische Teil ist kurz gehalten, gibt aber einen guten Überblick über die Entwicklung der Schauaquaristik. Interessant ist, dass zur Illustration je ein Bild aus den beiden Berliner Aquarien gewählt wurde, das nicht die Aquarienbecken, sondern die jeweiligen Reptilienabteilungen zeigt. Hier zeigt sich ein Problem, das bereits im 19. Jahrhundert deutlich wurde. Die Einnahmen aus Aquarien waren in vielen Fällen zu gering, um die laufenden Kosten zu decken, geschweige denn größere Investitionen zu tätigen. Schon das von Alfred Brehm geplante Berliner Aquarium enthielt im Obergeschoss den Schlangengang als Verkörperung der Wüste und als Symbol des Waldes die „Große Voliere“, weitere Reptilienanlagen und Käfige für Säugetiere. Außerdem hatte es in seinem Vorderhaus ein Restaurant und Mietwohnungen. In seinem Entwurf für das Aquarium der Wiener Weltausstellung hatte Brehm ebenfalls Einkünfte durch Restaurant und Veranstaltungsorte vorgesehen, die aber der endgültigen Planung der Investoren zum Opfer fielen. Bei der Beschreibung der Aquarienneubauten im Buch wird deutlich, dass heute die Nebeneinkünfte aus verschiedenen Anbauten zur finanziellen Absicherung der Aquarien wichtig sind.

Ein längeres Kapitel ist dem Darwineum im Zoologischen Garten Rostock gewidmet. Claudia Luxbacher erläutert die Idee, ein Gebäude zur Darstellung der Evolution zu erstellen, und ihre Umsetzung im Darwineum. Sie stellt die intensive Zusammenarbeit von Zoologen, Bauingenieuren, Szenographen und Pädagogen und die Ergebnisse dar. Das Darwineum ist eine gelungene Verbindung von Museum und Tierhaltung, die die Evolution durch die Gestaltung der unterschiedlichen Perioden der Erdgeschichte, die Verwendung von Präparaten aus der entsprechenden Zeit und von Tieren und Pflanzen, die ihren Vorfahren ähneln, nachvollziehbar macht.

Ein umfangreiches Kapitel haben Jürgen Lange und Natascha Meuser über „Planungssparameter für Aquariumsbauten“ verfasst. Die beiden Autoren zeigen viele wesentliche Aspekte für

den Bau von Großaquarien auf, die zum großen Teil auch bei der Einrichtung von kleineren Anlagen wie dem Nordseeaquarium im Zoo am Meer Bremerhaven oder beim Polarium im Zoologischen Garten Rostock hilfreich und wichtig sein können. So behandeln sie gründlich unter anderem „Gebäudeform und Innenraum“, „Erschließung und Wegeführung“, „Licht und Beleuchtung“, „Becken, Technik und Bepflanzung“ und „Glas und Statik“. Diese und die anderen Kapitel zeigen die Komplexität eines Aquarienbaus.

Den größten Teil des Werks nimmt das Kapitel „Bauten und Projekte“ ein. Auf 287 Seiten werden insgesamt 60 internationale historische und neue Aquarienbauten vorgestellt. Auf etwa einer halben Seite werden Geschichte und wichtige Aspekte der Aquarienbauwerke vorgestellt. Dazu kommen Lagepläne, Grundrisse, architektonische Zeichnungen und Abbildungen vom Äußeren und Inneren der Anlagen. Die Spanne reicht vom „Fish House“ im Zoologischen Garten in London (Vereinigtes Königreich) bis zum 2017 eröffneten „AQUATIS Aquarium und Vivarium“ in Lausanne (Schweiz). Geographisch sind viele Erdteile und Länder vertreten, neben Europa und Nordamerika auch Afrika und vor allem Asien bis nach Wladiwostok. Das Zusammentragen geeigneter Unterlagen, vor allem der Pläne und Grundrisse, war eine sehr aufwändige Arbeit. Von einigen Aquarien kamen – vielleicht bedingt durch die Coronazeit oder anderen Personalmangel – keine Unterlagen oder für die Wiedergabe ungeeignete Materialien.

Das vorletzte Kapitel stellt einige Wettbewerbsentwürfe und Entwürfe für neue fünf Aquarienbauten vor, von denen drei nicht zur Umsetzung kamen und zwei 2022 fertiggestellt sein sollten. Darunter befinden sich auch die drei Siegerentwürfe für das Ozeanium in Basel (Schweiz), das leider auch nicht gebaut werden konnte. Es ist interessant, die drei unterschiedlichen Ansätze kennenzulernen, die alle das gleiche Thema in der gleichen Umgebung in Basel behandelten, und die Lösungsvorschläge vergleichen zu können.

Im letzten Kapitel stellt der renommierte Aquarienarchitekt Peter Chermayeff von ihm und seinen Mitarbeitern geplante und zum Teil errichtete Aquarienbauten vor. Vor allem die Grundgedanken für die Gestaltung der einzelnen Bauten sind dabei erhelltend.

Im Anhang findet sich neben der üblichen Literaturliste, einem Personenregister und den Kurzbiographien der Autoren ein Verzeichnis der den Herausgebern bekannten Aquarien, mit Angaben zur Beckengröße, zum Eröffnungsdatum und zur Anzahl der Besucher, falls bekannt. Diese Liste zeigt deutlich, in welchem Umfang Aquarien überall auf der Erde entstanden sind und welche Bedeutung sie für Umwelterziehung schon durch ihr Vorhandensein haben.

Einige kleine Fehler, die beim ersten Durcharbeiten aufgefallen sind, sollten bei späteren Auflagen und vor allem auch der englischen Auflage beseitigt werden. So lag das Aquarium in Hamburg nicht in der Nachbarschaft des Zoologischen Gartens, sondern auf seinem Gelände. Das Berliner Aquarium betrat der Besucher nicht durch einen 300 m langen Gang, sondern von der Straße „Unter den Linden“ durch das Vorderhaus über eine Treppe in die Ausstellungsräume.

Das Werk behandelt bestehende und nicht mehr vorhandene Aquarienbauten. Leider fehlt – und war vermutlich auch noch nicht machbar – ein Blick in die Zukunft. Die dringenden Probleme der Erhaltungszucht vom Aussterben bedrohter Wasserbewohner und des vermutlich bevorstehenden Klimawandels werden auch auf die Architektur von Aquarien großen Einfluss haben.

Insgesamt ist das Werk von Frau Meuser und Herrn Lange nicht nur empfehlenswert, sondern geradezu ein „Muss“ für jeden an Wassertierhaltung Interessierten. Gerade die Vielzahl von Abbildungen und Daten für jedes Gebäude sind in dieser Form noch nirgends veröffentlicht. Vor allem die Darstellungen aus Ländern, die nur wenig bereist werden, betonen die Bedeutung dieses Buches.

The English edition will be published in October.

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

THE ZOOLOGICAL GARDEN

**Zeitschrift für die gesamte Tiergärtnerie (Neue Folge)
Offizielles Organ des Verbands der Zoologischen Gärten – VdZ
Organ of the World Association of Zoos and Aquariums – WAZA**

DER ZOOLOGISCHE GARTEN ist eine internationale, wissenschaftliche Zeitschrift, die allen die Tiergärtnerie (im weitesten Sinne) betreffenden Originalarbeiten offensteht. Neben größeren Abhandlungen werden Kurzmitteilungen und Nachrichten aus Zoologischen Gärten aufgenommen.

DER ZOOLOGISCHE GARTEN is an international scientific journal which is open to all original papers concerning zoo biology and related topics. In addition to larger scientific contributions, we accept short notes and news from zoological gardens.

Abonnement/Subscription

Ich abonniere DER ZOOLOGISCHE GARTEN ab 2023 (2 Ausgaben pro Jahr) zum Preis von 32 €/Jahr (Deutschland) bzw. 36 €/Jahr (außerhalb Deutschlands).
Der Abonnementpreis ist im Voraus zu entrichten und enthält die Versandkosten. Die schriftliche Kündigung ist zum Jahresende möglich.

I subscribe to DER ZOOLOGISCHE GARTEN as of 2023 (2 issues per year) for the price of 32 €/year (Germany) or 36 €/year (outside Germany)
The subscription has to be paid in advance and includes shipping; it may be cancelled in writing at the end of each year.

Name: _____

Lieferanschrift/

Ship To Address:

Rechnungsanschrift, falls abweichend

Bill To Address, if different:

Ort/Place_____ Datum/Date_____

Unterschrift/Signature: _____

Bankeinzug/SEPA: ja yes /nein no (please tick), bei „ja“ bitte ausfüllen/if „yes“ please fill in

**SEPA-Mandat für Abonnement DER ZOOLOGISCHE GARTEN/
SEPA Direct Debit Mandate for DER ZOOLOGISCHE GARTEN**

IBAN: _____ BIC: _____

Bank Name: _____

Bitte ausschneiden oder kopieren und senden an/Please clip or copy and send to:

Verlag Natur & Wissenschaft
Harro Hieronimus
Dompfaffweg 53
D-42659 Solingen
E-Mail: info@verlagnw.de

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

THE ZOOLOGICAL GARDEN

Hinweise für Autoren	Instruction for authors
<p>DER ZOOLOGISCHE GARTEN ist eine fach-übergreifende wissenschaftliche Zeitschrift für die gesamte Tiergärtnerei. Zur Veröffentlichung angenommen werden Manuskripte, die im weitesten Sinne dazu beitragen, die Kenntnisse über die Tierhaltung in Zoologischen Gärten zu erweitern. Hierzu gehören neben wissenschaftlichen Originalbeiträgen auch Kurzmitteilungen über bemerkenswerte Beobachtungen und Nachrichten aus dem Umfeld zoologischer Einrichtungen sowie Buchbesprechungen (siehe „Aims and Scope“). Manuskripte sind einzureichen an editor@koelnerzoo.de.</p> <p>Manuskripte sind in deutscher oder englischer Sprache zu verfassen. Texte sind unformatiert und als Fließtext in gängiger Schriftart (Arial, Calibri oder Times New Roman) als Worddokument einzureichen. Ihr Aufbau sollte folgendermaßen strukturiert sein: Titel in deutscher und englischer Sprache mit Kennzeichnung für die Redaktion, ob britisches (UK) oder amerikanisches Englisch (US) verwendet wird; Kurzübersicht mit maximal 45 Zeichen, Vor- und Nachnamen sowie Forschungsstätten und Adressen sämtlicher Autoren; Anzahl der Abbildungen und Tabellen; Zusammenfassung und englisches Abstract (sofern der Artikel in Deutsch verfasst wurde); 3-5 Keywords in der Sprache, in der der Artikel verfasst wird; Einleitung; Hauptteil des Manuskripts (mögliche, aber nicht notwendige Gliederung, z. B.: Material und Methoden, Ergebnisse und Diskussion); Danksagung; Literatur; Zusammenfassung; Abbildungslegenden; Tabellen einschließlich ihrer Titel.</p> <p>Alle Abbildungen (einschließlich Bilder und Grafiken) sowie Tabellen sind fortlaufend zu nummerieren. Im Text ist an passenden Stellen auf jede Abbildung und Tabelle</p>	<p>DER ZOOLOGISCHE GARTEN is a multidisciplinary scientific journal publishing articles about zoo biology and related topics. We accept manuscripts for publication which will help to increase the knowledge of animal husbandry in zoological gardens. In addition to original scientific contributions this also includes short notes on remarkable observations and news from zoological institutions as well as book reviews (see "Aims and Scope"). Please send manuscripts by e-mail to editor@koelnerzoo.de.</p> <p>All manuscripts must be written in German or English. Texts have to be submitted as Word documents, unformatted and as continuous text in common fonts (Arial, Calibri or Times New Roman) with the following structure: title in German or English (for English texts, please indicate for the editorial staff whether British (UK) or American (US) English is used); short title in the main language with a maximum of 45 characters; first name, surname as well as affiliated institutions and addresses of each author; e-mail address of the corresponding author; number of figures and tables; abstract in English and also in German (if the article was written in English); 3-5 keywords in the language in which the article is written; introduction; main part of the text (e.g. material and methods, results and discussion); acknowledgement; summary; references; figure captions; tables with headings.</p> <p>All figures (including images and charts) and tables have to be numbered consecutively. Please check that all figures and tables have been cited in the text. Example: [Fig. 1] or [Tab. 2] etc.</p> <p>Figure legends and table titles should be comprehensive but brief. Captions in texts</p>

<p>hinzzuweisen. Beispiel: [Abb. 1] oder [Tab. 2] etc. Die Legenden der Abbildungen und die Überschriften der Tabellen sollen informativ, komplett aber kurz sein. Die Bildunterschriften in Manuskripten, die in deutscher Sprache eingereicht werden, sind in Deutsch und Englisch anzugeben. Zu allen Abbildungen (d. h. Bilder, Grafiken etc.) muss der Fotograf bzw. die Quelle angegeben werden. Beispiel: Abb. 1: Text. Foto: T.B. Pagel. Oder Abb. 1: Text. Quelle: Archiv Kölner Zoo.</p>	<p>submitted in German must be in German and English.</p>
<p>Die Bilder und Grafiken müssen unabhängig vom Text als eigenständiges Dokument eingereicht werden, wenn möglich in digitaler Form. Empfohlene Speicherformate sind TIFF, JPEG, EPS und PDF. Grafiken werden auch als Excel-Dateien angenommen. Die Abbildungen müssen als Farb- oder Graustufenbilder eine Druckauflösung von 300 dpi aufweisen. Bitmap-Grafiken benötigen für den Druck eine Auflösung von 600-1200 dpi. Im Titel sind wissenschaftliche Artnamen komplett mit Autor und Beschreibungsdatum anzugeben. Gattungsname und Artepitethon sind bei ihrer Erstnennung im Text auszuschreiben. Im Folgenden wird der Gattungsname durch den ersten Buchstaben abgekürzt. Artnamen und Gattungsbezeichnungen werden kursiv geschrieben.</p>	<p>Please submit images and charts as separate files, if possible in digital form. Recommended storage formats are TIFF, JPEG, EPS and PDF. Charts are also accepted as Excel files. Printing in journal quality requires color or grayscale images with resolutions of 300 dpi. Bitmap graphics require a resolution of 600-1200 dpi for printing.</p>
<p>Im Text müssen Autoren an entsprechenden Passagen in chronologischer Abfolge zitiert werden: Mayr (2003); Darwin & Wallace (2007)</p>	<p>Please indicate the photographer or source for all figures (i.e. pictures, graphics, etc.). Indicate scientific species names in the title completely with author and date. Binomial species names in the text should appear with the complete generic name when first mentioned. Thereafter, abbreviate the generic name with its first letter. All genus and species group names must be in italics. In-text citations to literature must be in chronological order, i.e. author's surname followed by the year of publication: Mayr (2003); Darwin & Wallace (2007); if a publication has more than two authors, cite first authors as e.g. Wallace et al. (2013), with all authors listed in the references. If more than one publication is cited in parenthesis, please separate the names by a semicolon, e.g. (Wilson, 2001; Flemming & Gould, 2010). If reference is made to more than one paper by the same author published in the same year, this should be indicated as follows: (Morgan, 2003a, b; Wallace et. al, 2013 a, 2013 b).</p>
<p>Wenn mehrere Autoren in Klammern eingefügt zitiert werden, sind sie durch ein Semikolon voneinander zu trennen, z.B. (Wilson, 2001; Flemming & Gould, 2010). Sofern auf verschiedene Veröffentlichungen eines Autors im selben Jahr verwiesen wird, sollte dies so erfolgen: (Morgan 2003a, b; Wallace et al., 2013a, b). Wenn mehrere Autoren in Klammern eingefügt zitiert werden, sind sie durch ein Semikolon voneinander zu trennen,</p>	<p>Please list the cited publications in the reference section alphabetically by author's name according to the following examples:</p> <p>Journals or magazines:</p>

<p>z.B. (Wilson, 2001; Flemming & Gould, 2010; Mayer et al., 2013). Sofern auf verschiedene Veröffentlichungen eines Autors im selben Jahr verwiesen wird, sollte dies so erfolgen: (Morgan 2003a, b; Wallace et al., 2013a, b).</p> <p>Die zitierten Publikationen sind am Ende des Artikels geordnet nach der alphabetischen Reihenfolge der Autoren aufzuführen. Die Literaturverweise sind nach folgendem Schema anzufertigen:</p> <p>Zeitschriften:</p> <p>Der Titel von Zeitschriften ist immer ganz auszuschreiben, aber nicht in Kapitälchen anzugeben.</p> <p>Backhaus, D., & Frädrich, H. (1965). Experiences keeping various species of Ungulates together at Frankfurt Zoo. International Zoo Yearbook, 5, 14-24.</p> <p>Bücher:</p> <p>Fowler, M.E., & Miller, R.E. (2003). Zoo and wild animal medicine. (5th ed.). Philadelphia: W.B. Saunders & Co.</p> <p>Kapitel aus Büchern:</p> <p>Folch, A. (1992). Family Apterygidae (Kiwis). In J. del Hoyo, A. Elliott, & J. Sargatal (Eds), Handbook of the Birds of the World. Vol. 1. Ostrich to Ducks (pp. 104-110). Barcelona: Lynx Edicions.</p> <p>An Stelle eines Honorars steht den Autoren ein PDF-Dokument ihres Betrages kostenlos zur Verfügung. Sonderdrucke können gegen Rechnung bezogen werden.</p>	<p>The title of journals or magazines must always be written out in full but not in small caps:</p> <p>Backhaus, D., & Frädrich, H. (1965). Experiences keeping various species of Ungulates together at Frankfurt Zoo. International Zoo Yearbook, 5, 14-24.</p> <p>Books:</p> <p>Fowler, M.E., & Miller, R.E. (2003). Zoo and wild animal medicine. (5th ed.). Philadelphia: W.B. Saunders & Co.</p> <p>Book chapter citations:</p> <p>Folch, A. (1992). Family Apterygidae (Kiwis). In J. del Hoyo, A. Elliott, & J. Sargatal (Eds), Handbook of the Birds of the World. Vol. 1. Ostrich to Ducks (pp. 104-110). Barcelona: Lynx Edicions.</p> <p>Instead of a gage, the authors will receive a PDF file of the article free of charge. Offprints will be available on request and invoice.</p>
--	--



Verlag Natur & Wissenschaft
gegründet 1991

Im Verlag werden folgende Arten von Schriften veröffentlicht:

- Wissenschaftliche Bücher und Zeitschriften
- Sachbücher und -zeitschriften
- Reihen, Serien und Supplementbände
- Magister- und Doktorarbeiten, Habilitationsschriften
- Auftragsarbeiten für Universitäten und Hochschulen
- Bücher und Auftragsarbeiten von Vereinen und Privatleuten

Das Verlagsangebot umfasst:

- Inverlagnahme mit ISBN, Aufnahme ins Verzeichnis lieferbarer Bücher
- Prüfung auf Druckprobleme (Auflösung, Layout)
- Druck bei erprobten Druckereien zur bestmöglichen Qualität und zum bestmöglichen Preis
- Ablieferung aller Pflichtexemplare
- Layout bis zum Druckfertigvermerk mit Korrekturläufen
- Korrektorat (auf Wunsch) in Deutsch für Rechtschreibung und Grammatik; englische Texte nach Absprache
- Lektorat (auf Wunsch fachliche Beratung)
- für Auflagenhöhen ab 10 bis ??
- Versand an Empfänger wie Abonnenten, Bibliotheken etc.
- Abonnementsverwaltung für Zeitschriften und Serien
- Abwicklungsdauer je nach Auftragsumfang zwischen sieben und 20 Werktagen nach Vorliegen der druckreifen Fassung

Fordern Sie bei Interesse einfach ein Angebot an

**Verlag Natur & Wissenschaft
Postfach 170209, D-42624 Solingen
Tel.: +49-212-819878; E-Mail info@veragnw.de**

Impressum

DER ZOOLOGISCHE GARTEN

THE ZOOLOGICAL GARDEN

AG Zoologischer Garten Köln

Editorial Board:
DER ZOOLOGISCHE GARTEN/THE ZOOLOGICAL GARDEN
Riehler Str. 173
50735 Köln
Deutschland/Germany

Verband der Zoologischen Gärten (VdZ) e.V.

Association of Zoological Gardens

Bundespressehaus (Büro 4109)
Schiffbauerdamm 40
10117 Berlin
Deutschland/Germany

Weltzoooverband (WAZA)

World Association of Zoos and Aquariums

WAZA Executive Office
Carrer de Roger de Llúria, 2, 2-2
08010 Barcelona
Spanien/Spain

Hinweise für Autoren findet man auf den letzten Seiten des Heftes.

Rezensionsexemplare senden Sie bitte direkt an die Anschrift der AG Zoologischer Garten Köln (siehe oben).

Instructions for Authors can be found on the last pages of each issue.

Books for review: Please send books for review directly to the address of AG Zoologischer Garten Köln (see above).

Copyright:

Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Artikel sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Kein Teil der Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung der AG Zoologischer Garten Köln in irgendeiner Form gewerblich genutzt werden.

The articles published in this journal are protected by copyright. All rights are reserved. No part of the journal may be used commercially in any form without the written permission of AG Zoologischer Garten Köln.

Satz und Druck/Typesetting and Printing:

Verlag Natur & Wissenschaft Harro Hieronimus
Dompfaffweg 53
42659 Solingen

Umschlagseite/Cover:

Das Foto auf der Umschlagseite zeigt *Philepitta schlegeli*. Foto: Bernd Marcordes.

The cover shows *Philepitta schlegeli*. Photo: Bernd Marcordes.

All rights reserved.

Contents/Inhalt

A historical overview of polar bears (<i>Ursus maritimus</i> Phipps, 1774) in Italian zoological gardens. DARIO FRASCHETTI	85
Ist der Nacktmull (<i>Heterocephalus glaber</i>) eine eusoziale Spezies? WOLFGANG LUDWIG & THOMAS BROCKMANN	103
Malagasy birds in zoological gardens – an analysis of zoo databases as basis for improved ex situ conservation measures. ROBIN LAMMERS, CAROLIN SCHOLTEN, BERND MARCOPDES, THEODOR B. PAGEL, DENNIS RÖDDER & THOMAS ZIEGLER.	121
Chemisches Enrichment bei Gelbbrust-Kapuzinern (<i>Sapajus xanthosternos</i>). ANN-KATHRIN FIEDLER & LISA M. SCHULTE.	151
Beobachtungen zur Aktivitätsverteilung und zum Ruheverhalten der afrikanischen Nashörner, <i>Diceros bicornis</i> (Linné, 1758) und <i>Ceratotherium simum</i> (Burchell, 1817), des Zürcher Zoos. PETER DOLLINGER	161
Ex situ management of the Amazon River dolphin (<i>Inia geoffrensis humboldtiana</i>): previous experiences, successes, and constraints. KERSTIN TERNES.	183
Etablierung eines Kurzzeitnarkoseprotokolls mit Ketamin und Medetomidin sowie von physiologischen Referenzwerten für die Fossa (<i>Cryptoprocta ferox</i>) – ein Beispiel für das Zusammenspiel von ex-situ- und in-situ-Forschungsarbeit. SANDRA MARCOPDES, SABINE TACKE, KERSTIN TERNES & DIMITRI WIDMER.	219
Buchbesprechung: Lange, J. & N. Meuser (Hrsg.) (2022): Handbuch und Planungshilfe Aquarienbauten. HARRO STREHLLOW	237

Die Publikationen sind frei zugänglich unter www.vdz-zoos.org
The published articles are open access at www.vdz-zoos.org

Bibliographiert/Indiziert in – Abstracted/Index in

Biological Abstracts; BIOSIS database; CAB Abstracts database; Fisheries Review; Key Word Index of Wildlife Research; NISC – National Information Services Corporation; Protozoological Abstracts; Referativnyi Zhurnal; Wildlife & Ecology Studies Worldwide; Wildlife Review (Fort Collins); Zoological Record.