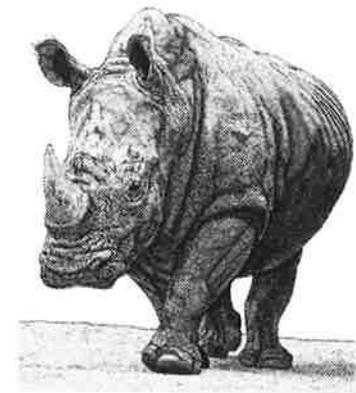


Carsten Schmidt



Futterverteilung, Stallwechsel und Transport

Experimentelle Untersuchungen
zu Verhalten und Belastungszustand
bei im Zoo gehaltenen Breitmaulnashörnern,
Ceratotherium simum simum

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Schmidt, Carsten:

Futtermittelverteilung, Stallwechsel und Transport: Experimentelle Untersuchungen zu Verhalten und Belastungszustand bei im Zoo gehaltenen Breitmaulnashörnern, *Ceratotherium simum simum* / Carsten Schmidt.

- Münster : Schöling, 2000

Zugl.: Münster, Univ., Diss., 2000

ISBN 3-934849-71-7

3H 62016



ISBN 3-934849-71-7



Münster 2000

P

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
2. TIERE, MATERIAL UND METHODEN	6
2.1 Tiere	6
2.2 Haltung	10
2.2.1 Innenställe und Außenanlage	10
2.2.2 Fütterung und Pflege	12
2.3 Versuchsdurchführung	13
2.3.1 Fütterungsexperiment	13
2.3.2 Stallwechsel.....	15
2.3.3 Transport	15
2.3.4 Methoden-Tests	16
2.4 Erfassung und Auswertung der ethologischen Parameter	17
2.4.1 Beobachtungsmethode.....	17
2.4.2 Ethologische Parameter.....	17
2.4.3 Auswertung der ethologischen Parameter.....	21
2.5 Erfassung der endokrinologischen Parameter	24
2.5.1 Parameter aus dem Blut.....	24
2.5.1.1 Entnahme und Aufbereitung der Blutproben	24
2.5.1.2 Bestimmung der Cortisol- und Corticosteronkonzentrationen	25
2.5.2 Parameter aus dem Speichel.....	26
2.5.2.1 Entnahme und Aufbereitung der Speichelproben	26
2.5.2.2 Bestimmung der Cortisol- und Corticosteronkonzentrationen	27
2.6 Statistische Verfahren	27
3. ERGEBNISSE	29
3.1 Ethologische Parameter	29
3.1.1 Verhalten in Abhängigkeit von Regen	29
3.1.2 Verhalten im Verlauf des Fütterungsexperiments.....	30
3.1.3 Verhalten in Abhängigkeit des Fütterungsexperiments	32
3.1.3.1 Individualverhalten	33

3.1.3.1.1 Ruheverhalten	33
3.1.3.1.2 Komfortverhalten	34
3.1.3.1.3 Orientierungsverhalten	36
3.1.3.1.4 Sonstiges Individualverhalten	39
3.1.3.1.5 Zusammenfassung Individualverhalten	41
3.1.3.2 Sozialverhalten.....	42
3.1.3.2.1 Kontaktverhalten	42
3.1.3.2.2 Soziopositives Verhalten.....	46
3.1.3.2.3 Agonistisches Verhalten.....	53
3.1.3.2.4 Zusammenfassung Sozialverhalten	63
3.1.3.3 Verhaltensauffälligkeiten	64
3.1.3.3.1 Zusammenfassung Verhaltensauffälligkeiten	66
3.2 Endokrinologische Parameter	67
3.2.1 Hormonkonzentration in Abhängigkeit der Methoden-Tests.....	67
3.2.1.1 Vergleich der Cortisol- bzw. Corticosteronkonzentrationen im Blut und Speichel	67
3.2.1.2 Vergleich der Speichel-Corticosteronkonzentrationen im Tagesverlauf.....	69
3.2.1.3 Vergleich der Speichel-Corticosteronkonzentrationen im „Handschuh-, Eis- und Gefrier-Test“.....	70
3.2.2 Hormonkonzentration in Abhängigkeit des Fütterungsexperiments	71
3.2.3 Hormonkonzentration in Abhängigkeit des Stallwechsels	72
3.2.4 Hormonkonzentration in Abhängigkeit des Transports	74
3.2.5 Zusammenfassung Hormonkonzentrationen	76
4. DISKUSSION.....	77
4.1 Zu den Methoden.....	77
4.1.1 Ein Versuchsdesign mit wiederholtem Wechsel zweier Situationen	77
4.1.2 Glucocorticoidkonzentrationen als Indikatoren für Stress	78
4.1.3 Die Messung von Glucocorticoidkonzentrationen	81
4.2 Zum Fütterungsexperiment.....	86
4.2.1 Unterschiede im Verhalten aufgrund der Futtermittelverteilung.....	87
4.2.1.1 Unterschiede im Individualverhalten	88
4.2.1.2 Unterschiede im Sozialverhalten	99

4.2.1.3 Unterschiede in den Verhaltensauffälligkeiten.....	107
4.2.2 Unterschiede in der Hormonkonzentration aufgrund der Futtermittelverteilung.....	114
4.3 Zu Stallwechsel und Transport	118
4.3.1 Unterschiede in der Hormonkonzentration aufgrund des Stallwechsels.....	118
4.3.2 Unterschiede in der Hormonkonzentration aufgrund des Transports	120
4.4 Resümee.....	123
5. ZUSAMMENFASSUNG.....	128
6. SUMMARY	131
7. LITERATURVERZEICHNIS	133

1. EINLEITUNG

Zootiere leben in einer vom Menschen geschaffenen und kontrollierten Umwelt. Diese muss so gestaltet sein, dass sie die Bedürfnisse der jeweiligen Tierart weitestgehend befriedigt. Darüber hinaus muss der künstliche Lebensraum aber auch den Anforderungen der Hygiene, der jederzeitigen Manipulierbarkeit der Tiere, der Sicherheit von Mensch und Tier sowie den Aufgaben eines öffentlichen Zoos (Erholung, Bildung, Forschung, Tier- und Artenschutz) Rechnung tragen (BÖER & DITTRICH 1982; HEDIGER 1942; IUDZG & CBSG 1993; MÜHLING 1996).

Aufgrund dieser Ansprüche unterscheidet sich die künstliche Umwelt stark von dem natürlichen Lebensraum. HEDIGER (1942) formulierte: *„Wenn man bedenkt, daß das freilebende Wildtier ständig in Anspruch genommen ist durch den Zwang zur Feindvermeidung und durch den Zwang zur Nahrungssuche, und wenn man sich nun überlegt, daß diese beiden hauptsächlichsten Begebenheiten im Gefangenleben plötzlich wegfallen, so wird klar, wie entscheidend sich diese Veränderung auswirken muß.“*

Nicht nur die Ernährungssicherung und Feindvermeidung, sondern z. B. auch die Konkurrenz um Sozial- und Sexualpartner, zu der auch der Kampf mit Rivalen gehört, finden im Zoo nicht statt oder sind zumindest stark eingeschränkt (MÜHLING 1996). Da außerdem die Abläufe der Tierpflege weitgehend konstant sind, trägt jedes Haltungssystem die Tendenz zur Reizverarmung.

In den letzten Jahren wird verstärkt versucht, dieser Reizverarmung durch „Anreicherungsmaßnahmen“ entgegenzuwirken. Neben der Beschäftigung des Tieres haben es die als „behavioural-“ oder „environmental-enrichment“ bezeichneten Maßnahmen zum Ziel, dem Tier durch Anreicherung des Reizspektrums das Ausleben seines natürlichen Verhaltensrepertoires weitestgehend zu ermöglichen (zur Übersicht: MARKOWITZ 1982; SHEPHERDSON et al. 1998). Die Maßnahmen reichen von einfachen, strukturellen Gehegeveränderungen (MAPLE & PERKINS 1996) bis hin zu Vergesellschaftungen, in denen eine Art der anderen durchaus gefährlich werden kann (Löwen und Schleickatzen: ZESSIN et al. 2000).

Je mehr über die Biologie einer Tierart bekannt ist, desto genauer können die Haltungsbedingungen auf die Bedürfnisse dieser Tierart abgestimmt werden. Aufgrund der oben genannten, zusätzlichen Ansprüche (von ökonomischen Zwängen soll hier erst gar nicht die Rede sein) bleibt die künstliche Umwelt aber immer eine Kompromisslösung, die jeder Tierart die Fähigkeit zur Anpassung abverlangt.

Übersteigen die gebotenen Haltungsbedingungen den natürlichen Rahmen der Adaptationsmöglichkeiten eines Tieres, so kommt es zu einer Beeinträchtigung seines Wohlergehens¹. Erkennbar wird dies zum Beispiel an starkem Gewichtsverlust, ausbleibender Reproduktion, Verhaltensstörungen, Immunsuppression, Krankheiten und einem frühen Tod (zur Übersicht: BROOM & JOHNSON 1993).

Im Umkehrschluss lässt sich eine Haltung als adäquat beurteilen, wenn seine Bewohner eine optimale Kondition, einen guten Immunstatus, viele Nachkommen, eine hohe Lebenserwartung und keine Verhaltensstörungen aufweisen (DITTRICH 1986; MÜHLING 1996).

Von den genannten Kriterien sind Verhaltensstörungen sicherlich am schwierigsten zu beurteilen, da es hier gilt, normales von anormalem Verhalten zu trennen. Während Verhaltensweisen, die beim Individuum oder seinen Mitbewohnern zu Schäden führen (z. B. Automutilation, Trichophagie oder Hyperaggressivität), eindeutig negativ bewertet werden (DAWKINS 1982; DITTRICH 1986; MEYER-HOLZAPFEL 1988), verlangt die Beurteilung von Stereotypen eine genauere Betrachtungsweise. Als Stereotypie wird ein *repetitives, relativ invariables Bewegungsmuster ohne offensichtliches Ziel oder Funktion* bezeichnet (FRASER & BROOM 1990; MASON 1991a; ÖDBERG 1978 zitiert in CARLSTEAD 1996). Zwar werden Stereotypen als extreme Anpassungsform an eine inadäquate, belastende Haltung angesehen und somit als negativ bewertet (BROOM 1983, 1988; CARLSTEAD 1996; DAWKINS 1982; DUNCAN et al. 1993; HEDIGER 1942; MORRIS 1964; SAMBRAUS 1982; STOLBA et al. 1983; WIEPKEMA 1985), die Gründe für ihr Vorhandensein können allerdings auch in längst vergangenen Haltungsbedingungen liegen (HEDIGER 1954; MASON 1991b; MEYER-HOLZAPFEL 1968). Noch schwieriger zu erfassen und zu bewerten sind quantitative Verhaltensänderungen. Selbst wenn es anhand genauer Kenntnis über das Verhalten einer Tierart im natürlichen Lebensraum gelingt, haltungsbedingte Unterschiede in der Häufigkeit einzelner Verhaltensweisen nachzuweisen, so bleibt es doch oft der Subjektivität des Einzelnen überlassen, ob die ermittelten Veränderungen als Be- oder Entlastung interpretiert werden.

Neben den bisher genannten Kriterien können auch endokrinologische Messgrößen herangezogen werden, um Wohlergehen zu beurteilen (zur Übersicht: BROOM & JOHNSON 1993). So hat sich für den Menschen und für verschiedene Wirbeltiere eine

¹ In Anlehnung an BEER & SACHSER (1992) wird hier bewusst auf den Begriff „Wohlbefinden“ verzichtet, denn das subjektive tierliche Empfinden entzieht sich der wissenschaftlichen Analyse. Indikatoren für das „Wohlergehen“ eines Tieres lassen sich dagegen anhand geeigneter, objektiv erfassbarer physiologischer und ethologischer Parameter ermitteln.

erhöhte Glucocorticoidkonzentration im Blut als ein verlässlicher Belastungsindikator erwiesen (BONGA 1997; CARLSTEAD et al. 1993b; DANZER et al. 1980; HENNESSY & LEVINE 1979; MASON 1968a; MISSLIN et al. 1982; SACHSER & LICK 1989; SILVERIN 1997).

Als geeignetste Methode, um den Einfluss von Haltungsbedingungen auf das Wohlergehen von Tieren zu untersuchen, kann deshalb ein verhaltensphysiologischer Ansatz betrachtet werden, in dem sowohl das Verhalten als auch relevante physiologische Parameter ermittelt werden (BROOM & JOHNSON 1993; VON HOLST 1998; KOENE 1997; SACHSER 1993).

Mit einem solchen Ansatz untersucht die vorliegende Studie das Verhalten und den Belastungszustand von Breitmaulnashörnern im Zoo.

Breitmaulnashörner (*Ceratotherium simum*) sind mit einem Gewicht von bis zu 2,7 Tonnen nach den asiatischen und afrikanischen Elefanten die schwersten Landsäugetiere (INTERNATIONAL RHINO FOUNDATION 2000a). Namengebend für die stammesgeschichtlich jüngste der fünf rezenten Nashornarten (THENIUS 1969) war das über 20 cm breite Maul der Tiere. Dieses stellt neben den kurzen Beinen und dem langgestreckten Kopf die auffälligste Anpassung an ihre Ernährung dar: Breitmaulnashörner sind reine Grasfresser (FOSTER 1967; OWEN-SMITH 1988). Bevorzugter Lebensraum dieser afrikanischen Nashornart sind daher Steppen mit ausgedehnten Grasflächen. Für die Thermoregulation sowie für die Hautpflege spielt zudem das Vorhandensein von Baumgruppen und Wasser- bzw. Schlammflöchern eine wichtige Rolle (MEISTER & OWEN-SMITH 1997).

Breitmaulnashörner gelten als die geselligsten Nashörner. Während erwachsene Männchen in der Regel einzeln angetroffen werden, bilden Weibchen mit ihrem Nachwuchs oder auch unverwandte, juvenile Tiere Einheiten aus mehreren Individuen, die in ihrem Verhalten weitgehend synchronisiert sind (OWEN-SMITH 1975). An bevorzugten Plätzen finden sich oft mehrere solcher Einheiten für einige Tage zu lockeren Verbänden zusammen, die bis zu 20 Tiere umfassen können (KLÖS 1968; MEISTER & OWEN-SMITH 1997; SCHENKEL & LANG 1969).

Aufgrund der ursprünglichen geographischen Verbreitung wurden für das Breitmaulnashorn zwei Unterarten beschrieben: Während das Südliche Breitmaulnashorn (*Ceratotherium simum simum* Burchell, 1817) in weiten Teilen Südafrikas, zwischen

den Flüssen Oranje und Zambesi, lebte, beschränkte sich die Verbreitung des Nördlichen Breitmaulnashorns (*C. s. cottoni* Lydekker, 1908) auf Bereiche, die mehr als 2000 km nördlich davon lagen (z. B. Sudan und Uganda) (SCHOMBER 1959, 1966). Beide Unterarten lassen sich auch anhand ihrer Schädelform sowie der Körperbehaarung unterscheiden (GROVES 1997; HOONER 1969).

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden die Südlichen Breitmaulnashörner durch weiße Jäger so stark dezimiert, dass sie 1892 als ausgerottet galten (NICHOLLS & EGLINGTON zitiert in SCHOMBER 1959). Vermutlich 20 - 50 Exemplare überlebten aber in KwaZulu-Natal, Südafrika (EMSLIE & ADCOCK 1997a; INTERNATIONAL RHINO FOUNDATION 2000b). Da dieses Gebiet bereits 1897 unter wirksamen Schutz gestellt wurde, konnte sich die kleine Population so stark vermehren, dass zwischen 1967 und 1981 über 2600 Tiere in ursprüngliche Verbreitungsgebiete sowie in Zoologische Gärten umgesiedelt wurden (EMSLIE & ADCOCK 1997a; KLÖS 1968; PIENAAR 1970). Auch wenn Wilderei, angetrieben von dem nach wie vor florierenden, illegalen Handel mit Nasenhorn (EMSLIE & ADCOCK 1997b; VIGNE & BRADLEY-MARTIN 1994), immer wieder zu erheblichen Verlusten und zum wiederholten Aussterben dieser Unterart in Mozambique und Angola führte, ist der Bestand des Südlichen Breitmaulnashorns in Afrika auf derzeit etwa 8400 Tiere angewachsen (INTERNATIONAL RHINO FOUNDATION 2000b).

In menschliche Obhut wurden Südliche Breitmaulnashörner erst 1946 genommen (REYNOLDS 1960; ROOKMAAKER 1985, 1998). Da ihre Anzahl in Zoologischen Gärten durch vermehrte Importe in den 60er Jahren sprunghaft anstieg, wurde 1966 ein internationales Zuchtbuch für afrikanische Nashörner eingerichtet (KLÖS & FREESE 1993). Heute (1.8.2000) leben weltweit 726 Südliche Breitmaulnashörner in 243 Haltungen (OCHS mündl. Mitt.)². Der Anteil an Nachwuchstieren beträgt etwa 44 % und deutet auf einen relativ guten Fortpflanzungserfolg in Menschenhand hin. Allerdings haben sich nur wenige Exemplare erfolgreich reproduziert: In Nordamerika stammen 75 % der ersten Zoogeneration von einem einzigen Zuchtbullen ab (FOOSE & MILLER 1997). Viele Tiere haben sich nie fortgepflanzt und sind nun zu alt dafür. Da zudem erst ca. 8 % der zoogeborenen Tiere für Nachwuchs gesorgt haben (RIECHES 1998), drohen der Zoopopulation in naher Zukunft starke Einbußen. Obwohl als eine wesentliche Ursache des eingeschränkten Reproduktionserfolges erhöhter Stress in Betracht gezogen

² Dr. A. OCHS (Zoologischer Garten Berlin) führt das internationale Zuchtbuch für Breitmaulnashörner.

wird (RADCLIFFE 1998), gibt es bis heute erst zwei Untersuchungen zur Bestimmung des Belastungszustands bei Breitmaulnashörnern (MEISTER 1997a; SCHMIDT 1995).

Fragestellungen dieser Studie:

Die vorliegende Untersuchung baut auf meiner Diplomarbeit (SCHMIDT 1995) auf, in der gezeigt wurde, dass eine unterschiedliche Futterverteilung bei Breitmaulnashörnern im Zoo zu Verhaltensänderungen während der Nahrungsaufnahme sowie zu Unterschieden in den Speichel-Corticosteronkonzentrationen der Tiere führen kann.

a) Zunächst sollte daher geprüft werden, ob sich diese Ergebnisse trotz einer veränderten Gruppensammensetzung (das Männchen der Gruppe wurde ausgetauscht) mit verfeinerten ethologischen und endokrinologischen Methoden reproduzieren lassen.

b) Darüber hinaus sollten folgende Fragen untersucht werden:

→ Zeigen sich in Abhängigkeit der Futterverteilung auch Unterschiede im Verhalten außerhalb der Nahrungsaufnahme?

→ Erstrecken sich mögliche Verhaltensunterschiede über den ganzen Tag oder werden Differenzen, die durch eine unterschiedliche Futterverteilung am Morgen verursacht wurden, durch eine zweite Fütterung am Nachmittag kompensiert?

→ Führt die unterschiedliche Futterverteilung am Morgen trotz der zweiten Fütterung am Nachmittag zu Veränderungen in den Speichel-Corticosteronkonzentrationen?

→ Sind mögliche Unterschiede in den Speichel-Corticosteronkonzentrationen sowohl am Abend als auch am Morgen messbar?

c) Um für Breitmaulnashörner die biologische Relevanz der Messung von Speichel-Corticosteron als Indikator für den Belastungszustand zu validieren, sollte schließlich den folgenden Fragen nachgegangen werden:

→ Existiert sowohl für Cortisol als auch für Corticosteron eine hohe, positive Korrelation zwischen den Konzentrationen im Blut und denen im Speichel?

→ Ist Cortisol oder Corticosteron das vorherrschende Glucocorticoid im Blut bzw. Speichel der Breitmaulnashörner?

→ Unterliegt die Corticosteronkonzentration im Speichel einem Tagesgang?

→ Führen als belastend anerkannte Ereignisse, wie der Wechsel in einen neuen Stall oder der Transport in einen anderen Zoo, bei den betroffenen Tieren zu deutlichen Erhöhungen der Speichel-Corticosteronkonzentration?

2. TIERE, MATERIAL UND METHODEN

2.1 Tiere

Die Untersuchungen wurden an einer Gruppe Südlicher Breitmaulnashörnern (*Ceratotherium simum simum* Burchell, 1817) im Allwetterzoo Münster durchgeführt.

Die Gruppe bestand aus einem Männchen und vier Weibchen (s. Tab. 1).

Tab. 1: Die zur Zeit der Untersuchung im Zoo Münster gehaltenen Breitmaulnashörner.

Name	Zuchtb. Nr. ³	Geschlecht	Geburtsdatum	Geburtsort	Vater, Mutter
Harry	974	männlich	28.12.1990	Zoo Whipsnade (England)	Gingindhlovu, Trio
Natala	403	weiblich	ca. Okt.1970	Umfolozil-Reservat in Natal (Südafrika)	unbekannt
Emily	812	weiblich	05.01.1985	Zoo Münster	Joseph, Natala
Vicky	854	weiblich	23.12.1986	Zoo Münster	Joseph, Natala
Emmi	967	weiblich	22.10.1990	Zoo Münster	Joseph, Emily

Harry war mit den vier Weibchen nicht verwandt. Er wurde im Dezember 1990 im englischen Zoo Whipsnade geboren. Dort wuchs er in einer Gruppe aus sieben bis elf Tieren heran. Seit Mai 1994 lebte Harry im Zoo Münster. Eineinhalb Jahre lang war er allein untergebracht. Sein Gehege lag in unmittelbarer Nachbarschaft zum Gehege der übrigen Nashörnern. Nach dem Tod des in der Gruppe lebenden Bullen im November 1995 wurde Harry zu den vier Weibchen gelassen. Zum Zeitpunkt der Untersuchung war er sechseinhalb Jahre alt und hatte die Geschlechtsreife erreicht. Harry trug das längste hintere Nasenhorn der fünf Tiere. Sein vorderes Nasenhorn war nur schwach nach hinten gebogen und im mittleren Bereich rundherum leicht ausgefranst. Harry war größer als Emmi, aber kleiner als die anderen Weibchen. Er besaß keine Ohrkerbe. Seine Haut wies im Schulter- und Rückenbereich einige als helle Flecken erkennbare Narben auf (s. Abb. 1a).

Natala war die Mutter von Emily und Vicky. Sie wurde vermutlich im Oktober 1970 im Umfolozil-Reservat (Natal, Südafrika) geboren. Im Alter von zwei Jahren wurde Natala nach Europa gebracht. Sie lebte zunächst ein Jahr im Zoo von Madrid, dann drei Jahre

³ Alle ex situ gehaltenen Südlichen Breitmaulnashörnern werden im Internationalen Zuchtbuch für Afrikanische Nashörner geführt und besitzen eine individuelle Zuchtbuchnummer (GÖLTENBOTH & OCHS 1999).

im Safaripark San Roque und ein weiteres Jahr im Ruhr Zoo Gelsenkirchen, ehe sie im März 1977 nach Münster kam. Hier hat sie sechs Jungtiere zur Welt gebracht. Zum Zeitpunkt der Untersuchung war Natala etwa 26,5 Jahre alt und hatte gemäß den Befunden einer Ultraschalluntersuchung ihre reproduktive Aktivität eingestellt. Im Mai 1998 wurde sie in den Tierpark Erfurt gebracht und dort mit zwei adulten Artgenossen vergesellschaftet. Natala war die schmalste und kleinste der drei erwachsenen Kühe. Ihr vorderes Nasenhorn wies keine Kanten oder Fransen auf. Die Spitze ihres rechten Ohrs hing schlapp herunter. Natalas linkes Ohr wies am oberen Rand eine Kerbe auf. Ihr Schwanzende trug auf der Innenseite sehr lange Haare, auf der Außenseite fehlte die Behaarung (s. Abb. 1b).

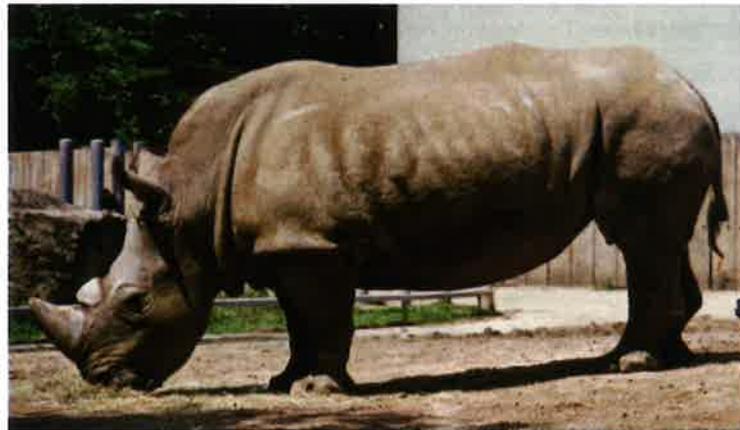
Emily war die älteste Tochter von Natala und die Mutter von Emmi. Sie wurde im Januar 1985 im Zoo Münster geboren und war zum Zeitpunkt der Untersuchung etwa zwölfteinhalf Jahre alt. Emily war das dickste Tier der Gruppe. Ihr rechtes Ohr wies am oberen Rand eine Kerbe auf. Emily war geringfügig kleiner als Vicky und trug das kürzeste vordere Nasenhorn (s. Abb. 1c).

Vicky war die jüngste noch lebende Tochter von Natala. Sie wurde im Dezember 1986 im Zoo Münster geboren. Zum Zeitpunkt der Untersuchung war sie etwa zehneinhalf Jahre alt. Vicky war das größte Tier der Gruppe. Ihr linkes Ohr wies am unteren Rand eine Kerbe auf. Sie trug das längste vordere Nasenhorn der drei erwachsenen Weibchen. Es war spitz und leicht nach hinten gebogen (s. Abb. 1d).

Emmi war die Tochter von Emily. Sie wurde im Oktober 1990 im Zoo Münster geboren und war zum Zeitpunkt der Untersuchung etwa sechseinhalb Jahre alt. Laut Ultraschallbefund hatte sie die Geschlechtsreife erreicht. Emmi war das kleinste Tier der Gruppe. Ihr rechtes Ohr trug am unteren Rand eine Kerbe. Ihr vorderes Nasenhorn war an der Basis leicht ausgefranst und wies den geringsten Querschnitt auf (s. Abb. 1e).



a)



b)



c)

Abbildungsunterschrift siehe nächste Seite!



d)



e)

Abb. 1a-e: Portraits der zur Zeit der Untersuchung im Zoo Münster gehaltenen Breitmaulnashörner: a) Harry, der junge, mit den anderen Tieren der Gruppe unverwandte Bulle; b) Natala, die Mutter von Emily und Vicky; c) Emily, die Mutter von Emmi; d) Vicky; e) Emmi.

2.2 Haltung

Falls nicht anders erwähnt, beziehen sich die angegebenen Haltungsbedingungen auf den Zeitraum März bis Juli 1997.

2.2.1 Innenställe und Außenanlage

Den Breitmaulnashörnern standen im Zoo Münster fünf Innenställe und eine zweiteilige Außenanlage zur Verfügung (s. Abb. 2).

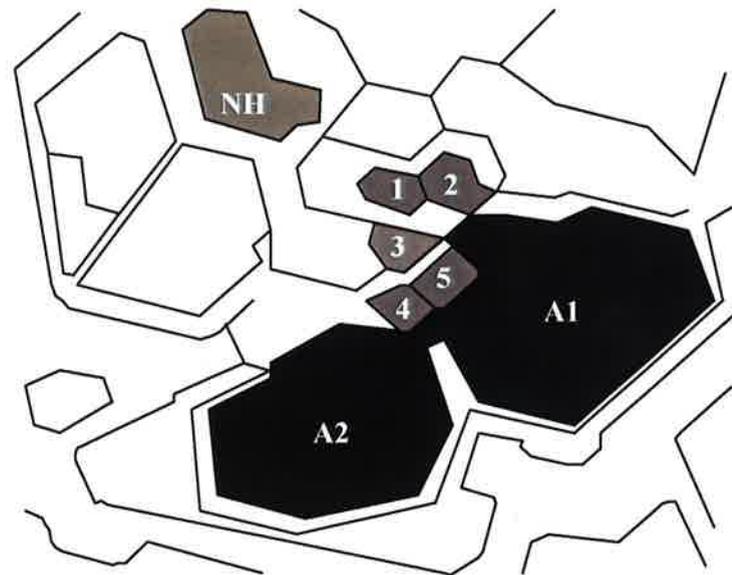


Abb. 2: Skizze der Innenställen (1-5) und Außenanlage (A1 und A2) sowie der im Herbst 1997 gebauten Nashornhalle (NH) (nach RÜMPLE 1991, verändert).

Die Innenställen wiesen Flächen zwischen 22 und 42 m² auf. Jede war mit einem gemauerten Wassertrog (60 - 90 Liter Fassungsvermögen) ausgestattet. Die Ställe für Vicky und Natala konnten von den Besuchern eingesehen werden (s. Abb. 3; vgl. Abb. 2: 1 und 2), die der anderen Tiere nicht.



Abb. 3: Zwei der fünf Innenställen (vgl. Abb. 2: 1 und 2). In beiden Ställen ist neben einer Strohaufgabe die abendliche Futterration vorbereitet.

Die Außenanlage für die Nashörner war zweiteilig. Der ältere Teil (A1, Abb. 2) wurde bereits zur Eröffnung des Zoos 1974 fertiggestellt. Er umfasste eine für die Tiere nutzbare Fläche von ca. 650 m². Als strukturelle Einrichtungen fand man auf der alten Anlage ein betoniertes Wasserbecken (4,0 x 3,0 x 0,5 m; L x B x T), einen abgerundeten Felsen (2,4 x 1,9 x 1,0 m, L x B x H) und drei dicht beieinander, aufrecht stehende Eichenstämme (0,3 x 2,05 m, 0,25 x 1,8 m, 0,27 x 1,75 m, Ø x H) (s. Abb. 4). Der neuere Teil (A2, Abb. 2) wurde 1991 angebaut und umfasste eine Nutzfläche von ca. 550 m². Hier befand sich eine von den Tieren selbst gegrabene Suhle sowie eine mittig angeordnete Baumgruppe (s. Abb. 4). Alte und neue Anlage waren durch einen 3,1 m schmalen Durchgang verbunden, der sich mit einem Schieber verschließen ließ. Der Boden der Außenanlage bestand aus einem Sand-Lehm-Gemisch. Den äußeren Rand der für die Tiere nutzbaren Fläche bildete ein 1,2 m breites Verbundpflaster. Als Begrenzung dienten einerseits Wände vom Elefantenhaus und Stallgebäude der Nashörner, andererseits eine 25 cm hoch angebrachte, unter Strom gesetzte Metallschiene. In Richtung Besucher folgten der Stromschiene ein mind. 1,2 m breiter, leicht abschüssiger Rasenstreifen, eine ca. 60 cm hohe Mauer, ein mind. 2 m breiter Pflanzstreifen und schließlich ein mind. 60 cm hoher Zaun.



Abb. 4: Die zweiseitige Außenanlage für Breitmaulnashörner im Zoo Münster. Im Vordergrund der ältere Teil, im Hintergrund der neuere Teil.

2.2.2 Fütterung und Pflege

Unmittelbar vor dem Ausstallen der Tiere wurde auf der Außenanlage die morgendliche Fütterung vorbereitet (bezüglich Futtermittel, Menge und Verteilung s. Kap. 2.3.1, S. 13) und die Suhle mit Wasser aufgefüllt. Das Ausstallen vollzog sich gegen 8³⁰ Uhr in folgender Reihenfolge: Natala, Vicky, Harry, Emily und Emmi. Danach wurden die Innenstallungen gereinigt. Um 13²⁰ Uhr wurden die Nashörner mit Hilfe einiger Brötchen auf die neue Anlage gelockt und durch den Schieber für etwa 10 Minuten von der alten Anlage getrennt. In dieser Zeit wurde die alte Anlage, auf der sich der Kotplatz der fünf Tiere befand, von Kot- und Futterresten gesäubert und das Futter für die Fütterung am Nachmittag verteilt (bezüglich Futtermittel, Menge und Verteilung s. Kap. 2.3.1, S. 13). Ab ca. 13³⁰ Uhr stand den Tieren die gesamte Außenanlage wieder zur Verfügung. Am späten Nachmittag wurden die Innenstallungen vorbereitet. Dazu wurden die Wassertröge gefüllt, Strohhunterlagen aus je einem halben Ballen Haferstroh gefertigt und die abendliche Futtermittellieferung eingebracht. Mit eineinhalb Ballen Heu, zwei Zehnliteremern trockener Brötchen und einem Zehnliterer Apfel und Möhren pro Tier stellte diese Futtermittellieferung die Hauptfütterung der Nashörner dar. Gegen 18³⁰ Uhr wurden die Tiere herein geholt (Reihenfolge: Harry, Vicky, Natala, Emily und Emmi) und in den Innenställen einzeln aufgestellt. Abschließend erfolgte die Reinigung der Außenanlagen. Dabei wurde gegebenenfalls das Wasserbecken aufgefüllt.

2.3 Versuchsdurchführung

2.3.1 Fütterungsexperiment

Von April bis Juli 1997 wurden die fünf Breitmaulnashörner auf der gemeinsamen Außenanlage einem Fütterungsexperiment unterzogen. Dieses beruhte auf den bereits üblichen Fütterungen am Morgen und am Nachmittag. Beide wurden für das Experiment bezüglich Uhrzeit, Qualität, Quantität und der Positionen der Futterhaufen standardisiert. Die Hauptfütterung am Abend wurde nicht verändert (s. Kap. 2.2.2, S. 12).

Fütterung am Morgen:

Um 8³⁰ Uhr erhielten die Tiere 10 ± 0,5 kg Wiesenheu. Das Heu wurde entweder zu einem einzigen Haufen aufgeschüttelt (geklumpte Futtersituation) oder auf fünf Haufen gleichmäßig verteilt (disperse Futtersituation). Der einzelne Futterhaufen der geklumpten Fütterung war von allen Seiten zugänglich, die fünf Haufen der dispersen Fütterung lagen mindestens zwei Nashornkörperlängen auseinander (s. Abb. 5).

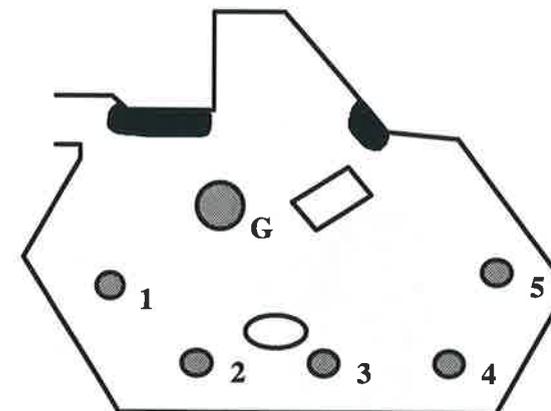


Abb. 5: Skizze der alten Außenanlage (vgl. Abb. 2: A1). Die Kreise geben die Positionen der Futterhaufen an: G = einzelner Haufen der geklumpten Futtersituation; 1-5 = fünf Haufen der dispersen Futtersituation. In den schwarzen Bereichen fand die Fütterung vor Beginn des Futterexperimentes statt. Das Oval symbolisiert einen Felsenblock, das Rechteck ein Wasserbecken.

Die Art der Futterverteilung wechselte wöchentlich (eine Phase = Freitag bis Donnerstag). Nach einem Vorlauf in der geklumpten Situation wurden insgesamt fünf Phasen der dispersen Fütterung und fünf Phasen der geklumpten Fütterung untersucht.

Die vier Weibchen waren diesen beiden Fittersituationen bereits in den Untersuchungen der Diplomarbeit (SCHMIDT 1995) ausgesetzt worden.

Fütterung am Nachmittag:

Um 13³⁰ Uhr erhielten die Tiere nochmals $10 \pm 0,5$ kg Wiesenheu. Das Heu wurde ausschließlich auf fünf Haufen gleichmäßig verteilt (disperse Fittersituation).

Während des 10wöchigen Fütterungsexperiments fanden täglich außer samstags Verhaltensbeobachtungen statt. Beobachtet wurde pro Tag in zwei Blöcken: Block 1 = 8³⁰ - 10³⁵ Uhr, Block 2 = 13³⁰ - 15³⁵ Uhr (s. Abb. 6).

Zudem wurde an den letzten vier Tagen jeder Fütterungsphase morgens (8⁰⁰ - 8³⁰ Uhr) und abends (18³⁰ - 19⁰⁰ Uhr) in den Innenstallungen jedem Nashorn Speichel entnommen. Dabei wurde folgende Reihenfolge der Tiere eingehalten: Vicky, Natala, Harry, Emmi und schließlich Emily. Die Tiere wurden bereits vor der Durchführung des Fütterungsexperiments an die Speichelentnahme gewöhnt.

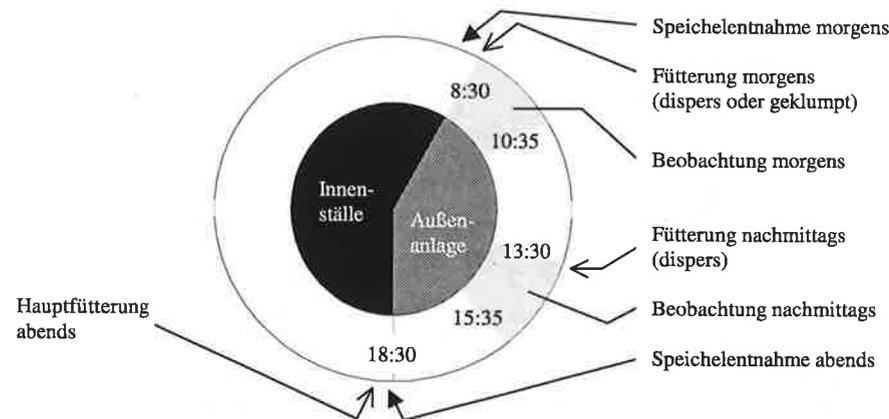


Abb. 6: Ein Tag des Fütterungsexperiments (Kreisumfang = 24 h). Die Segmente im inneren Kreis geben den Aufenthaltsort der Nashörner wieder: schwarz = Tiere sind getrennt in den Innenstallungen; grau = Tiere sind gemeinsam auf der Außenanlage. Im äußeren Kreis sind die Uhrzeiten eingetragen. Als dunkle Segmente sind hier die Beobachtungsböcke dargestellt. Außerhalb der Kreise zeigen Pfeile die Zeitpunkte, zu denen Fütterungen bzw. Speichelentnahmen stattfanden.

2.3.2 Stallwechsel

Am 30.10.1997 wechselten die Kühe Natala und Vicky aus ihren Innenställen in die neu gebaute, ca. 200 m² große Nashornhalle (s. Abb. 2) und verbrachten dort die Nacht gemeinsam. Beim Ausstallen am nächsten Morgen geschah ein Unfall, durch den die beiden Tiere kurzzeitig im Pfliegergang stecken blieben. Natala und Vicky gerieten in Panik und zogen sich leichte Verletzungen zu. Nach diesem Ereignis verbrachten beide Kühe die Nächte wieder in ihren alten, getrennten Innenställen.

An vier Tagen vor und an sechs Tagen nach diesem Ereignis wurde morgens (8⁰⁰ - 8³⁰ Uhr) von allen fünf Nashörnern Speichel entnommen.

2.3.3 Transport

Ab den 13.05.1998 bewohnten die Nashörner die Außenanlage nicht mehr gemeinsam. Die Kühe Natala und Vicky wurden getrennt vom Bullen Harry gehalten. Von 8³⁰ - 10⁰⁰ Uhr und von 17⁰⁰ - 18³⁰ Uhr stand den vier Weibchen die gesamte Außenanlage zur Verfügung. Der Bulle befand sich währenddessen im Innenstall. In der Zeit von 10⁰⁰ - 17⁰⁰ Uhr wurde die Außenanlage geteilt: Natala und Vicky bewohnten den neueren Teil; Harry, Emily und Emmi den älteren Teil.

Am 19.05.1998 wurde die Kuh Natala aus der Münsteraner Gruppe genommen und zum Zoopark Erfurt transportiert. Nach zwei Tagen der Eingewöhnung wurde sie mit zwei erwachsenen Artgenossen vergesellschaftet. Während Natala die Nacht in einem 45 m² großen Innenstall allein verbrachte, bewohnte sie tagsüber mit dem Bullen Kiwu (17 Jahre alt; Zuchtbuch Nr. 627) und der Kuh Kenia (17,5 Jahre alt; Zuchtbuch Nr. 649) eine 3500 m² große Außenanlage gemeinsam (NEUSCHULZ & MEISTER 1998).

Die vier im Zoo Münster verbliebenen Nashörner wurden nach Natalas Transport tagsüber wieder zusammengeführt.

An fünf Tagen vor und an acht Tagen nach Natalas Transport wurde morgens (8⁰⁰ - 8³⁰ Uhr) von Natala und Vicky Speichel entnommen.

2.3.4 Methoden-Tests

a) Vergleich der Blut- und Speichel-Glucocorticoidkonzentrationen

Zwei Vergleiche wurden hier angestrebt: (A) Sowohl für Cortisol als auch für Corticosteron wurde untersucht, inwieweit die im Speichel gefundenen Konzentrationen mit den im Serum gemessenen Titern korrelieren. (B) Für beide Medien (Serum und Speichel) wurden jeweils die Konzentrationen der beiden Hormone Cortisol und Corticosteron miteinander verglichen, um Hinweise auf das Hauptglucocorticoid dieser Tierart zu erhalten.

Im Herbst 1999 und im Frühjahr 2000 wurden dazu in vier Zoologischen Gärten (Arnhem, Berlin, Münster und Schwerin) von acht Breitmaulnashörnern Blut- und Speichelproben gesammelt. Die Speichelentnahme erfolgte jeweils maximal 5 Minuten nach der Blutentnahme. Zusätzlich wurden in den Zoos Erfurt, Münster und Poznan von sechs weiteren Breitmaulnashörnern Speichelproben entnommen. Die Proben wurden zu unterschiedlichen Tageszeiten gewonnen.

b) Vergleich der Speichel-Corticosteronkonzentrationen im Tagesverlauf

Exemplarisch wurde an einem Tag zwischen 8⁰⁰ und 19⁰⁰ Uhr von Harry, Vicky, Emily und Emmi sechsmal Speichel gesammelt.

c) Vergleich der Speichel-Corticosteronkonzentrationen im „Handschuhtest“

Exemplarisch wurden von Harry achtmal zwei Speichelproben direkt hintereinander genommen (innerhalb einer Minute). Die erste Probe wurde gewonnen, indem mit der Watterolle der Speichel direkt im Maul abgesammelt wurde. Für die zweite Probe wurde mit einem Handschuh ins Maul gefasst und der Speichel dann mit der Watterolle vom Handschuh aufgenommen (s. Kap. 2.5.2.1, S. 26).

d) Vergleich der Speichel-Corticosteronkonzentrationen im „Eistest“

Exemplarisch wurden von Harry achtmal zwei Speichelproben zeitgleich entnommen. Die eine wurde wie in Kap. 2.5.2.1 (s. S. 26) beschrieben aufbereitet, die andere wurde zwei Stunden länger auf Eis gestellt, ehe sie wie die erste Probe weiterbehandelt wurde.

e) Vergleich der Speichel-Corticosteronkonzentrationen im „Gefriertest“

Exemplarisch wurden von Harry achtmal zwei Speichelproben zeitgleich entnommen. Die eine wurde wie in Kap. 2.5.2.1 (s. S. 26) beschrieben aufbereitet und in Reaktionsgefäßen (Safe Lock Reaktionsgefäß, 1,5 ml, Fa. Eppendorf) eingefroren. Die andere Probe wurde zunächst nicht aufbereitet, sondern in der Salivette (ohne Präparierung, Fa. Sarstedt) eingefroren. Ihre Aufbereitung erfolgte erst unmittelbar vor der Hormonbestimmung. Die Lagerung der Reaktionsgefäße und Salivetten erfolgte für mind. acht Wochen bei -30 °C.

2.4 Erfassung und Auswertung der ethologischen Parameter

2.4.1 Beobachtungsmethode

Die Verhaltensbeobachtungen fanden während des 10wöchigen Fütterungsexperiments täglich außer samstags statt. Beobachtet wurde pro Tag in zwei Blöcken: Block 1 = 8³⁰ - 10³⁵ Uhr, Block 2 = 13³⁰ - 15³⁵ Uhr (s. Abb. 6). Die Datenaufnahme erfolgte mit Hilfe eines Handheld-Computers (Workabout, Fa. Psion) und der Software The Observer (3.0 für Windows, Fa. Noldus). Das Verhalten der Nashörner wurde gemäß des „continuous recording“ protokolliert (ALTMANN 1974). Während zwölf Verhaltensweisen von allen fünf Tieren gleichzeitig erfasst wurden („focal group sampling“), wurden weitere 16 Verhaltensweisen mit der „focal animal sampling“-Methode aufgenommen (MARTIN & BATESON 1994). Eine Fokustierbeobachtung dauerte fünf Minuten. Nach einem rotierenden System entfielen auf jedes der fünf Nashörner pro Block fünf Fokustierbeobachtungen.

2.4.2 Ethologische Parameter

Die kurzen Beschreibungen der aufgenommenen Verhaltensweisen gehen zurück auf das Ethogramm von SCHMIDT (1995). Es ist angegeben, ob das Verhalten in seiner Häufigkeit (h) und/oder Dauer (d) erfasst wurde. Zum Teil handelt es sich um Zusammenfassungen mehrerer Verhaltensweisen.

Verhaltensweisen des „focal group sampling“:**FRESSEN** (d)

Das Heu wird mit den Lippen ergriffen und unter deutlichen Kaubewegungen verzehrt.

PLÖTZLICHES KAUFEN (h)

Nachdem das Tier mindestens fünf Minuten lang nicht mehr *gefressen* hat, zeigt es plötzlich Kaubewegungen.

KOTEN (h)

Starre Abfolge mehrerer Verhaltensweisen: Der Kotplatz wird aufgesucht und vorhandene Kotreste berochen. Das Tier stellt sich mit leicht erhobenen Kopf caudal zum Kotplatz, bringt - seitlich gesehen - die Vorder- bzw. Hinterbeine jeweils auf eine Höhe, wobei die Vorderbeine dicht nebeneinander, die Hinterbeine weit auseinander stehen. Der Schwanz wird stark nach oben oder seitlich gebogen. Kot wird abgegeben. Abschließend wird mit den Hinterbeinen alternierend nach hinten gescharrt.

KOTEN OHNE KOTABGABE (h)

Die für das *Koten* beschriebene starre Abfolge mehrerer Verhaltensweisen (s. o.) wird nach dem charakteristischen Ausrichten des Körpers oder nach dem Hochbiegen des Schwanzes abgebrochen. Das Tier verlässt den Kotplatz ohne Kot abgegeben zu haben.

FAUCHEN (h)

Zischender, fauchender Laut, der in Länge und Lautstärke variabel ist.

BRÜLLEN (h)

Knurrender, brüllender Laut, mit tiefem, kräftigem Ton, der verschieden lang geäußert werden kann.

ANGEHEN (h)

Sich mit *Fauchen* oder *Brüllen* einem Artgenossen *annähern*.

ENTGEGENGEHEN (h)

Mit gesenktem, leicht zurückgenommenem Kopf wenige schnelle Schritte in Richtung eines sich *annähernden* - nicht *angehenden* - Artgenossen gehen.

HORNSTOSS (h)

Mit dem vorderen Nasenhorn kräftig gegen den Körper eines Artgenossen stoßen.

HORNKAMPF (h)

Zwei Tiere stehen mit gesenkten Köpfen voreinander und schlagen durch kräftige Kopfbewegungen die Nasenhörner mehrmals laut gegeneinander.

WEICHEN (h)

Seinen Platz einem *an-* oder *entgegengehendem* Artgenossen durch Weggehen überlassen.

FLIEHEN (h)

Sich von einem Artgenossen im Trab oder Galopp schnell entfernen.

Verhaltensweisen des „focal animal sampling“:**AUFMERKEN** (h, d)

Liegen, Stehen oder Gehen - nicht *Koten* oder *Gähnen* - mit angehobenem Kopf. Im Stehen oder Gehen befindet sich das Maul mindestens oberhalb der nach vorne verlängerten Ventrallinie des Rumpfes (s. Abb. 7).



Abb. 7: Vicky zeigt *Aufmerken*.

BERIECHEN (h, d)

Unter deutlichen Bewegungen der Oberlippen-Nasen-Region werden Objekte - nicht Futter oder Artgenossen - meist im Abstand unter zehn Zentimetern berochen. Häufig werden die Nasenlöcher alternierend dem Objekt zugewandt.

FUTTER-BERIECHEN (h, d)

Heu *beriechen*.

KURZES KOMFORTVERHALTEN (h)

Zusammenfassung der kurz andauernden Komfortverhaltensweisen *Gähnen*, *Wälzen*, *Treten* und *Stampfen*.

GÄHNEN: Bei angehobenem Kopf wird das Maul kurzzeitig weit geöffnet.

WÄLZEN: In der Schlammsohle oder im Wasserbecken wird der Körper aus dem Liegen heraus über die Seite bis zum Rücken und wieder zurück gerollt.

TRETEN: Ein gestrecktes Hinterbein wird heftig gegen die Körperunterseite geführt.

STAMPFEN: Ein Vorderbein wird kurz angehoben und kräftig wieder aufgesetzt.

REIBEN (h, d)

Verschiedene Körperteile - nicht Nasenhörner - werden meist ausdauernd an Objekten - nicht Artgenossen - hin- und herbewegt.

HORNREIBEN (h, d)

Reiben eines oder beider Nasenhörner an Objekten - nicht an Artgenossen.

DÖSEN (h, d)

Mit geschlossenen Augen liegen.

ANNÄHERN (h)

Sich gezielt und zügig auf einen Artgenossen zubewegen, sofern dieser mindestens zwei Körperlängen von einem Futterhaufen entfernt ist.

NASONASALKONTAKT (h)

Eine Nasenöffnung wird direkt an eine Nasenöffnung eines Artgenossen gehalten.

KÖRPERKONTAKT (h)

Mit verschiedenen Körperteilen - nicht Nasenhörner - wird ein Artgenosse berührt. Die Körperteile werden dem Artgenossen aufgelegt, an ihn gelehnt, gegen ihn gepresst oder an ihm gerieben.

FOLGEN (h, d)

In einem Abstand von weniger als zwei Körperlängen hinter einem Artgenossen hergehen, ohne dass einer der beiden *frisst*.

ZUSAMMEN-LIEGEN (h, d)

In einem Abstand von weniger als einer halben Körperlänge neben einem Artgenossen liegen, ohne dass einer der beiden *frisst*.

ZUSAMMEN-STEHEN (h, d)

In einem Abstand von weniger als einer halben Körperlänge neben einem Artgenossen stehen, ohne dass einer der beiden *frisst*.

2.4.3 Auswertung der ethologischen Parameter**a) Allgemein**

Für jedes Tier wurde die Häufigkeit bzw. Dauer einer Verhaltensweise pro Beobachtungsblock summiert und als unabhängiger Einzelwert betrachtet. Da aufgrund der beiden Beobachtungsmethoden den Verhaltensweisen unterschiedliche Beobachtungszeiten pro Beobachtungsblock zugrunde lagen, wurde die Häufigkeit bzw. Dauer jeder Verhaltensweise in x/Stunde umgerechnet.

Die Auswertung erfolgte getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten.

Die morgendlichen Beobachtungsböcke wurden gemäß der gebotenen Futterverteilung der dispersen bzw. geklumpten Futtersituation zugeordnet. Auch die am Nachmittag durchgeführten Beobachtungsböcke wurden entsprechend der morgendlichen Heuverteilung der dispersen bzw. geklumpten Futtersituation zugeordnet, obwohl die Fütterung am Nachmittag immer in der dispersen Futterverteilung stattfand.

Da an einer Verhaltensweise exemplarisch nachgewiesen wurde, dass es bei keinem Nashorn im Verlauf des Experiments zu einer veränderten Verhaltensantwort auf die

beiden Futtersituationen gekommen war (s. Kap. 3.1.2, S. 30), wurden für jedes Tier die Werte aus den fünf dispersen bzw. fünf geklumpten Fütterungsphasen zu „Datenpools“ zusammengefasst.

Trotz des Versuchsdesigns mit wiederholtem Wechsel der Fütterungsphasen zeigte sich keine Gleichverteilung der Regentage hinsichtlich der beiden Futtersituationen. Da aber das Verhalten der Breitmaulnashörner durch Regen stark beeinflusst wird (s. Kap. 3.1.1, S. 29), wurden alle Beobachtungsböcke, in denen es geregnet hatte (unabhängig von der Dauer des Regens), von der Analyse ausgeschlossen.

Wie sich die Beobachtungsböcke ohne Regen auf die beiden Futtersituationen verteilen, zeigt Tabelle 2.

Tab. 2: Häufigkeit der Beobachtungsböcke pro Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten.

Futtersituation	morgens	nachmittags
dispers	23	19
geklummt	25	24

Die Anzahl der Beobachtungsböcke entspricht der Anzahl der Einzelwerte pro Tier und Verhaltensweise.

Sowohl morgens als auch nachmittags wurde für jedes Nashorn hinsichtlich der Futterverteilung ein signifikanter Unterschied im Ruheverhalten (*Dösen*) nachgewiesen (s. Kap. 3.1.3.1.1, S. 33). Um auszuschließen, dass weitere Unterschiede allein auf der veränderten Aktivität beruhen, wurden alle übrigen Verhaltensweisen - mit Ausnahme von *Zusammen-Liegen*⁴ - nicht auf die gesamte Beobachtungszeit, sondern auf die individuelle Aktivitätsdauer (Beobachtungszeit minus Dauer *Dösen*) bezogen.

b) Sozialverhalten

Alle Sozialverhaltensweisen wurden zusätzlich auf ihre Verteilung innerhalb der Gruppe untersucht. Dazu wurde getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten entsprechend den beiden Futtersituationen jeweils die Summe aller Tiere gebildet und die Anteile der einzelnen Dyaden (Fokustier → Adressat) in Prozent errechnet.

⁴ *Zusammen-Liegen* konnte auch während des *Dösens* stattfinden.

Ferner wurde für die agonistischen Verhaltensweisen unterschieden, ob sie „ohne“ oder „mit Futter“ stattfanden. Die Einteilung erfolgte danach, ob Akteur und Adressat einen Abstand von mindestens zwei Körperlängen zum Heu besaßen oder nicht.

Da sowohl *Angehen* als auch *Entgegengehen* eine Auseinandersetzung starten konnte, wurden beide Verhaltensweisen als *offensiv-aggressives Verhalten* zusammengefasst.

Als Maß für submissives Verhalten wurden die Verhaltensweisen *Weichen* und *Fliehen* als *Ausweichen* zusammengefasst. Anhand der Häufigkeitsverteilung von *Ausweichen* wurden die Rangindices der Tiere errechnet (SACHSER 1983):

$$\text{Rangindex} = \text{Ag}^+ / (\text{Ag}^+ + \text{Ag}^-)$$

Ag^+ : Häufigkeit, mit der andere Tiere vor diesem Tier *ausweichen*.

Ag^- : Häufigkeit, mit der dieses Tier vor anderen Tieren *ausweicht*.

Der Rangindex kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, je nachdem, ob ein Tier eher dominant (Index nahe 1) oder eher unterlegen (Index nahe 0) war.

Um Unterschiede hinsichtlich des Eskalationsgrades zu untersuchen, wurde der Anteil der eskalierten Auseinandersetzungen (Interaktionen mit *Hornstoß*, *Hornkampf* oder *Fliehen*) an der Gesamtzahl agonistischer Auseinandersetzungen in Prozent bestimmt.

c) Verhaltensauffälligkeiten

Die Verhaltensweisen *Plötzliches Kauen* und *Koten ohne Kotabgabe* konnten nur selten beobachtet werden. Um ihr Auftreten hinsichtlich der Futterverteilung zu untersuchen, wurde für jedes Tier die Gesamthäufigkeit bestimmt und für den Vergleich als Häufigkeit pro zehn Stunden dargestellt.

2.5 Erfassung der endokrinologischen Parameter

2.5.1 Parameter aus dem Blut

2.5.1.1 Entnahme und Aufbereitung der Blutproben

a) Blutentnahme nach lokaler Oberflächenanästhesie

Basierend auf der Methode von WALZER (1998) wurde den Nashörnern Blut aus der dorsalen Ohrvene entnommen, ohne das Gehege zu betreten. Während der gesamten Prozedur wurde das Tier mit Hilfe einer weiteren Person durch Bürsten insbesondere der Kopf- und Körperunterseite an der Gehegegrenze fixiert (siehe auch: MICHEL & ILLIG 1995).

Zunächst wurde das Ohr mit einer Bürste von Staub befreit. Im Bereich der späteren Einstichstelle wurde ca. 1 g des Lokalanästhetikums (EMLA-Salbe, Fa. AstraZeneca) aufgebracht und mit einem selbstklebenden Folienverband (TegadermTM, 6 x 7 cm, Fa. 3M Medica) luftdicht abgedeckt. Das Ohr wurde dann mit einer selbsthaftenden, elastischen Binde (Co-Flex-Binden, grün, 5 cm breit, Fa. Andover) drei- bis viermal umwickelt. Nach 60 - 90 Minuten wurde die Binde zum Ohransatz hin umgekrempelt, was eine leichte Stauung der Ohrgefäße zur Folge hatte. Der Folienverband wurde entfernt, überschüssige Salbe abgewischt (Mullkompressen, unsteril, 5 x 5 cm, Fa. Weisweiler) und die betäubte Haut mit Isopropylalkohol (Con-Zellin-Alkoholtupfer, 6,5 x 2,5 cm, Fa. Hartmann) gereinigt. Eine 20 Gauge Kanüle (Multifly-Kanüle, 0,9 x 19 mm, mit Luer-Konus, Fa. Sarstedt) konnte in die dorsale Ohrvene eingeführt werden, ohne beim Nashorn Kopfschütteln oder andere abwehrende Verhaltensweisen auszulösen. Das Blut wurde in Monovetten aufgenommen (Monovetten für die Serumgewinnung, 4,5 ml, Fa. Sarstedt) und zunächst auf Eis gelagert.

Nach max. 100 Minuten wurde die Probe zentrifugiert (10 min, 20 °C, 5000 U/min = 4000 g, Universal 30 RF, Fa. Hettich), das Serum in Reaktionsgefäße (Safe Lock Reaktionsgefäß, 2 ml, Fa. Eppendorf) überführt und bis zur Hormonbestimmung bei -30 °C eingefroren.

Die Blutentnahmen erfolgten vormittags innerhalb des Gebäudes.

b) Blutentnahme nach totaler Anästhesie

Etwa fünf Minuten nach Einsetzen der Vollnarkose wurde den Tieren Blut aus der Ohrvene entnommen. Dazu wurde wie im letzten Absatz beschrieben vorgegangen, wobei die Maßnahmen für die lokale Anästhesie entfallen.

2.5.1.2 Bestimmung der Cortisol- und Corticosteronkonzentrationen

a) Benötigte Lösungen

Phosphatpuffer : 2,68 g KH_2PO_4 (p.a., Fa. Roth) + 8,35 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (p.a., Fa. Merck) + 0,32 g NaN_3 (p.a., Fa. Merck) + 1,0 g Albumin (Fraktion V reinst, Fa. Merck) + 1000 ml Aqua dest.

Kohle: 0,5 g Norit A (Fa. Serva) + 0,05 g Dextran T70 (Fa. Roth) + 100 ml Phosphatpuffer

b) Extraktion der Blutproben

Die Blutproben wurden bei Raumtemperatur aufgetaut und zentrifugiert (3 min, 20 °C, 7000 U/min = 4000 g, Zentrifuge 5415 C, Fa. Eppendorf). Vom Überstand wurden 50 µl abgenommen, in Reaktionsgefäße (Safe Lock Reaktionsgefäß, 2 ml, Fa. Eppendorf) pipettiert und mit 1000 µl Phosphatpuffer versetzt. Für den Doppelsatz wurden jeweils 500 µl einer verdünnten Probe auf zwei „Extrelutminisäulen“ (Pasteurpipetten, 150 mm, Fa. Brand; befüllt mit je ca. 0,5 g Extrelut, Fa. Merck) gegeben. Nach 20minütiger Inkubationszeit bei Raumtemperatur wurde der Speichel mit Dichlormethan (p.a., Fa. Merck) extrahiert. Die ersten 2,3 ml des Eluats wurden aufgefangen (Safe Lock Reaktionsgefäß, 2 ml, Fa. Eppendorf) und über Nacht abgedampft. Der Extrakt wurde mit Phosphatpuffer aufgenommen und in einen Radioimmunoassay eingesetzt.

c) Radioimmunoassay

Die Eichkurve wurde mit sieben Standards (0,02 - 2,0 ng/ml) angesetzt und ebenfalls einer DCM-Extraktion (s. o.) unterzogen.

Proben und Eichkurvenstandards wurden mit verdünntem Antikörper (Cortisol-AK 1:1100, bzw. Corticosteron-AK 1:25) sowie mit radioaktiv markiertem Hormon ($1,2,6,7\text{-}^3\text{H}$ Cortisol, 58 Ci/mmol, bzw. $1,2,6,7\text{-}^3\text{H}$ Corticosteron, 79 Ci/mmol, Fa. Amersham) versetzt (Totalaktivität pro Röhrchen ca. 20.000 cpm) und über Nacht bei 4 °C inkubiert. Um überschüssiges Antigen aufzunehmen, wurde im Eisbad Kohle hinzugefügt. Nach 5 Minuten wurde zentrifugiert (15 min, 4 °C, 3800 U/min = 1500 g, Universal 30 RF, Fa. Hettich). Der Überstand wurde in Scintillationsröhrchen (6 ml, Fa. Packard) geschüttet und mit Scintillationsflüssigkeit (Lumasafe Plus, Fa. Lumac)

vermischt. Jedes Röhrchen wurde im Liquid Scintillations-Counter (1409, Fa. Wallac) für 10 min oder bis Erreichen von $2\sigma\% = 1,0$ gezählt. Die Erstellung der Eichkurve sowie die Konzentrationsberechnungen erfolgten mit der Software MultiCalc Office 2.0 (Fa. Wallac).

Die spezifischen Antikörper für Cortisol (Fa. Biotrend) bzw. Corticosteron (Fa. Sigma) wiesen folgende Kreuzreaktionen auf:

- Cortisol-Antikörper: Prednisolon 38 %, Cortison 23 %, 11-Deoxycortisol 2,5 %, 17 α -Hydroxyprogesteron 0,4 %, Corticosteron < 0,1 %
- Corticosteron-Antikörper: 11-Deoxycorticosteron 20 %, Progesteron 15,7 %, 20 α -Hydroxyprogesteron 8,8 %, Testosteron 7,9 %, 20 β -Hydroxyprogesteron 5,2 %, Cortisol 4,5 %, Aldosteron 4,4 %, Cortison 3,2 %, Androstendion 2,6 %, 17-Hydroxyprogesteron 1,8 %, 5- α -Dihydrotestosteron 1,4 %, 11-Deoxycortisol 1,3 %

Die Intraassay-Variationskoeffizienten lagen zwischen 3,7 und 8,2 %. Der Interassay-Variationskoeffizient betrug 7,3 %.

2.5.2 Parameter aus dem Speichel

2.5.2.1 Entnahme und Aufbereitung der Speichelproben

Die Grundlagen der Speichelentnahmetechnik am unsedierten Tier wurden in meiner Diplomarbeit (SCHMIDT 1995) entwickelt. Die Nashörner waren es gewohnt, nach taktiler Reizung der Oberlippenregion das Maul weit zu öffnen. In dieser Situation konnte man dem Nashorn kurz ins Maul fassen und mit der Hand über die Zunge streichen. Der am Handschuh (Triflex Vinyl-Handschuhe, Fa. Baxter) hängengebliebene Speichel wurde mit der Watterolle einer Salivette (ohne Präparierung, Fa. Sarstedt) aufgenommen. Das Tier erhielt abschließend einige Brötchen, die Salivette wurde auf Eis gestellt. Durch i. d. R. zweimaliges „Ins-Maul-fassen“ konnten in 2 - 3 Minuten im Mittel 500 μ l Nashornspeichel gewonnen werden.

Nach ca. 60 Minuten im Eis wurden die Speichelproben zentrifugiert (10 min, 4 °C, 5000 U/min = 4000 g, Universal 30 RF, Fa. Hettich), der Überstand in Reaktionsgefäße (Safe Lock Reaktionsgefäß, 1,5 ml, Fa. Eppendorf) überführt und bis zur Hormonbestimmung bei -30 °C eingefroren.

2.5.2.2 Bestimmung der Cortisol- und Corticosteronkonzentrationen

Die Speichelproben wurden der gleichen DCM-Extraktion unterzogen und dem gleichen Radioimmunoassay zugeführt wie die Blutproben (s. Kap. 2.5.1.2, S. 25). Einziger Unterschied: Von jeder Speichelprobe wurden für den Doppelansatz 300 μ l eingesetzt und mit 750 μ l Phosphatpuffer vermischt.

2.6 Statistische Verfahren

a) Ethologische Parameter

Die Darstellung der Verhaltensdaten erfolgte als Mediane mit den zugehörigen Interquartilbereichen (I_{50}) und den auf 10 % und 90 % bereinigten Werten (Percentile) als Variabilitätsmaß.

Da für Verhaltensdaten i. d. R. keine Normalverteilung der Werte angenommen werden kann, wurden zur Untersuchung statistischer Unterschiede nicht-parametrische Testverfahren eingesetzt (SIEGEL 1985).

Die morgens und nachmittags erhobenen Verhaltensdaten wurden gemäß der morgendlichen Futterverteilung der dispersen bzw. der geklumpten Futtersituation zugeordnet und pro Tier nach LAMPRECHT (1992) mit dem Mann-Whitney-U-Test auf Unterschiede untersucht.

b) Endokrinologische Parameter

Die Hormonkonzentrationen wurden als Einzelwerte oder als Mittelwerte mit Standardfehler (SEM) dargestellt.

Zunächst wurden die Daten jeder Stichprobe mit dem Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf ihre Normalverteilung hin getestet. Da alle Stichproben normalverteilt waren, wurden die stressphysiologischen Daten parametrischen Testverfahren zugeführt (LAMPRECHT 1992; SACHS 1999).

Für den Vergleich der im Serum und im Speichel ermittelten Konzentrationen wurde der Produktmoment-Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Das Verhältnis von Cortisol zu Corticosteron sowie die Unterschiede der verschieden behandelten Speichelproben (Methoden-Tests) wurden mit dem T-Test für abhängige Stichproben untersucht. Die während des Fütterungsexperimentes erhobenen Hormondaten wurden für jedes einzelne Tier getrennt nach morgens und abends entnommenen Proben untersucht. Die Einzelwerte wurden den beiden Futtersituationen zugeordnet und als

voneinander im gleichen Maße unabhängig betrachtet. Die Stichproben wurden zunächst mit dem Levene-Test der Varianzgleichheit auf die Gleichheit ihrer Varianzen überprüft, ehe die Unterschiede mit dem T-Test für unabhängige Stichproben nach Student berechnet wurden (ENGEL 1997).

c) Allgemein

Alle statistischen Berechnungen wurden mit der Software SPSS 9.0 für Windows durchgeführt. Jeder Test wurde zweiseitig berechnet. Als Signifikanzniveau wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ($P \leq 0,05$) festgelegt.

3. ERGEBNISSE

Für die Darstellung der Ergebnisse wurden folgende Abkürzungen verwendet:

Tiernamen

Ha = Harry, Na = Natala, Vi = Vicky, El = Emily und Em = Emmi.

Sonstiges

ab = Abends erhobene Daten

Fg = Anzahl der Freiheitsgrade im H-Test nach Kruskal und Wallis

H = Statistische Kennzahl des H-Tests nach Kruskal und Wallis

I₅₀ = Interquartilbereich

mo = Morgens erhobene Daten

mRI = Mittlerer Rangindex

n = Anzahl der als unabhängig betrachteten Einzelwerte eines Tieres

N = Anzahl der Tiere

nmi = Nachmittags erhobene Daten

P = Irrtumswahrscheinlichkeit

r = Produktmoment-Korrelationskoeffizient nach Pearson

SD = Standardabweichung

SEM = Standardfehler des Mittelwertes

t = Statistische Kennzahl des T-Tests für gepaarte Stichproben

T = Statistische Kennzahl des T-Tests für unabhängige Stichproben nach Student

\hat{x} = Median

\bar{x} = Mittelwert

Z = Statistische Kennzahl des Mann-Whitney-U-Tests für große Stichproben

3.1 Ethologische Parameter

3.1.1 Verhalten in Abhängigkeit von Regen

Die Regenabhängigkeit des Nashornverhaltens wurde exemplarisch an der Verhaltensweise *Hornreiben* untersucht. Getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten wurden die Beobachtungblöcke, in denen es geregnet hatte (morgens: n = 12, nachmittags: n = 17), gegen die Beobachtungblöcke, in denen es nicht geregnet hatte (morgens: n = 48, nachmittags: n = 43) getestet.

Jedes der fünf Nashörner zeigte sowohl morgens als auch nachmittags, wenn es regnete, signifikant länger *Hornreiben*, als wenn es trocken war (Mann-Whitney-U-Test; morgens und nachmittags: jedes Tier $Z \geq 3,2$; $P \leq 0,001$; s. Abb. 8).

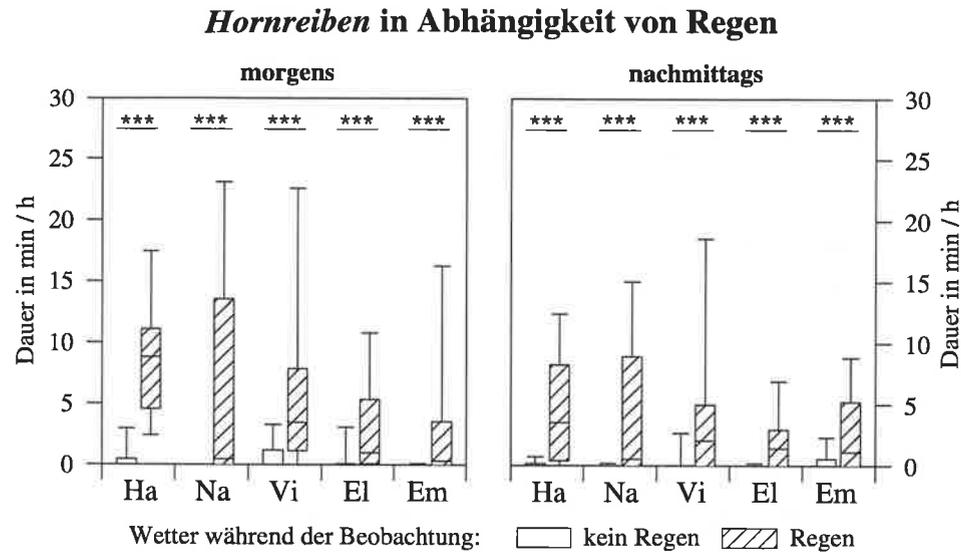


Abb. 8: Dauer von *Hornreiben* in Abhängigkeit von Regen - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); *** = $P \leq 0,001$.

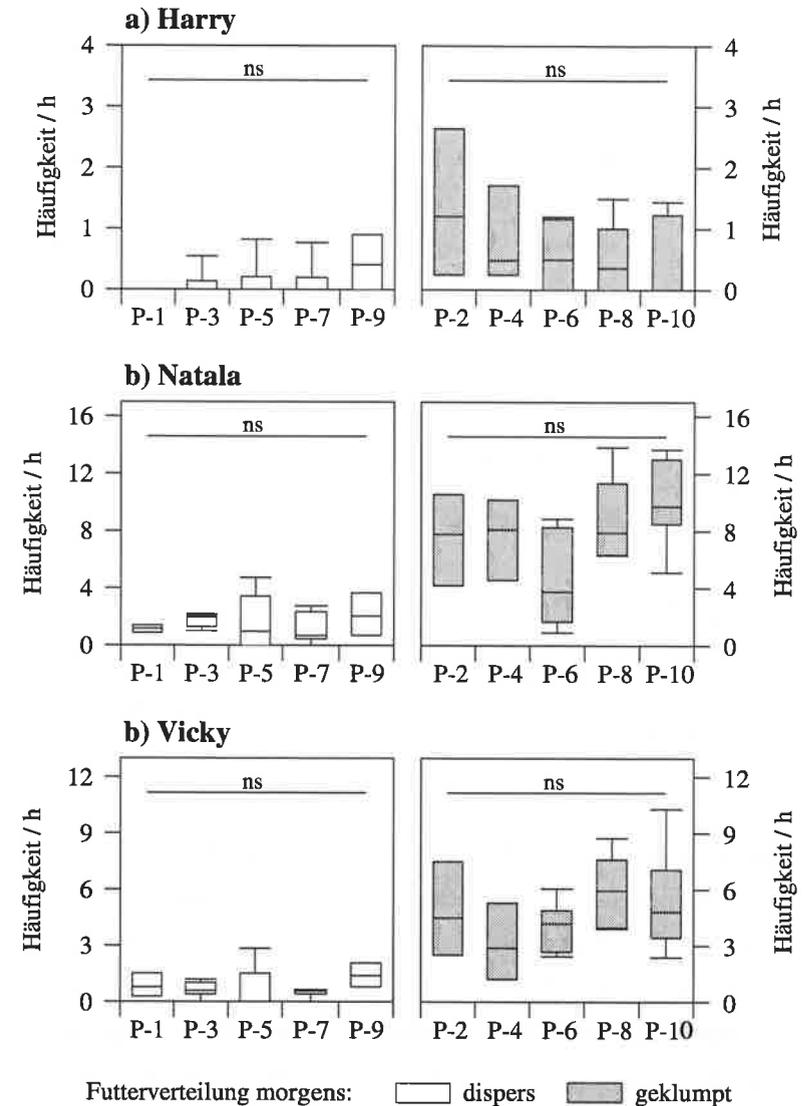
Aufgrund der möglichen Regenabhängigkeit des Nashornverhaltens gingen in die Analyse des Verhaltens hinsichtlich der Futterverteilung (s. Kap. 3.1.2, S. 30 und Kap. 3.1.3, S. 32) nur Beobachtungen ein, in denen es nicht geregnet hatte.

3.1.2 Verhalten im Verlauf des Fütterungsexperiments

Anhand der morgens beobachteten Häufigkeit des *offensiv-aggressiven Verhaltens mit Futter* wurde exemplarisch überprüft, ob es im Laufe des Fütterungsexperiments zu einer veränderten Verhaltensantwort auf die gebotenen Bedingungen (disperse bzw. geklumpte Futterverteilung) gekommen ist. Ausgehend von den Beobachtungsblöcken, in denen es nicht geregnet hatte, wurden für jedes Tier die Daten der fünf dispersen bzw. geklumpten Fütterungsphasen auf Unterschiede untersucht.

Sowohl in den fünf Phasen der dispersen Fütterung als auch in den fünf Phasen der geklumpten Fütterung zeigte keines der fünf Breitmaulnashörner *offensiv-aggressives Verhalten mit Futter* unterschiedlich häufig (H-Test nach Kruskal und Wallis; jedes Tier: $H \leq 6,7$; $Fg = 4$; $P \geq 0,1$; s. Abb. 9a-e).

Offensiv-aggressives Verhalten mit Futter morgens, pro experimenteller Phase



Abbildungsunterschrift siehe nächste Seite!

Offensiv-aggressives Verhalten mit Futter morgens, pro experimenteller Phase

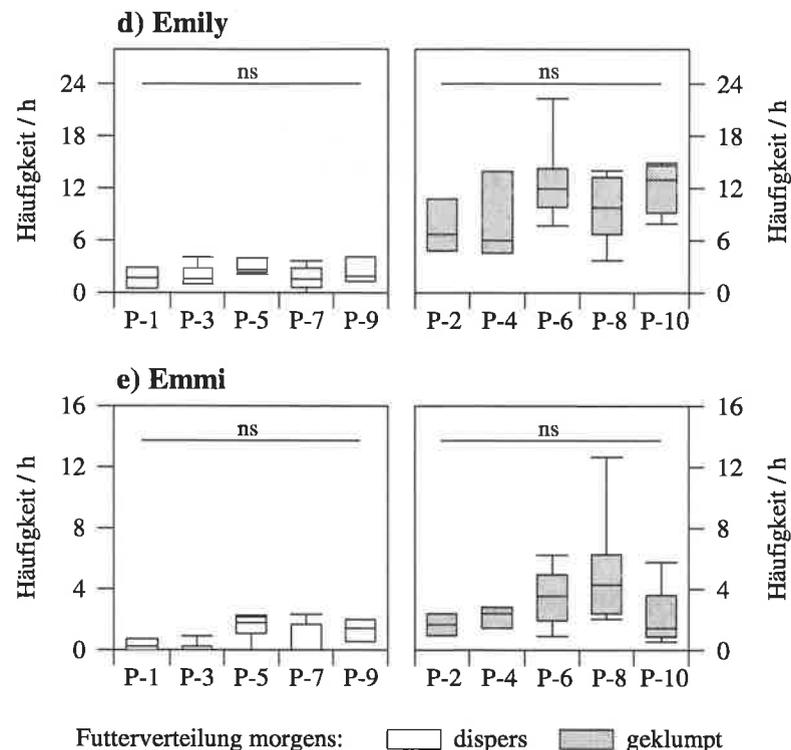


Abb. 9a-e: Häufigkeit des morgens beobachteten *offensiv-aggressiven Verhaltens mit Futter* (Summe aus *Angehen* und *Entgegengehen* mit Futter) in Abhängigkeit der einzelnen Versuchsphasen (P-1 - P-10) - getrennt für die disperse und geklumpte Futtersituation. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Kruskal-Wallis-H-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$.

3.1.3 Verhalten in Abhängigkeit des Fütterungsexperiments

Die Beobachtungen, in denen es nicht geregnet hatte, wurden entsprechend der am Morgen gebotenen Futterverteilung der dispersen bzw. geklumpte Futtersituation zugeordnet. Sowohl mit den morgens als auch mit den nachmittags durchgeführten Beobachtungsböcken wurde so verfahren, auch wenn die Fütterung am Nachmittag immer in der dispersen Verteilung stattfand. Für jedes Tier ergab sich demnach die folgende Anzahl an Einzelwerten: morgens-dispers $n = 23$, morgens-geklumpt $n = 25$, nachmittags-dispers $n = 19$ und nachmittags-geklumpt $n = 24$.

3.1.3.1 Individualverhalten

3.1.3.1.1 Ruheverhalten

Aus dem Kontext des Ruheverhaltens wurde die Verhaltensweise *Dösen* untersucht. Sie wurde am Nachmittag etwas länger gezeigt als am Morgen und konnte im Mittel bis 40% der Beobachtungsdauer betragen.

Sowohl morgens als auch nachmittags *dösten* alle fünf Nashörner signifikant länger in der dispersen Futtersituation als in der geklumpte Futtersituation (mo: Ha: $Z = 2,9$; $P \leq 0,01$; Na: $Z = 2,2$; $P \leq 0,05$; Vi: $Z = 2,6$; $P \leq 0,01$; El: $Z = 2,7$; $P \leq 0,01$; Em: $Z = 3,2$; $P \leq 0,001$; nmi: Ha: $Z = 3,7$; $P \leq 0,001$; Na: $Z = 3,8$; $P \leq 0,001$; Vi: $Z = 3,8$; $P \leq 0,001$; El: $Z = 2,9$; $P \leq 0,01$; Em: $Z = 2,6$; $P \leq 0,01$; s. Abb. 10).

Da alle Tiere hinsichtlich der Futterverteilung eine unterschiedliche Aktivität zeigten, wurden - abgesehen von *Zusammen-Liegen* (s. Kap. 2.4.3, S. 21) - alle anderen Verhaltensweisen nicht auf die Beobachtungsdauer, sondern auf die individuelle Aktivitätsdauer bezogen.

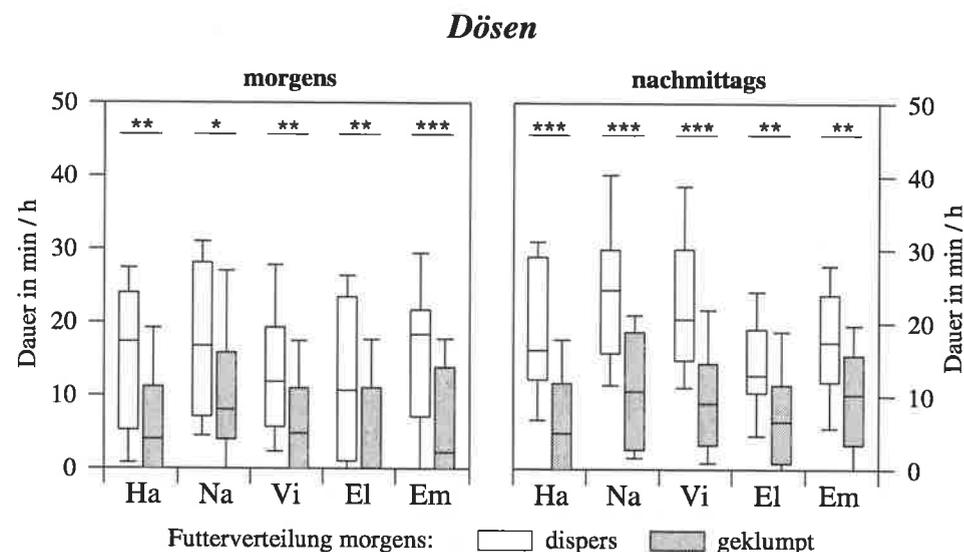


Abb. 10: Dauer von *Dösen* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$; *** = $P \leq 0,001$.

3.1.3.1.2 Komfortverhalten

Zwei Verhaltensweisen wurden aus dem Bereich des Komfortverhaltens untersucht: *Kurzes Komfortverhalten* und *Reiben*.

a) Kurzes Komfortverhalten

Das *Kurze Komfortverhalten* stellt die Summe der Verhaltensweisen *Gähnen*, *Wälzen*, *Treten* und *Stampfen* dar.

Abgesehen von Vicky, die am Nachmittag viel mehr *Kurzes Komfortverhalten* ausführte als am Morgen, war dieses Verhalten morgens und nachmittags ähnlich häufig zu beobachten.

Sowohl morgens als auch nachmittags zeigte keines der fünf Nashörner unterschiedlich häufig *Kurzes Komfortverhalten* in Abhängigkeit der Futterverteilung (s. Abb. 11).

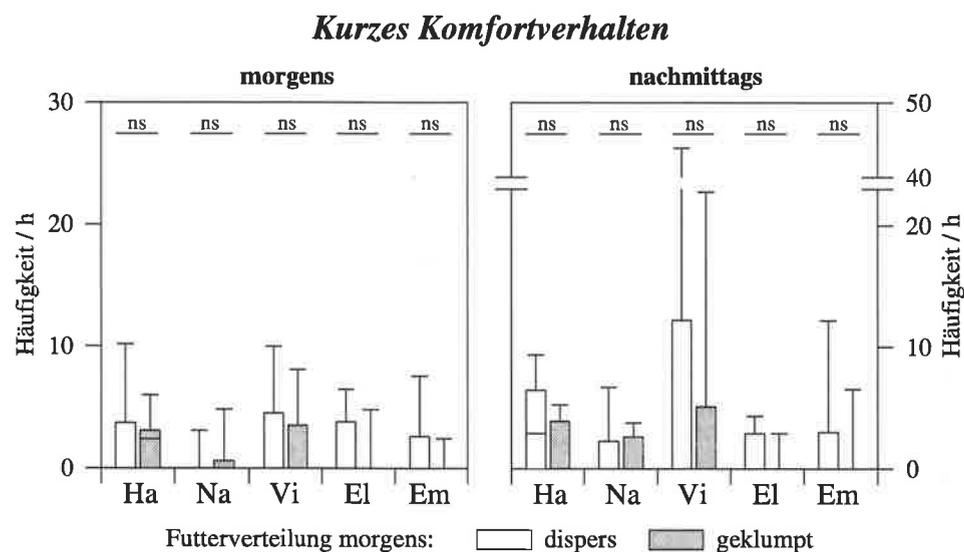


Abb. 11: Häufigkeit des *Kurzen Komfortverhaltens* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$.

b) Reiben

Morgens *reiben* sich drei der fünf Nashörner (Na, El und Em) in der dispersen Futtersituation signifikant länger als in der geklumpten Futtersituation (Na: $Z = 2,0$; $P \leq 0,05$; El: $Z = 2,1$; $P \leq 0,05$; Em: $Z = 2,1$; $P \leq 0,05$). Die beiden anderen Tiere (Ha und Vi) *reiben* sich nicht unterschiedlich lang.

Nachmittags zeigte keines der Tiere diese Komfortverhaltensweise unterschiedlich lang in Abhängigkeit der Futterverteilung (s. Abb. 12).

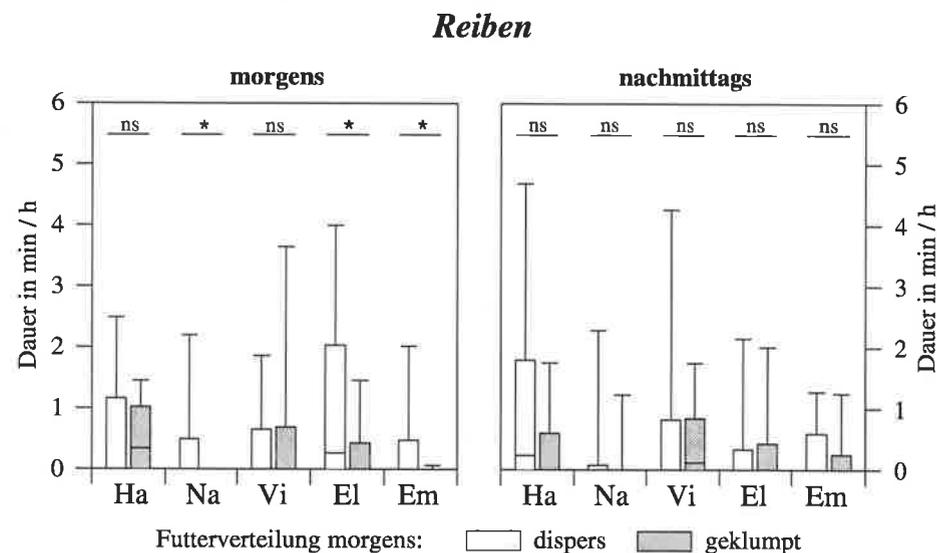


Abb. 12: Dauer von *Reiben* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; * = $P \leq 0,05$.

3.1.3.1.3 Orientierungsverhalten

Aus dem Bereich des Orientierungsverhaltens wurden die Verhaltensweisen *Aufmerken*, *Beriechen* und *Futter-Beriechen* getrennt untersucht.

a) *Aufmerken*

Aufmerken war das häufigste Orientierungsverhalten. Alle Tiere *merkten* am Nachmittag etwas länger *auf* als am Morgen. Auffällig war zudem, dass das Männchen weniger lang *aufmerkte* als das die Weibchen taten.

Die vier Weibchen *merkten* morgens in der dispersen Futtersituation signifikant oder annähernd signifikant länger *auf* als in der geklumpten Futtersituation (Na: $Z = 2,1$; $P \leq 0,05$; Vi: $Z = 2,9$; $P \leq 0,01$; El: $Z = 1,9$; $P = 0,063$; Em: $Z = 2,6$; $P \leq 0,01$). Für den Bullen sowie für die Weibchen am Nachmittag wurden in Abhängigkeit der Futterverteilung keine Unterschiede gefunden (s. Abb. 13).

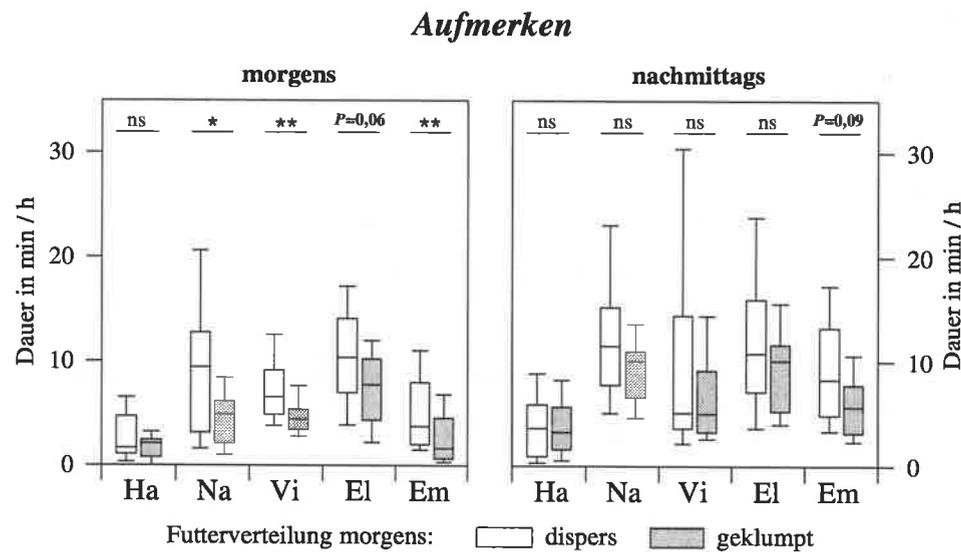


Abb. 13: Dauer von *Aufmerken* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$.

b) *Beriechen*

Vier der fünf Nashörner (Ha, Na, Vi und El) *berochen* morgens und nachmittags in der dispersen Futtersituation signifikant oder annähernd signifikant länger diverse Objekte als in der geklumpten Futtersituation (mo: Ha: $Z = 2,3$; $P \leq 0,05$; Na: $Z = 2,6$; $P \leq 0,01$; Vi: $Z = 2,0$; $P \leq 0,05$; El: $Z = 2,6$; $P \leq 0,01$; nmi: Ha: $Z = 1,9$; $P = 0,054$; Na: $Z = 2,1$; $P \leq 0,05$; Vi: $Z = 2,1$; $P \leq 0,05$; El: $Z = 2,4$; $P \leq 0,05$). Emmis Werte unterschieden sich bezüglich der Futterverteilung weder am Morgen noch am Nachmittag (s. Abb. 14).

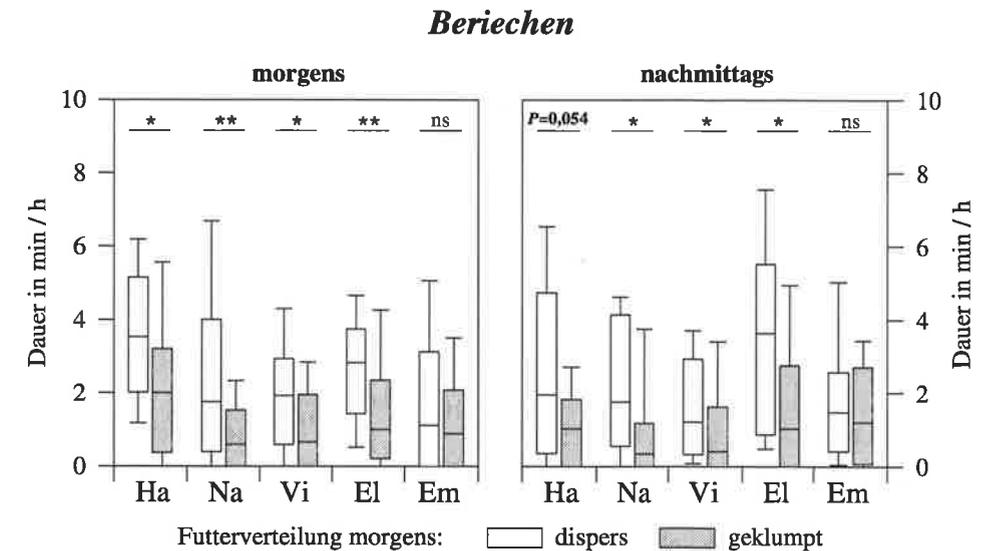


Abb. 14: Dauer von *Beriechen* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$.

c) *Futter-Beriechen*

Futter wurde nur selten *berochen*.

Hinsichtlich der Futterverteilung ergab sich für keines der fünf Tiere morgens oder nachmittags ein Unterschied in der Dauer des *Futter-Beriechens* (s. Abb. 15).

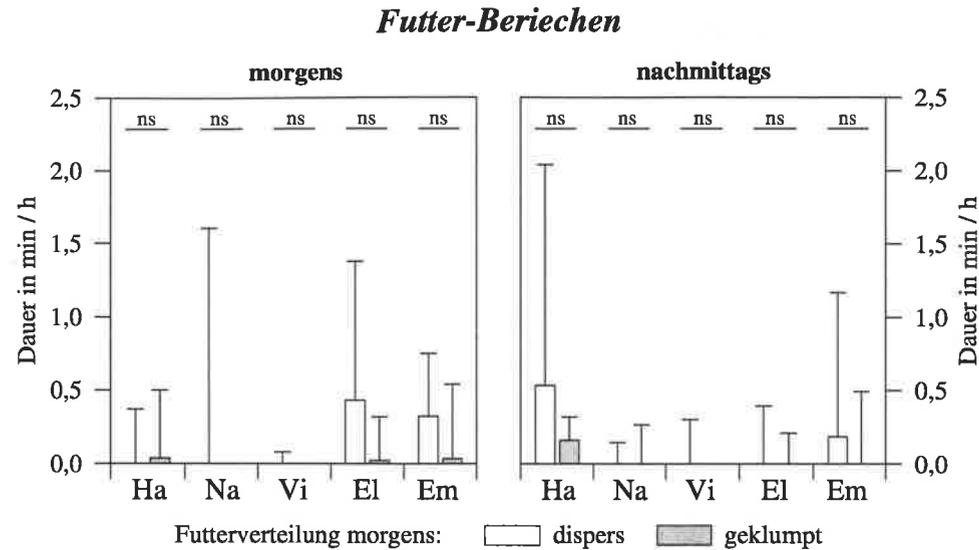


Abb. 15: Dauer von *Futter-Beriechen* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$.

3.1.3.1.4 Sonstiges Individualverhalten

a) *Fressen*

Sowohl morgens als auch nachmittags wurden den fünf Nashörnern jeweils zu Beginn der Beobachtung 10 kg Heu angeboten. Die Tiere *fraßen* das Heu zügig und ohne längere Unterbrechungen restlos auf.

Am Morgen *fraß* das Männchen in der geklumpten Futtersituation signifikant kürzer als in der dispersen Futtersituation (Ha: $Z = 4,9$; $P \leq 0,001$). Die vier Weibchen (Na, Vi, El und Em) wiesen morgens in ihren Werten keine Unterschiede hinsichtlich der Futterverteilung auf. Sie *fraßen* in beiden Futtersituationen etwa so lange, wie es der Bulle während der dispersen Heuverteilung tat.

Nachmittags zeigten alle fünf Nashörner den gleichen Unterschied in Abhängigkeit der Futterverteilung: Alle *fraßen* in der geklumpten Futtersituation signifikant kürzer als in der dispersen Futtersituation (Ha und Na: $Z = 4,2$; $P \leq 0,001$; Vi: $Z = 3,7$; $P \leq 0,001$; El: $Z = 3,0$; $P \leq 0,01$; Em: $Z = 2,6$; $P \leq 0,01$; s. Abb. 16).

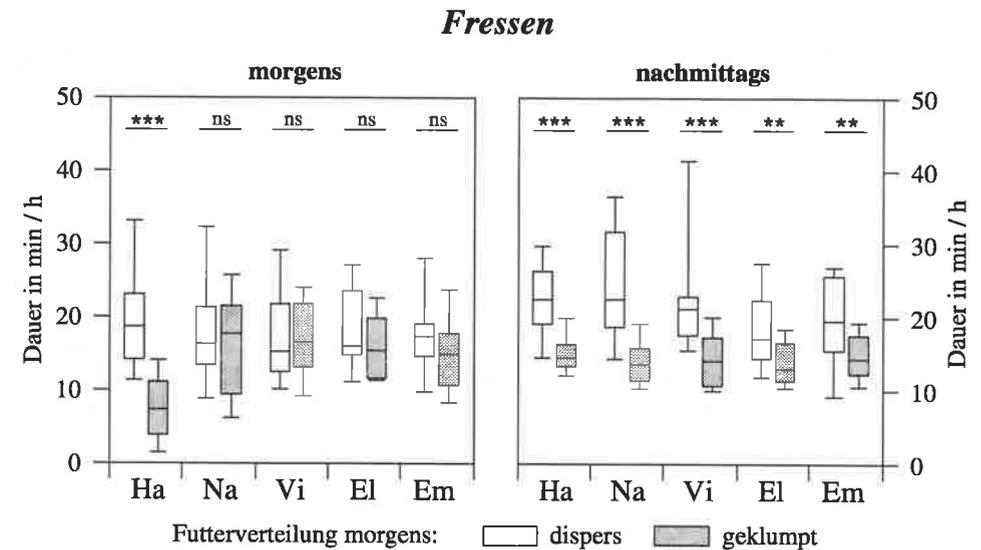


Abb. 16: Dauer von *Fressen* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; ** = $P \leq 0,01$; *** = $P \leq 0,001$.

b) *Koten*

Diese Verhaltensweise konnte morgens häufiger beobachtet werden als nachmittags.

Drei der fünf Nashörner (Ha, Na und Em) *koteten* morgens in der dispersen Futersituation signifikant häufiger als in der geklumpten Futersituation (Ha: $Z = 2,0$; $P \leq 0,05$; Na: $Z = 2,4$; $P \leq 0,05$; Em: $Z = 2,2$; $P \leq 0,05$). Die anderen beiden Tiere (Vi und El) unterschieden sich nicht in ihren Werten bezüglich der Futterverteilung.

Am Nachmittag *kotete* keines der Nashörner unterschiedlich häufig in Abhängigkeit der Futersituation (s. Abb. 17).

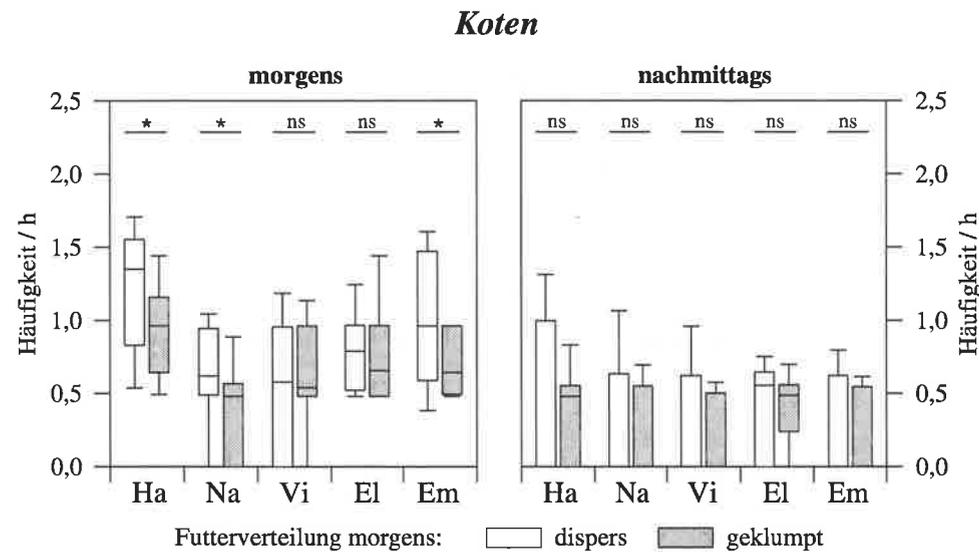


Abb. 17: Häufigkeit des *Kotens* in Abhängigkeit der Futersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10% und 90% bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; * = $P \leq 0,05$.

3.1.3.1.5 Zusammenfassung Individualverhalten

Das Individualverhalten der Nashörner wurde durch die unterschiedliche Heuverteilerung am Morgen in verschiedenen Bereichen signifikant verändert.

Ruheverhalten: Alle Tiere *dösten* sowohl morgens als auch nachmittags länger in der dispersen als in der geklumpten Futersituation.

Komfortverhalten: Drei der fünf Nashörner *riechen* sich morgens in der dispersen Futersituation länger als in der geklumpten Futersituation.

Orientierungsverhalten: Die vier Weibchen zeigten morgens in der dispersen Futersituation länger *Aufmerken* als in der geklumpten Futersituation. Die Verhaltensweise *Beriechen* trat sowohl morgens als auch nachmittags bei vier Nashörnern in der dispersen Futersituation länger auf als in der geklumpten Futersituation.

Sonstiges Individualverhalten: Morgens *fraß* das Männchen in der geklumpten Futersituation kürzer als in der dispersen Futersituation. Am Nachmittag *fraßen* alle fünf Nashörner in der geklumpten Futersituation kürzer als in der dispersen. Drei Nashörner *koteten* morgens in der geklumpten Futersituation häufiger als in der dispersen Futersituation.

3.1.3.2 Sozialverhalten

Die Sozialverhaltensweisen wurden nicht nur dahingehend untersucht, wie häufig bzw. wie lange sie vom Fokustier gezeigt wurden, sondern auch an welchen Artgenossen sie gerichtet waren. Diese Ergebnisse wurden graphisch in Soziogrammen aufgeschlüsselt. Um sie bezüglich der Futtersituation direkt vergleichen zu können, wurden die Häufigkeiten bzw. Dauern jeder Dyade (Fokustier → Adressat) in Prozent umgerechnet, wobei 100 % die Summe aller Tiere für die jeweilige Situation (morgens-dispers, morgens-geklumpt, nachmittags-dispers oder nachmittags-geklumpt) entsprach.

3.1.3.2.1 Kontaktverhalten

Als Kontaktverhaltensweisen wurden *Annähern* und *Nasonasalkontakt* untersucht.

a) *Annähern*

Das Verhalten *Annähern* konnte morgens und nachmittags ähnlich häufig beobachtet werden. Emmi *näherte* sich in allen Situationen häufiger *an* als jedes andere Tier.

In Abhängigkeit der Futtersituation *näherte* sich keines der Nashörner unterschiedlich häufig *an* (s. Abb. 18a).

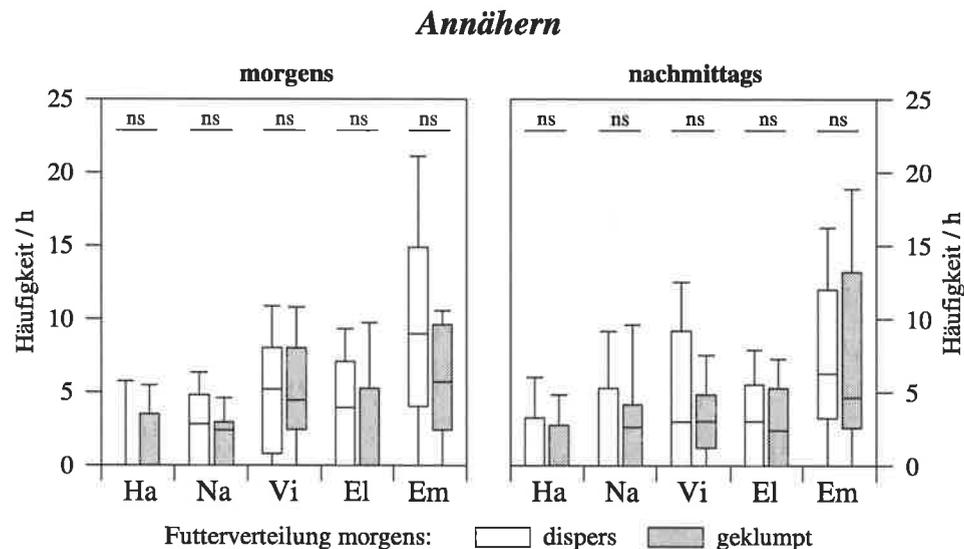


Abb. 18a: Häufigkeit von *Annähern* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Perzentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$.

Abgesehen davon, dass sich Natala niemals an Harry *annäherte*, konnte das Verhalten für alle anderen Dyaden (Fokustier → Adressat) beobachtet werden. In jeder Situation entfiel der größte Anteil auf die Dyade Emmi → Emily (25 - 30 %). In umgekehrter Richtung trat *Annähern* seltener auf (El → Em: 9 - 15 %). Natala und Vicky *näherten* sich sehr häufig einander *an* (10 - 25 %). Alle anderen Kombinationen waren selten. Morgens sowie nachmittags wurde *Annähern* in der dispersen Futtersituation in mehr Dyaden gezeigt als in der geklumpten Futtersituation (s. Abb. 18b).

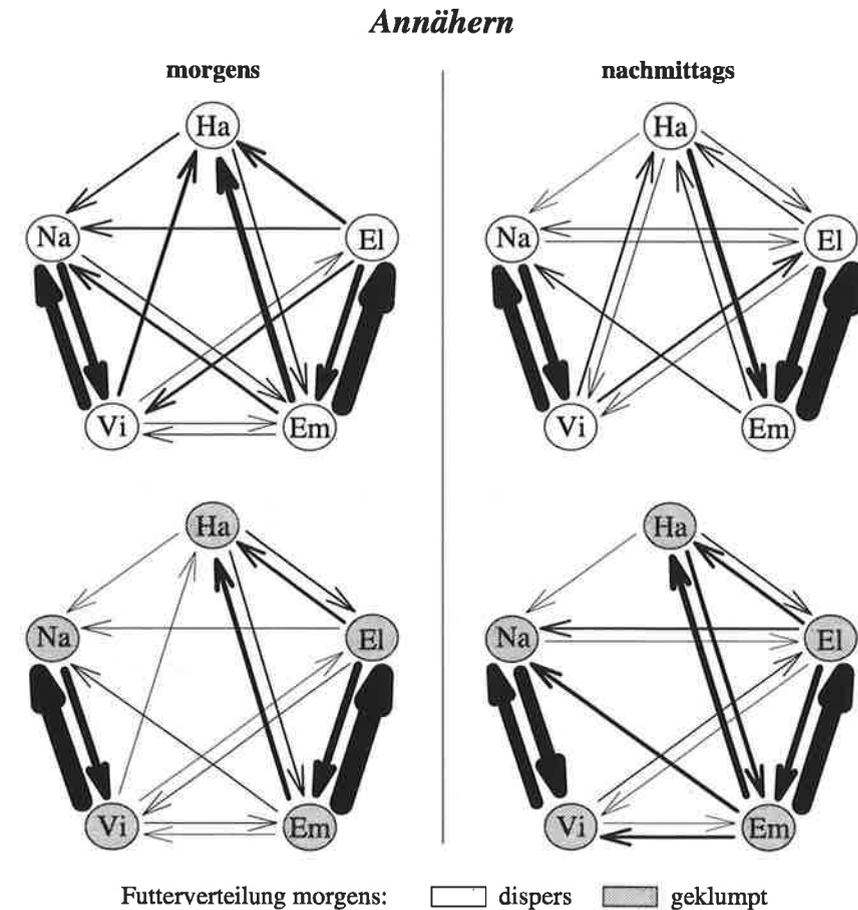


Abb. 18b: Verteilung von *Annähern* zwischen den Gruppenmitgliedern in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Angegeben sind die Summen der einzelnen Dyaden (Fokustier → Adressat) als Anteile an der Summe aller Dyaden. Je größer der Anteil war, desto dicker ist der dargestellte Pfeil (dickster Pfeil = 30 %).

b) *Nasonasalkontakt*

Nasonasalkontakte waren selten. Sie wurden morgens häufiger registriert als nachmittags.

Am Morgen wies jedes Nashorn in der dispersen Futtersituation signifikant oder annähernd signifikant mehr *Nasonasalkontakte* auf als in der geklumpten Situation (Ha: $Z = 2,7$; $P \leq 0,01$; Na: $Z = 2,2$; $P \leq 0,05$; Vi: $Z = 1,8$; $P = 0,065$; El: $Z = 2,1$; $P \leq 0,05$; Em: $Z = 2,0$; $P \leq 0,05$; s. Abb. 19a).

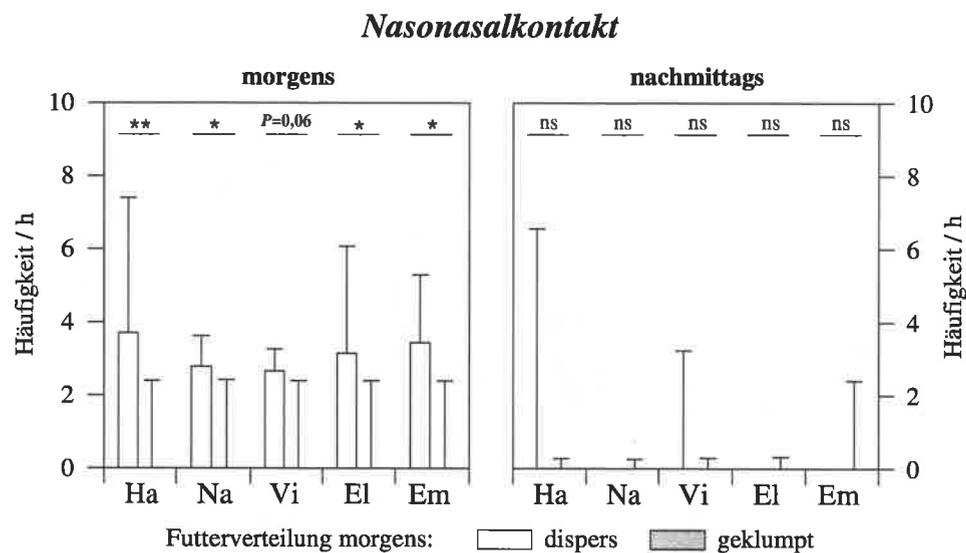


Abb. 19a: Häufigkeit der *Nasonasalkontakte* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$.

Die wenigen *Nasonasalkontakte* fanden gehäuft zwischen Ha \leftrightarrow El (Summen aus Ha \rightarrow El und El \rightarrow Ha: 20 - 38 %), Ha \leftrightarrow Em (18 - 38 %) und Na \leftrightarrow Vi (11 - 28 %) statt. Alle anderen Dyaden waren viel seltener oder traten nicht auf.

Am Morgen wurden *Nasonasalkontakte* in mehr Dyaden verzeichnet als am Nachmittag. Sowohl morgens als auch nachmittags war die Anzahl an Dyaden in der geklumpten Futtersituation geringer als in der dispersen Futtersituation (s. Abb. 19b).

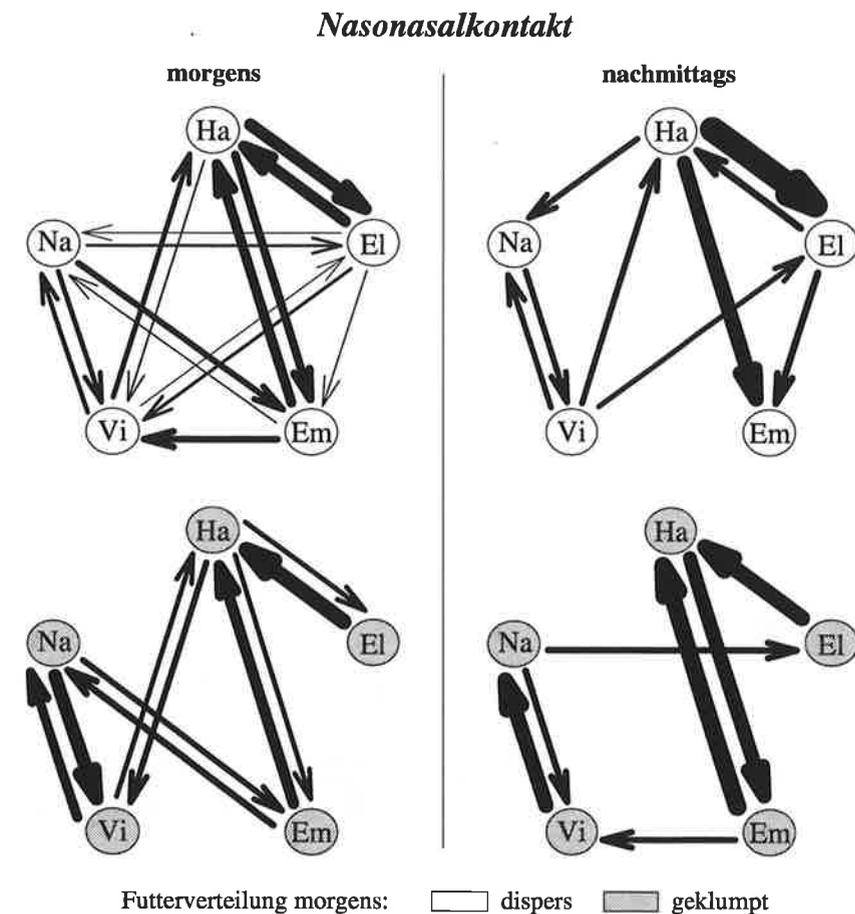


Abb. 19b: Verteilung der *Nasonasalkontakte* zwischen den Gruppenmitgliedern in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Angegeben sind die Summen der einzelnen Dyaden (Fokustier \rightarrow Adressat) als Anteile an der Summe aller Dyaden. Je größer der Anteil war, desto dicker ist der dargestellte Pfeil (dickster Pfeil = 31 %).

3.1.3.2.2 Soziopositives Verhalten

Aus dem Kontext des soziopositiven Verhaltens wurden vier Verhaltensweisen untersucht: *Körperkontakt*, *Folgen*, *Zusammen-Stehen* und *Zusammen-Liegen*.

a) *Körperkontakt*

Körperkontakte fanden morgens etwas häufiger statt als nachmittags. Zwei der fünf Nashörner (Ha und Na) initiierten dieses Verhalten nur selten.

Hinsichtlich der Futterverteilung zeigte keines der Tiere morgens oder nachmittags unterschiedlich häufig *Körperkontakte* (s. Abb. 20a).

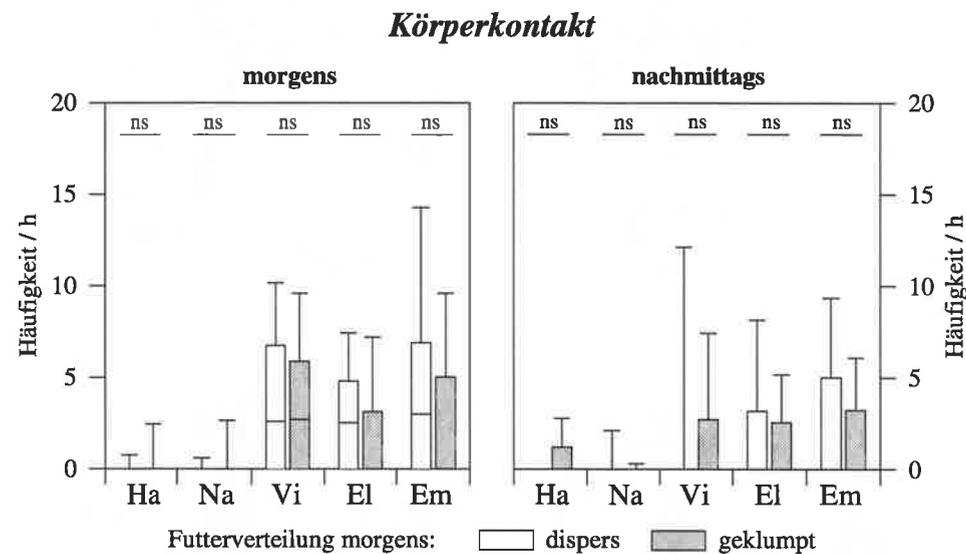


Abb. 20a: Häufigkeit der *Körperkontakte* in Abhängigkeit der Futterverteilung - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10% und 90% bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$.

Die meisten *Körperkontakte* waren zwischen El \leftrightarrow Em (38 - 48 %) und Na \leftrightarrow Vi (30 - 37 %) zu beobachten.

Morgens fanden *Körperkontakte* in der dispersen Futterverteilung zwischen mehr Tieren statt als in der geklumpten Futterverteilung. Am Nachmittag traten weniger Dyaden auf als am Morgen, hinsichtlich der Futterverteilung zeigten sich aber keine deutlichen Unterschiede (s. Abb. 20b).

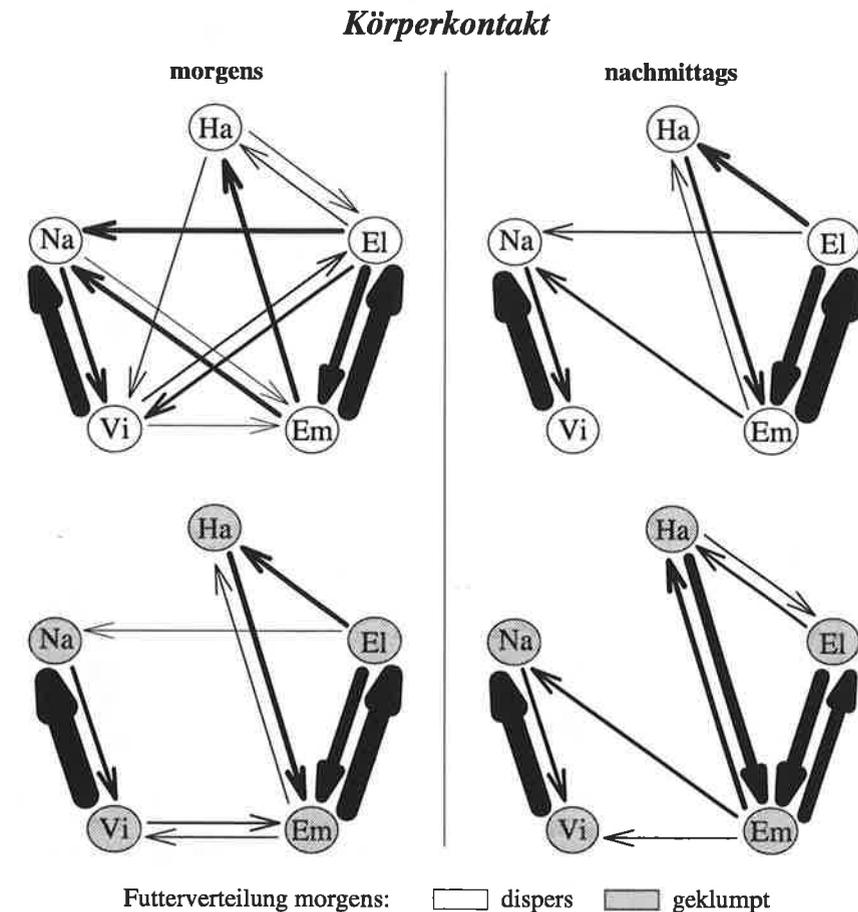


Abb. 20b: Verteilung der *Körperkontakte* zwischen den Gruppenmitgliedern in Abhängigkeit der Futterverteilung - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Angegeben sind die Summen der einzelnen Dyaden (Fokustier \rightarrow Adressat) als Anteile an der Summe aller Dyaden. Je größer der Anteil war, desto dicker ist der dargestellte Pfeil (dickster Pfeil = 33 %).

b) Folgen

Morgens *folgte* jedes der Weibchen (Na, Vi, El und Em) in der dispersen Futtersituation signifikant oder annähernd signifikant länger einem Artgenossen als in der geklumpten Futtersituation (Na: $Z = 2,4$; $P \leq 0,05$; Vi: $Z = 2,2$; $P \leq 0,05$; El: $Z = 2,0$; $P \leq 0,05$; Em: $Z = 1,7$; $P = 0,081$). Das Männchen (Ha) unterschied sich in seinen Werten bezüglich der Futterverteilung nicht.

Am Nachmittag *folgte* Emily in der dispersen Futtersituation signifikant länger einem Artgenossen als in der geklumpten Futtersituation (El: $Z = 2,0$; $P \leq 0,05$). Alle anderen Tiere wiesen in Abhängigkeit der Futterverteilung keine unterschiedlichen Werte auf (s. Abb. 21a).

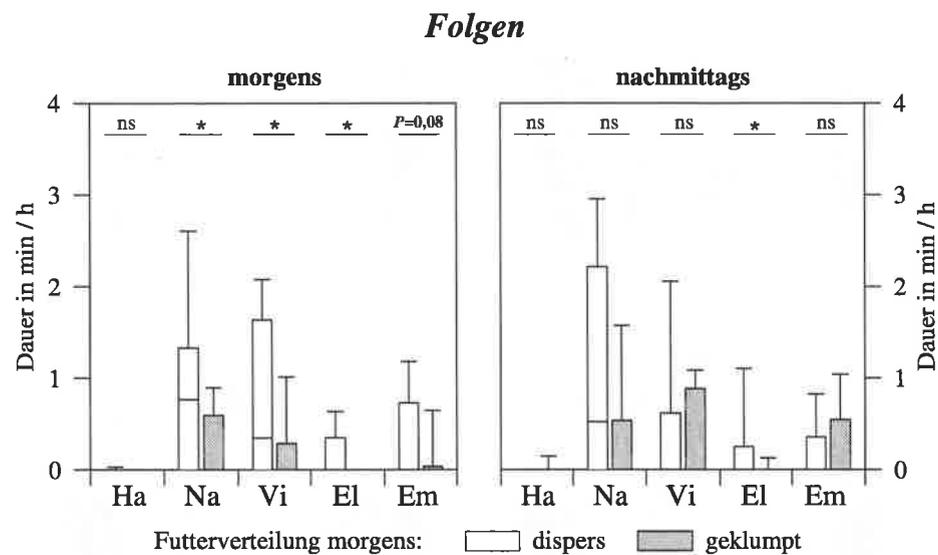


Abb. 21a: Dauer von *Folgen* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; * = $P \leq 0,05$.

Folgen war die Verhaltensweise, die am stärksten auf wenige Dyaden beschränkt war. Sie wurde ausschließlich zwischen Na \leftrightarrow Vi (68 - 75 %), El \leftrightarrow Em (22 - 27 %) und von Ha \rightarrow Em (1 - 6 %) beobachtet.

Hinsichtlich der Futtersituationen zeigten sich in der Verteilung von *Folgen* morgens und nachmittags keine Unterschiede (s. Abb. 21b).

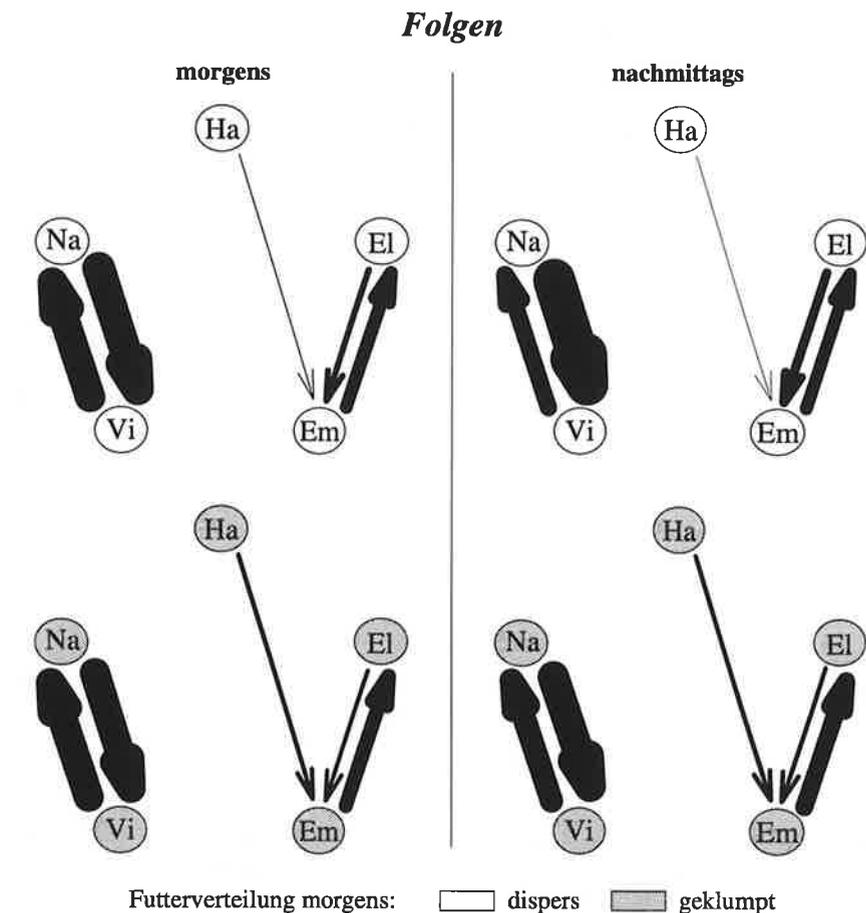


Abb. 21b: Verteilung von *Folgen* zwischen den Gruppenmitgliedern in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Angegeben sind die Summen der einzelnen Dyaden (Fokustier \rightarrow Adressat) als Anteile an der Summe aller Dyaden. Je größer der Anteil war, desto dicker ist der dargestellte Pfeil (dickster Pfeil = 52 %).

c) Zusammen-Stehen

Zusammen-Stehen konnte morgens ähnlich lange beobachtet werden wie nachmittags, wobei das Männchen dieses Verhalten sehr viel kürzer zeigte als die Weibchen.

Am Morgen *stand* jedes weibliche Nashorn in der dispersen Futtersituation signifikant länger mit einem Artgenossen *zusammen* als in der geklumpten Futtersituation (Na: $Z = 2,1$; $P \leq 0,05$; Vi: $Z = 2,7$; $P \leq 0,01$; El: $Z = 3,1$; $P \leq 0,01$; Em: $Z = 2,1$; $P \leq 0,05$). Das Männchen zeigte in seinen Werten keinen Unterschied.

Nachmittags wies nur das Weibchen Natala einen Unterschied auf: Es *stand* in der dispersen Futtersituation signifikant länger mit einem Artgenossen *zusammen* als in der geklumpten Futtersituation (Na: $Z = 2,4$; $P \leq 0,05$; s. Abb. 22a).

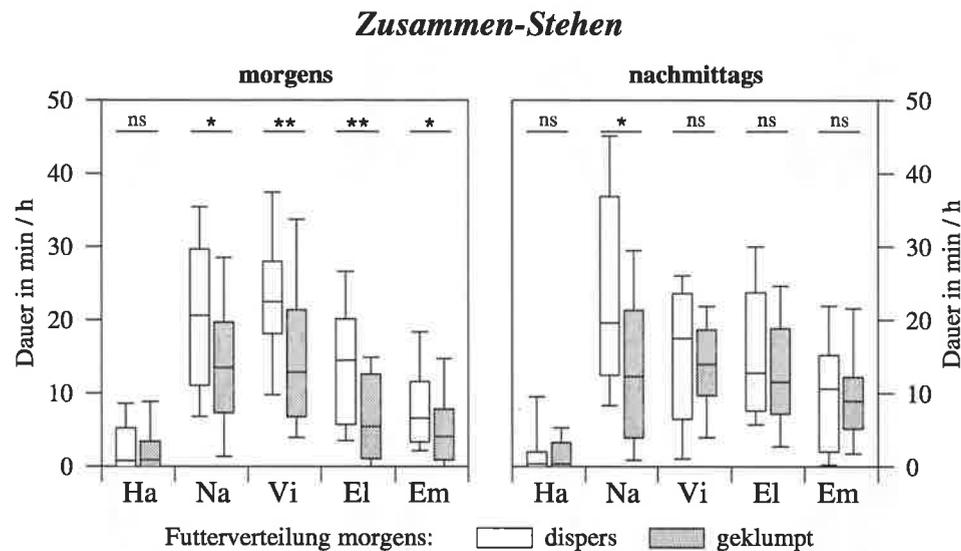


Abb. 22a: Dauer von *Zusammen-Stehen* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$.

Zusammen-Stehen trat fast ausschließlich zwischen Na ↔ Vi (52 - 65 %), El ↔ Em (22 - 37 %) und Ha ↔ Em (14 - 17 %) auf. Natala *stand* nie mit Harry *zusammen*. Die übrigen Kombinationen waren sehr selten.

Die Verteilung von *Zusammen-Stehen* war bezüglich der Futtersituationen weder morgens noch nachmittags unterschiedlich (s. Abb. 22b).

Zusammen-Stehen

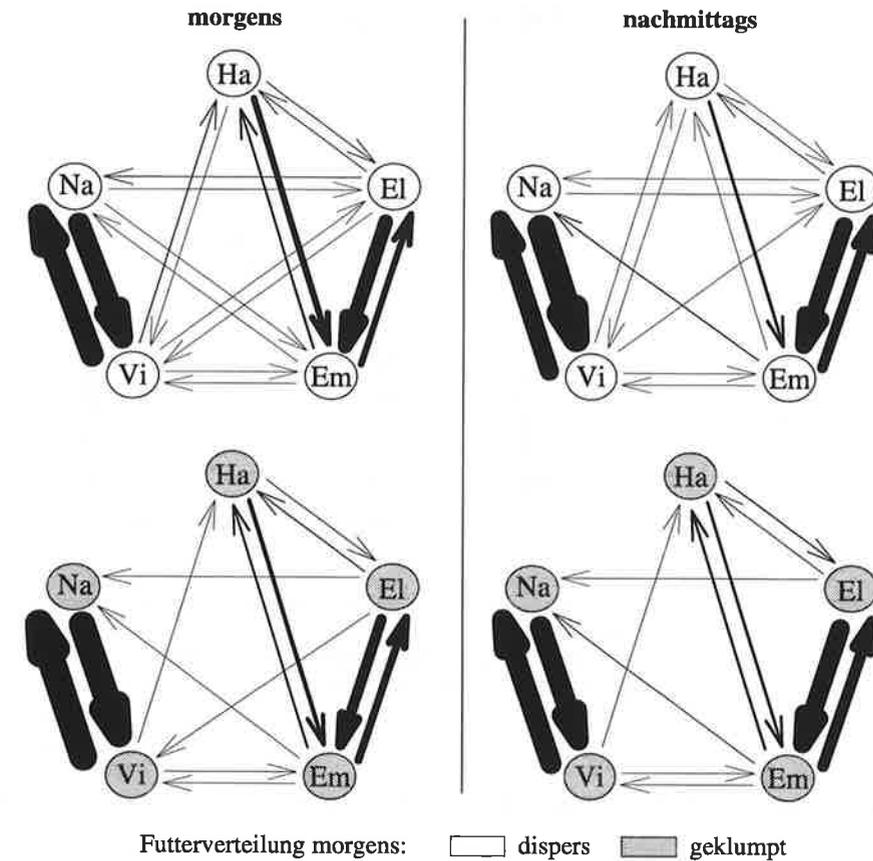


Abb. 22b: Verteilung von *Zusammen-Stehen* zwischen den Gruppenmitgliedern in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Angegeben sind die Summen der einzelnen Dyaden (Fokustier → Adressat) als Anteile an der Summe aller Dyaden. Je größer der Anteil war, desto dicker ist der dargestellte Pfeil (dickster Pfeil = 34 %).

d) Zusammen-Liegen

Nachmittags konnte diese Verhaltensweise länger protokolliert werden als morgens, wobei der Bulle (Ha) sowohl morgens als auch nachmittags kürzer mit einem Artgenossen *zusammen-lag* als die Weibchen.

Bezüglich der Futterverteilung zeigte keines der Tiere morgens oder nachmittags unterschiedlich lang *Zusammen-Liegen* (s. Abb. 23a).

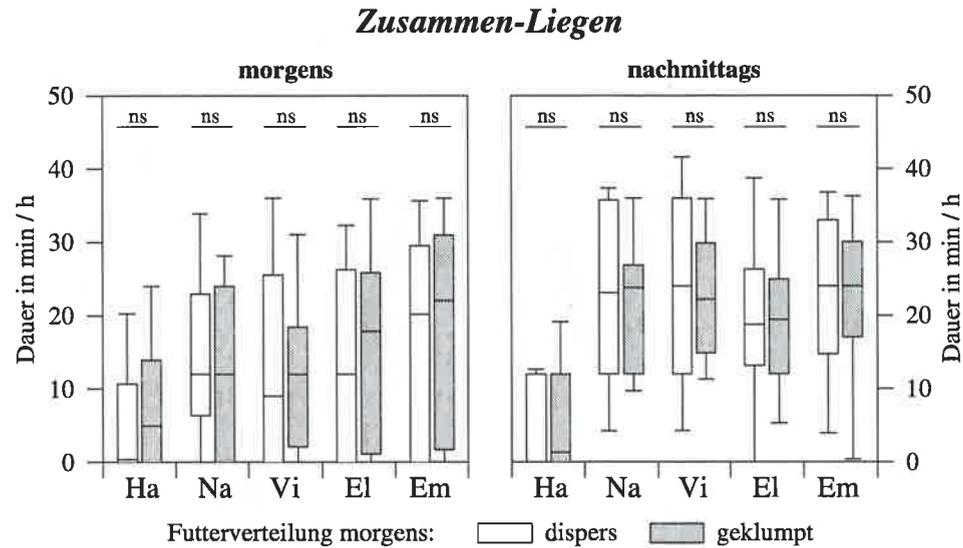


Abb. 23a: Dauer von *Zusammen-Liegen* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$.

Zusammen-Liegen fand hauptsächlich zwischen $Na \leftrightarrow Vi$ (38 - 47 %) und $El \leftrightarrow Em$ (40 - 46 %) statt. Nur geringe Anteile entfielen auf $Ha \leftrightarrow El$ (2 - 6 %) bzw. $Ha \leftrightarrow Em$ (5 - 10 %). In den übrigen Dyaden wurde *Zusammen-Liegen* extrem kurz oder gar nicht gezeigt (z. B. $Ha \leftrightarrow Na$: 0 %).

Morgens waren in der dispersen Situation etwas mehr Dyaden vertreten als in der geklumpten Futtersituation. Am Nachmittag gab es in Abhängigkeit der Futterverteilung keine deutlichen Unterschiede (s. Abb. 23b).

Zusammen-Liegen

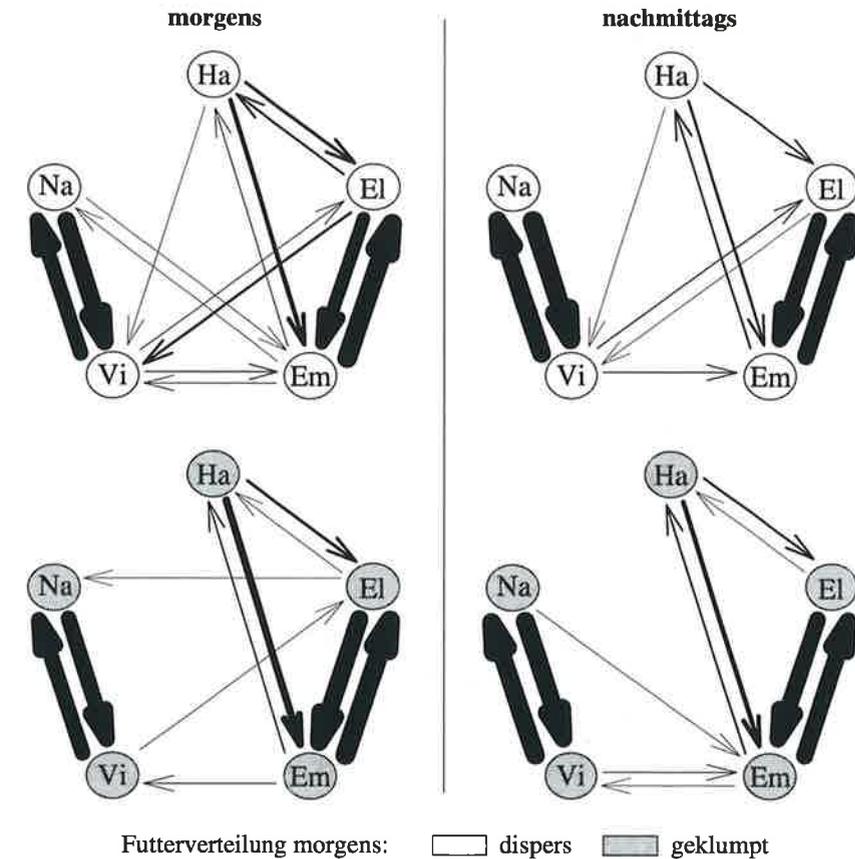


Abb. 23b: Verteilung von *Zusammen-Liegen* zwischen den Gruppenmitgliedern in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Angegeben sind die Summen der einzelnen Dyaden (Fokustier → Adressat) als Anteile an der Summe aller Dyaden. Je größer der Anteil war, desto dicker ist der dargestellte Pfeil (dickster Pfeil = 25 %).

3.1.3.2.3 Agonistisches Verhalten

Bei den agonistischen Verhaltensweisen wurde zudem unterschieden, ob sie „mit Futter“ (Abstand zum Futter < 2 Körperlängen) oder „ohne Futter“ (Abstand zum Futter ≥ 2 Körperlängen) stattfanden.

a) *Offensiv-aggressives Verhalten*

Jede agonistische Interaktion wurde von den Nashörnern durch *Angehen* oder *Entgegengehen* initiiert. Beide Verhaltensweisen wurden daher zum *offensiv-aggressiven Verhalten* summiert.

a1) *Offensiv-aggressives Verhalten mit Futter*

Offensiv-aggressives Verhalten mit Futter trat am Morgen sehr viel häufiger auf als am Nachmittag.

Sowohl morgens als auch nachmittags zeigten alle fünf Tiere in der geklumpten Futtersituation signifikant oder annähernd signifikant häufiger *offensiv-aggressives Verhalten mit Futter* als in der dispersen Futtersituation (mo: Ha: $Z = 2,7$; $P \leq 0,01$; Na: $Z = 4,9$; $P \leq 0,001$; Vi: $Z = 5,3$; $P \leq 0,001$; El: $Z = 5,7$; $P \leq 0,001$; Em: $Z = 4,2$; $P \leq 0,001$; nmi: Ha: $Z = 1,9$; $P = 0,053$; Na: $Z = 2,6$; $P \leq 0,01$; Vi: $Z = 2,0$; $P \leq 0,05$; El: $Z = 2,6$; $P \leq 0,01$; Em: $Z = 2,1$; $P \leq 0,05$; s. Abb. 24a).

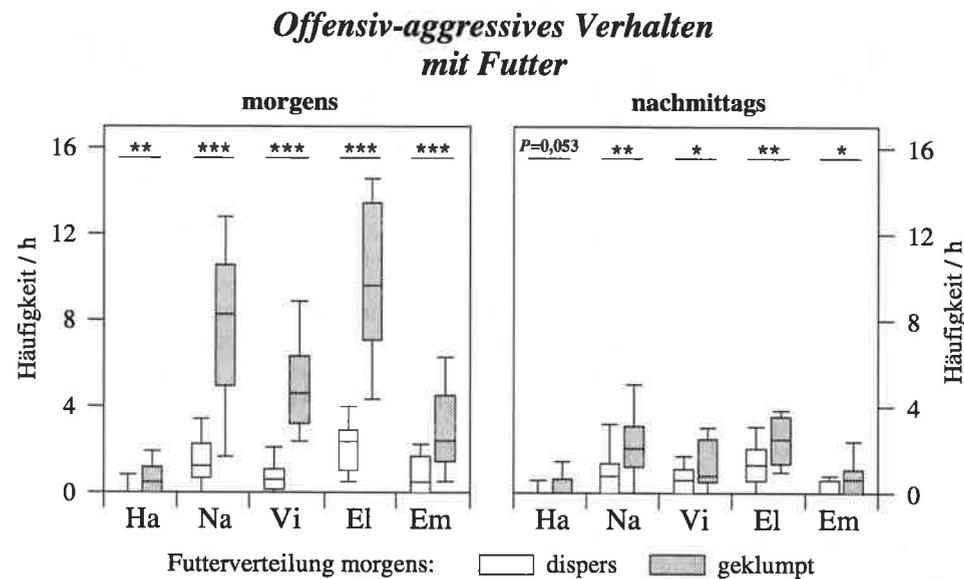


Abb. 24a: Häufigkeit des *offensiv-aggressiven Verhaltens mit Futter* (Summe aus *Angehen* und *Entgegengehen* mit Futter) in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$; *** = $P \leq 0,001$.

In der Verteilung des *offensiv-aggressiven Verhaltens mit Futter* traten bezüglich der Futtersituationen morgens und nachmittags keine wesentlichen Unterschiede auf.

Immer war der Bulle der häufigste Adressat des *offensiv-aggressiven Verhaltens mit Futter* (44 - 63 %). Untereinander zeigten die Weibchen dieses Verhalten bevorzugt zwischen Na \leftrightarrow El (10 - 17 %) und Vi \leftrightarrow El (8 - 19 %). Zwischen Na \leftrightarrow Vi und El \leftrightarrow Em konnte *offensiv-aggressives Verhalten mit Futter* nur sehr selten beobachtet werden (s. Abb 24b).

Offensiv-aggressives Verhalten mit Futter

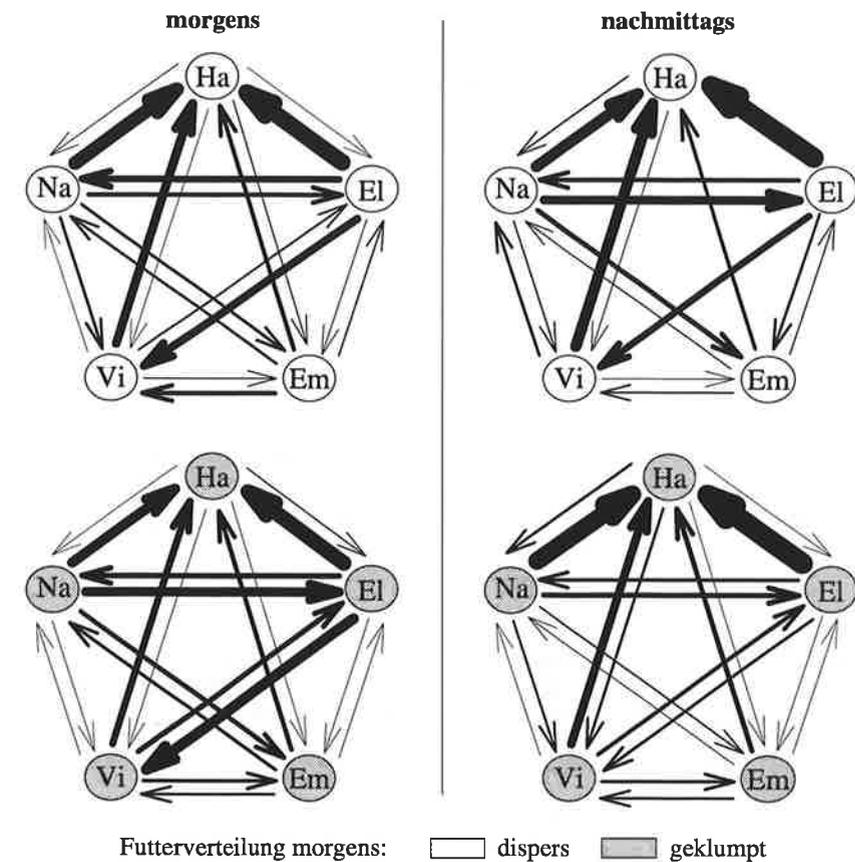


Abb. 24b: Verteilung des *offensiv-aggressiven Verhaltens mit Futter* (Summe aus *Angehen* und *Entgegengehen* mit Futter) zwischen den Gruppenmitgliedern in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Angegeben sind die Summen der einzelnen Dyaden (Fokustier \rightarrow Adressat) als Anteile an der Summe aller Dyaden. Je größer der Anteil war, desto dicker ist der dargestellte Pfeil (dickster Pfeil = 26 %).

a2) *Offensiv-aggressives Verhalten ohne Futter*

Morgens konnte *offensiv-aggressives Verhalten ohne Futter* etwas häufiger beobachtet werden als nachmittags.

Jedes der fünf Nashörner zeigte am Morgen und am Nachmittag in der geklumpten Futtersituation signifikant oder annähernd signifikant häufiger *offensiv-aggressives Verhalten ohne Futter* als in der dispersen Futtersituation (mo: Ha: $Z = 2,8$; $P \leq 0,01$; Na: $Z = 2,7$; $P \leq 0,01$; Vi: $Z = 2,1$; $P \leq 0,05$; El: $Z = 3,6$; $P \leq 0,001$; Em: $Z = 2,5$; $P \leq 0,05$; nmi: Ha: $Z = 2,7$; $P \leq 0,01$; Na: $Z = 1,9$; $P = 0,061$; Vi: $Z = 2,0$; $P \leq 0,05$; El: $Z = 2,7$; $P \leq 0,01$; Em: $Z = 2,1$; $P \leq 0,05$; s. Abb. 25a).

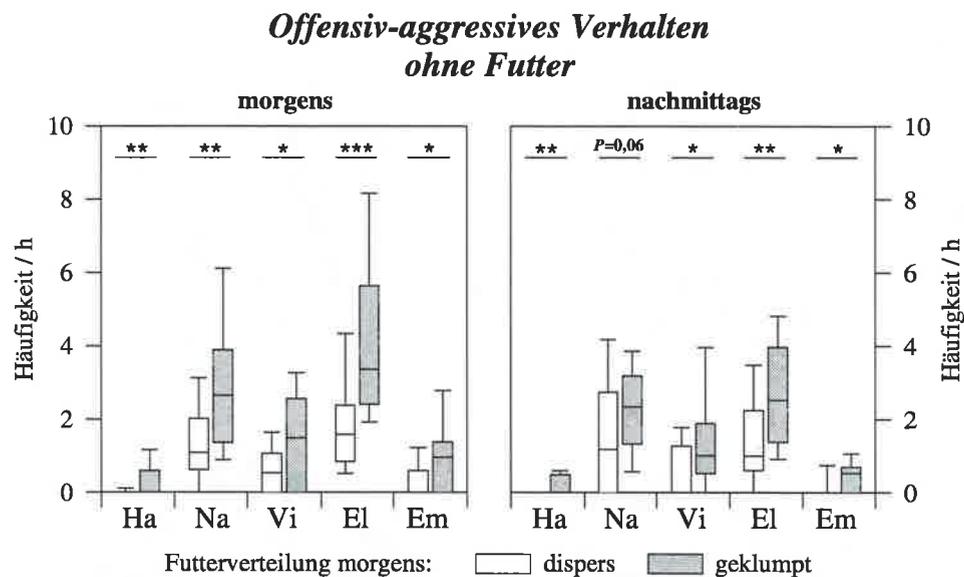


Abb. 25a: Häufigkeit des *offensiv-aggressiven Verhaltens ohne Futter* (Summe aus *Angehen* und *Entgegengehen* ohne Futter) in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$; *** = $P \leq 0,001$.

Die Verteilung des *offensiv-aggressiven Verhaltens ohne Futter* unterschied sich morgens und nachmittags kaum in Bezug auf die beiden Futtersituationen (s. Abb. 25b). Das Männchen war in jeder Situation der häufigste Adressat des *offensiv-aggressiven Verhaltens ohne Futter* (55 - 70 %). Die Dyaden zwischen den Weibchen wiesen deutlich geringere Anteile auf. Besonders wenig *offensiv-aggressives Verhalten ohne Futter* konnte zwischen El \leftrightarrow Em beobachtet werden (1 - 3 %).

Offensiv-aggressives Verhalten ohne Futter

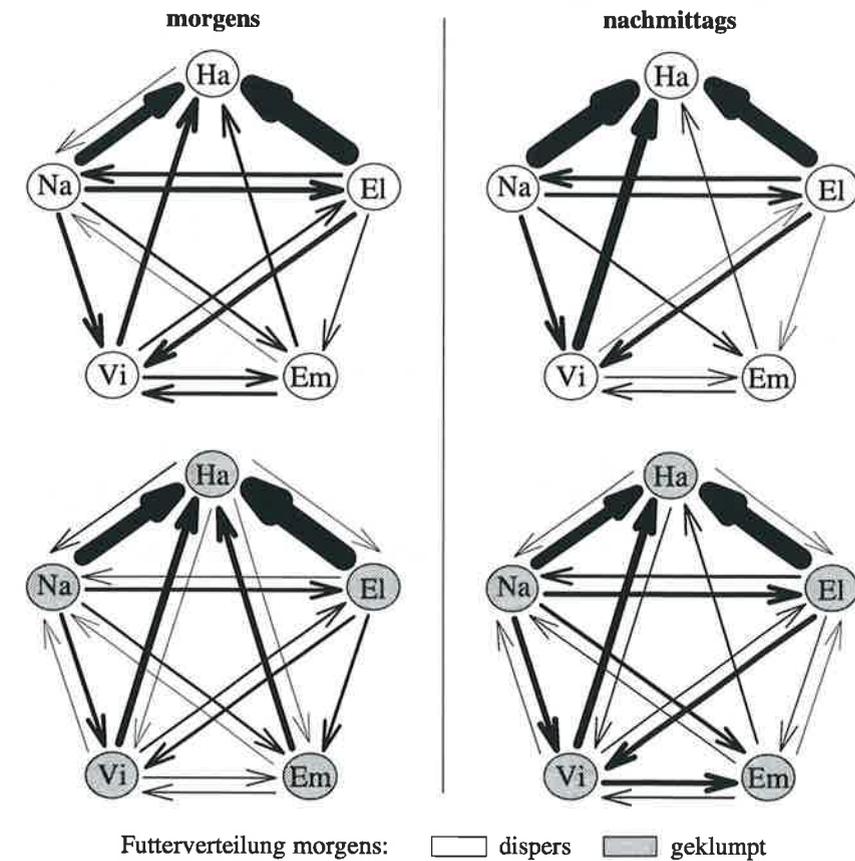


Abb. 25b: Verteilung des *offensiv-aggressiven Verhaltens ohne Futter* (Summe aus *Angehen* und *Entgegengehen* ohne Futter) zwischen den Gruppenmitgliedern in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Angegeben sind die Summen der einzelnen Dyaden (Fokustier \rightarrow Adressat) als Anteile an der Summe aller Dyaden. Je größer der Anteil war, desto dicker ist der dargestellte Pfeil (dickster Pfeil = 31 %).

b) Anteil eskalierter Auseinandersetzungen

Um Unterschiede im Eskalationsgrad der agonistischen Auseinandersetzungen zu untersuchen, wurde für jedes Nashorn der Anteil der eskalierten Auseinandersetzungen (Interaktionen mit *Hornstoß*, *Hornkampf* oder *Fliehen*) an der Gesamtzahl der von ihm initiierten agonistischen Auseinandersetzungen bestimmt. Da eine Bestimmung nur dann möglich war, wenn aggressives Verhalten auftrat, reduzierte sich die Anzahl der Einzelwerte pro Tier (s. Tab. 3 und 4).

b1) Anteil eskalierter Auseinandersetzungen mit Futter

In einem Fall unterschied sich der Anteil der eskalierten Auseinandersetzungen mit Futter in Abhängigkeit der Futterverteilung: Natala initiierte morgens in der geklumpten Futtersituation einen signifikant höheren Anteil an eskalierten Auseinandersetzungen als in der dispersen Futtersituation ($Z = 2,2; P \leq 0,05$; s. Tab. 3).

Tab. 3: Prozentualer Anteil eskalierter Auseinandersetzungen mit Futter in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten.

	morgens						nachmittags					
	disperse F.		geklumpte F.		Statistik		disperse F.		geklumpte F.		Statistik	
	\bar{x} (I_{50})	n	\bar{x} (I_{50})	n	Z	P	\bar{x} (I_{50})	n	\bar{x} (I_{50})	n	Z	P
Ha	0 (0)	6	0 (36,7)	15	1,0	ns	0 (50,0)	3	0 (55,4)	10	0,0	ns
Na	0 (0)	20	0 (11,7)	24	2,2	*	0 (37,5)	12	0 (5,0)	21	1,1	ns
Vi	0 (0)	17	0 (10,4)	24	0,9	ns	0 (0)	10	0 (25,0)	21	0,3	ns
El	0 (0)	22	0 (4,0)	25	0,4	ns	0 (0)	16	0 (0)	24	0,2	ns
Em	0 (8,3)	12	13,5 (38,1)	24	1,3	ns	0 (0)	7	0 (0)	16	0,2	ns

Dargestellt sind Mediane (\bar{x}), Interquartilbereiche (I_{50}) und die Anzahl der Einzelwerte pro Tier (n). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; * = $P \leq 0,05$.

b2) Anteil eskalierter Auseinandersetzungen ohne Futter

Am Morgen sowie am Nachmittag wies keines der vier weiblichen Nashörner bezüglich der Futterverteilung einen unterschiedlichen Anteil an eskalierten Auseinandersetzungen ohne Futter auf. Für das Männchen war keine Aussage möglich, da es morgens und nachmittags in der dispersen Futtersituation zu selten agonistische Interaktionen initiierte (s. Tab. 4).

Tab. 4: Prozentualer Anteil eskalierter Auseinandersetzungen ohne Futter in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten.

	morgens						nachmittags					
	disperse F.		geklumpte F.		Statistik		disperse F.		geklumpte F.		Statistik	
	\bar{x} (I_{50})	n	\bar{x} (I_{50})	n	Z	P	\bar{x} (I_{50})	n	\bar{x} (I_{50})	n	Z	P
Ha	100 (0)	2	0 (100)	11	-	-	-	0	0 (8,3)	8	-	-
Na	0 (0)	19	0 (0)	24	0,6	ns	0 (0)	12	0 (0)	23	0,5	ns
Vi	0 (0)	14	0 (0)	18	0,5	ns	0 (100)	8	0 (25)	19	0,7	ns
El	0 (18,8)	22	0 (8,3)	25	0,3	ns	0 (0)	16	0 (0)	24	0,6	ns
Em	0 (0)	8	0 (0)	18	1,2	ns	0 (0)	4	0 (0)	13	0,8	ns

Dargestellt sind Mediane (\bar{x}), Interquartilbereiche (I_{50}) und die Anzahl der Einzelwerte pro Tier (n). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; - = nicht berechenbar.

c) Dominanzbeziehungen

Die Verhaltensweisen *Weichen* und *Fliehen* wurden zum Unterlegenheitsindikator *Ausweichen* zusammengefasst. Aus der Verteilung von *Ausweichen* wurden die Rangindices der Tiere bestimmt (s. Kap. 2.4.3, S. 21). Der Rangindex kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, je nachdem, ob ein Tier eher dominant (Index nahe 1) oder eher unterlegen (Index nahe 0) war. Er ließ sich nur dann berechnen, wenn *Ausweichen* gezeigt wurde. Daher reduzierte sich die Anzahl der Einzelwerte pro Tier (s. Abbildungsunterschriften der Abb. 26 und 27).

Anhand ihrer mittleren Rangindices (mRIs) wurden die Nashörner in unterlegene ($mRI < 0,35$), rangmittlere ($0,35 \leq mRI < 0,7$) und dominante ($mRI \geq 0,7$) Tiere eingeteilt bzw. in eine Reihenfolge (Rangordnung) gebracht.

c1) Dominanzbeziehungen mit Futter

Am Morgen waren in der dispersen Futtersituation Natała und Emily im Mittel absolut dominant (beide: mRI = 1,0), Vicky und Emmi besaßen einen mittleren Rang (Vi: mRI = 0,59; Em: mRI = 0,50) und Harry war stark unterlegen (mRI = 0,12). In der geklumpten Futtersituation wiesen Natała und Vicky hohe Ränge (Na: mRI = 0,91; Vi: mRI = 0,76), Emily einen mittleren Rang (El: mRI = 0,52) und Emmi und Harry einen niedrigen bzw. sehr niedrigen Rang auf (Em: mRI = 0,30; Ha: mRI = 0,07).

Nachmittags gab es im Mittel kein absolut dominantes Tier. In der dispersen Futtersituation besaß Emily einen recht hohen Rang (El: mRI = 0,74). Alle anderen Tiere waren durch niedrige Ränge gekennzeichnet, wobei Harry in Mittel absolut unterlegen war (Na: mRI = 0,26; Vi: mRI = 0,34; Ha: mRI = 0,0). In der geklumpten Futtersituation zeigten Natała, Vicky und Emily hohe Ränge (Na: mRI = 0,79; Vi: mRI = 0,73; El: mRI = 0,84), Harry besaß einen sehr niedrigen Rang (Ha: mRI = 0,10) und Emmi war im Mittel absolut unterlegen (Em: mRI = 0,0).

Wenn die Tiere anhand der Höhe ihrer mittleren Rangindices in eine Reihenfolge gebracht wurden, ergaben sich bezüglich der Futtersituation die folgenden Rangordnungen:

<u>morgens</u>	disperse F.:	Na und El > Vi und Em >> Ha
	geklumpte F.:	Na > Vi > El > Em > Ha
<u>nachmittags</u>	disperse F.:	El >> Na, Vi und Em > Ha
	geklumpte F.:	Na, Vi und El >> Em und Ha

Signifikant abgesichert werden konnte hinsichtlich der Futterverteilung nur ein Unterschied: Emily besaß morgens in der dispersen Futtersituation einen signifikant höheren Rang als in der geklumpten Futtersituation ($Z = 3,4$; $P \leq 0,001$; s. Abb. 26).

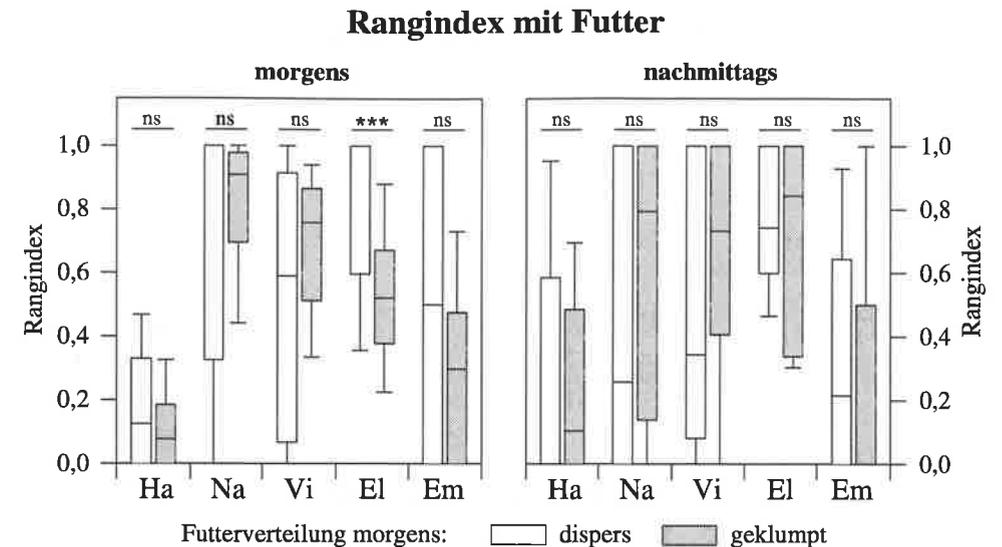


Abb. 26: Rangindex mit Futter in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; *** = $P \leq 0,001$. Die Anzahl der Einzelwerte pro Tier betrug in der dispersen (geklumpten) Futtersituation: mo: Ha: n = 22 (25), Na: n = 20 (24), Vi: n = 19 (25), El: n = 22 (25), Em: n = 14 (25); nmi: Ha: n = 17 (24), Na: n = 14 (19), Vi: n = 11 (20), El: n = 16 (22), Em: n = 8 (16).

c2) Dominanzbeziehungen ohne Futter

In den Auseinandersetzungen ohne Futter zeigte sich morgens in der dispersen Futtersituation Natała im Mittel als absolut dominantes Tier (mRI = 1,0). Vicky und Emily wiesen hohe Ränge auf (Vi: mRI = 0,78; El: mRI = 0,85), Emmi und Harry waren absolut unterlegen (beide: mRI = 0,0). Auch in der geklumpten Futtersituation war Natała absolut dominant (mRI = 1,0). Emily besaß einen hohen (mRI = 0,91), Vicky einen mittleren (mRI = 0,67) und Emmi einen niedrigen Rang (mRI = 0,12). Harry war absolut unterlegen (mRI = 0,0).

Am Nachmittag waren in der dispersen Futtersituation Natała und Emily absolut dominante Tiere (beide: mRI = 1,0). Vicky wies einen hohen Rang auf (mRI = 0,80), Emmi und Harry zeigten sich beide absolut unterlegen (beide: mRI = 0,0). Mit einer Ausnahme besaßen in der geklumpten Futtersituation alle Tiere die gleichen Rangindices wie in der dispersen Futtersituation: Vicky wies nun einen mittleren Rang auf (mRI = 0,63).

Wurden die Tiere anhand der Höhe ihrer mittleren Rangindices in eine Reihenfolge gebracht, so ergaben sich bezüglich der Futtersituation die folgenden Rangordnungen:

<u>morgens</u>	disperse F.:	Na > El > Vi >> Em und Ha
	geklumpte F.:	Na > El > Vi >> Em > Ha
<u>nachmittags</u>	disperse F.:	Na und El > Vi >> Em und Ha
	geklumpte F.:	Na und El > Vi >> Em und Ha

Weder morgens noch nachmittags besaß eines der Nashörner unterschiedliche Rangindices ohne Futter in Abhängigkeit der Futterverteilung (s. Abb. 27).

Rangindex ohne Futter

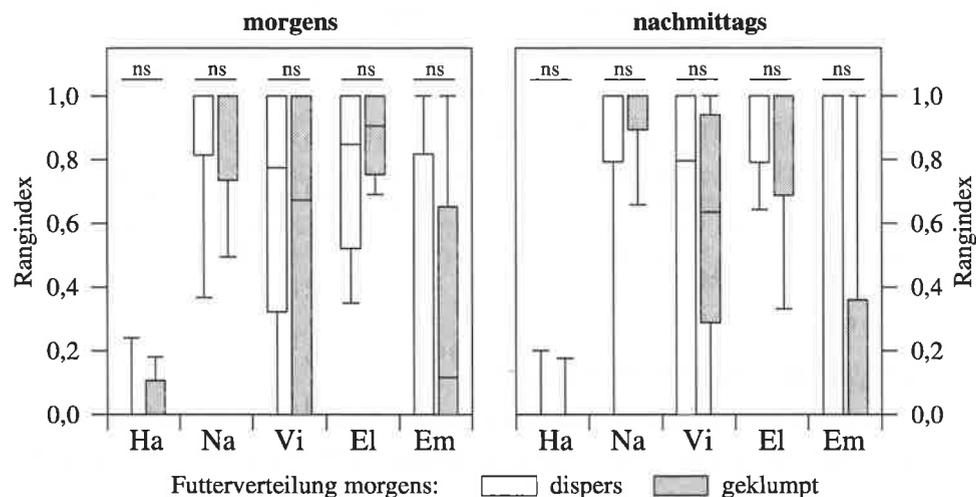


Abb. 27: Rangindex ohne Futter in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$; *** = $P \leq 0,001$. Die Anzahl der Einzelwerte pro Tier betrug in der dispersen (geklumpten) Futtersituation: mo: Ha: n = 23 (25), Na: n = 20 (22), Vi: n = 18 (22), El: n = 22 (25), Em: n = 13 (22); nmi: Ha: n = 19 (24), Na: n = 12 (20), Vi: n = 12 (20), El: n = 16 (24), Em: n = 6 (16).

3.1.3.2.4 Zusammenfassung Sozialverhalten

Unterschiede in Abhängigkeit der morgendlichen Futtersituation ergaben sich sowohl in der Häufigkeit bzw. Dauer einiger Sozialverhaltensweisen als auch in ihrer Verteilung zwischen den Gruppenmitgliedern.

Kontaktverhalten: Jedes Nashorn initiierte morgens in der dispersen Futtersituation mehr *Nasonasalkontakte* als in der geklumpten Futtersituation. Die Verhaltensweisen *Annähern* und *Nasonasalkontakt* waren morgens und nachmittags in der dispersen Futtersituation zwischen mehr Tieren verteilt als in der geklumpten Futtersituation. Kontaktverhalten konnte fast zwischen allen Tieren beobachtet werden.

Soziopositives Verhalten: Alle Weibchen zeigten morgens in der dispersen Futtersituation länger *Folgen* und *Zusammen-Stehen* als in der geklumpten Futtersituation. Am Nachmittag konnte dieser Unterschied nur für jeweils ein Weibchen gefunden werden. Die Verhaltensweisen *Körperkontakt* und *Zusammen-Liegen* traten am Morgen in der dispersen Futtersituation in mehr Dyaden auf als in der geklumpten Futtersituation. Soziopositives Verhalten wurde bevorzugt zwischen Na ↔ Vi und El ↔ Em beobachtet.

Agonistisches Verhalten: Alle fünf Nashörner zeigten morgens und nachmittags in der geklumpten Futtersituation häufiger *offensiv-aggressives Verhalten mit und ohne Futter* als in der dispersen Futtersituation. In allen Situationen war das Männchen der häufigste Adressat für *offensiv-aggressives Verhalten*. Zwischen Na ↔ Vi und El ↔ Em trat dieses Verhalten nur selten auf. Ein Tier wies morgens in der geklumpten Futtersituation einen höheren Anteil an eskalierten Auseinandersetzungen mit Futter auf als in der dispersen Futtersituation. Die Dominanzbeziehungen der Nashörner waren in Abhängigkeit der Futtersituation wenig variabel, wobei das Männchen immer die niedrigste Rangposition einnahm.

3.1.3.3 Verhaltensauffälligkeiten

Aus dem Bereich der Verhaltensauffälligkeiten wurden drei Verhaltensweisen untersucht: *Hornreiben*, *Plötzliches Kauen* und *Koten ohne Kotabgabe*.

Während *Hornreiben* wie alle vorherigen Verhaltensweisen ausgewertet und dargestellt wurde, konnte mit den Verhaltensweisen *Plötzliches Kauen* und *Koten ohne Kotabgabe* aufgrund ihrer geringen Häufigkeiten nicht so verfahren werden. Da sie aber dennoch eine charakteristische Verteilung hinsichtlich der Futterdarbietung aufwiesen, wurden für die graphischen Darstellungen dieser beiden Verhaltensweisen jeweils die Einzelwerte eines Tieres summiert und als Häufigkeiten pro zehn Stunden errechnet.

a) *Hornreiben*

Hornreiben war von der Kuh Natala wenig zu beobachten.

In Abhängigkeit der Futterverteilung zeigte sowohl morgens als auch nachmittags keines der Nashörner *Hornreiben* unterschiedlich lange (s. Abb. 28).

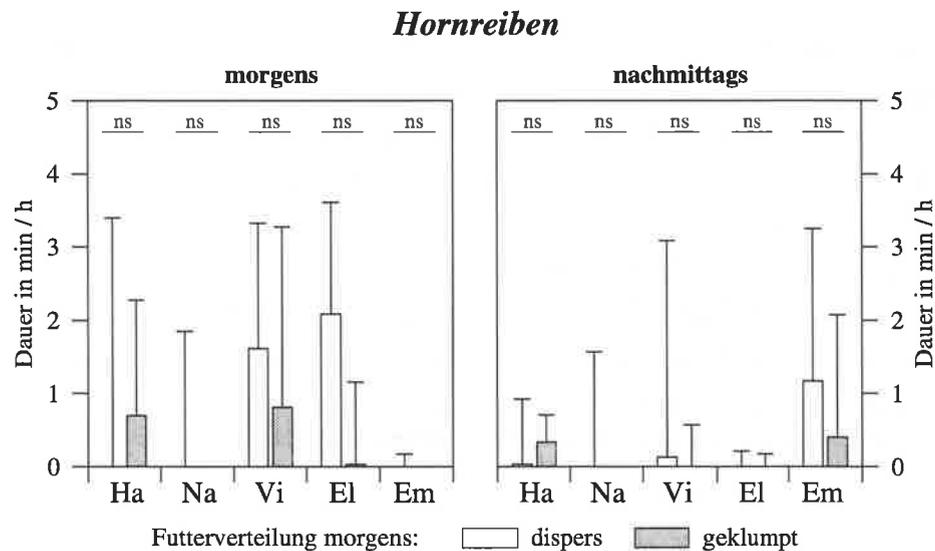


Abb. 28: Dauer von *Hornreiben* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Mediane, Interquartilbereiche (I_{50}) und die auf 10 % und 90 % bereinigten Werte (Percentile). Statistischer Test: Mann-Whitney-U-Test (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$.

b) *Plötzliches Kauen*

Plötzliches Kauen konnte nur selten registriert werden. Es trat morgens ähnlich häufig auf, wie am Nachmittag.

Morgens zeigten alle Tiere *Plötzliches Kauen* in der geklumpten Futtersituation häufiger als in der dispersen Futtersituation. Ebenso am Nachmittag, mit Ausnahme von Vicky, die dieses Verhalten in beiden Futtersituationen gleich häufig ausführte (s. Abb. 29).

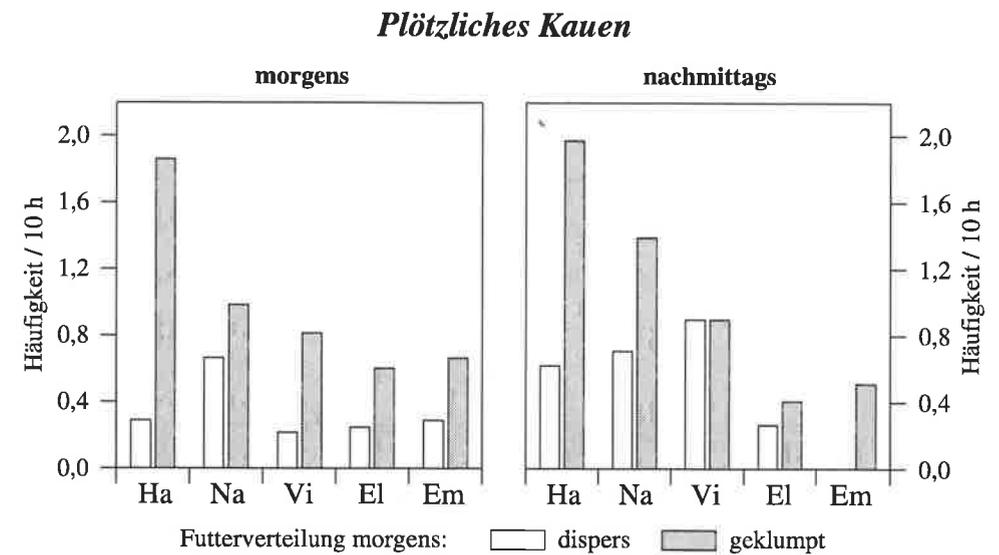


Abb. 29: Häufigkeit von *Plötzlichem Kauen* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Summen pro Tier.

c) *Koten ohne Kotabgabe*

Diese Verhaltensweise wurde extrem selten beobachtet. Abgesehen von dem Bullen (Ha) *koteten* die Tiere *ohne Kotabgabe* nur morgens. Hier wies Harry in der geklumpten Futtersituation sehr viel höhere Werte auf als in der dispersen Futtersituation. Alle anderen Nashörner zeigten *Koten ohne Kotabgabe* ausschließlich in der geklumpten Futtersituation (s. Abb. 30).

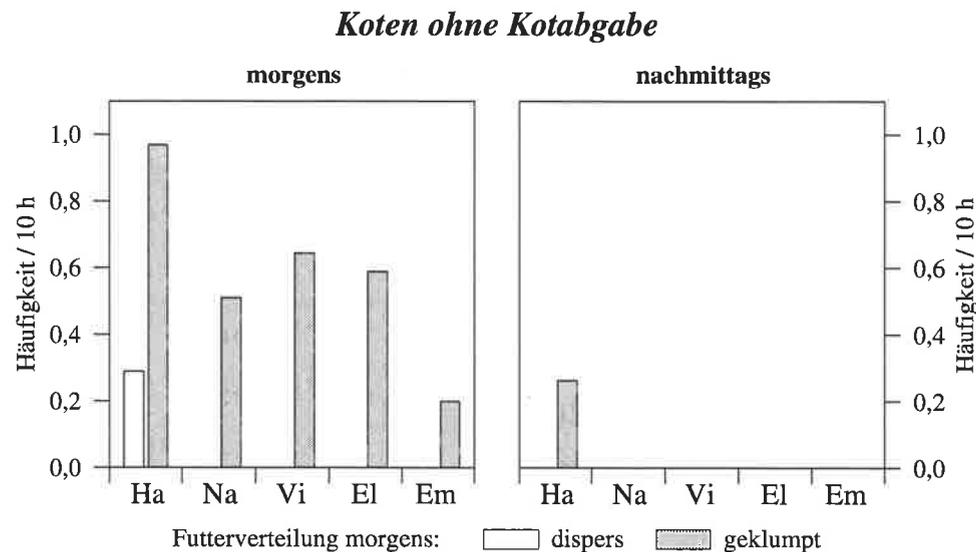


Abb. 30: Häufigkeit von *Koten ohne Kotabgabe* in Abhängigkeit der Futtersituation - getrennt für die morgens und nachmittags erhobenen Daten. Dargestellt sind Summen pro Tier.

3.1.3.3.1 Zusammenfassung Verhaltensauffälligkeiten

Unterschiede in Abhängigkeit der Futtersituation konnten in der Häufigkeit von *Plötzlichem Kauen* und *Koten ohne Kotabgabe* beobachtet werden. Obwohl beide Verhaltensauffälligkeiten sehr selten waren, wurden sie deutlich häufiger in der geklumpten Futtersituation gezeigt.

3.2 Endokrinologische Parameter

3.2.1 Hormonkonzentration in Abhängigkeit der Methoden-Tests

3.2.1.1 Vergleich der Cortisol- bzw. Corticosteronkonzentrationen im Blut und Speichel

Die acht untersuchten Breitmaulnashörner zeigten deutliche Unterschiede in den absoluten Glucocorticoidkonzentrationen. Für Cortisol lagen die Konzentrationen im Serum zwischen 4,25 - 15,68 ng/ml ($\bar{x} \pm \text{SEM}$: $7,94 \pm 1,44$ ng/ml Serum) und im Speichel zwischen 0,12 - 0,74 ng/ml ($\bar{x} \pm \text{SEM}$: $0,32 \pm 0,07$ ng/ml Speichel). Die Konzentrationen für Corticosteron lagen zwischen 2,17 - 6,75 ng/ml im Serum ($\bar{x} \pm \text{SEM}$: $3,71 \pm 0,56$ ng/ml Serum) und 0,64 - 1,85 ng/ml im Speichel ($\bar{x} \pm \text{SEM}$: $1,12 \pm 0,14$ ng/ml Speichel). Im Mittel entsprachen die Speichel-Cortisolkonzentrationen 4 % der Serum-Cortisolkonzentrationen, während die Speichel-Corticosteronkonzentrationen 30 % der Serum-Corticosteronkonzentrationen darstellten.

Sowohl für Cortisol als auch für Corticosteron konnte eine hohe positive Korrelation zwischen den im Serum und den im Speichel gemessenen Konzentrationen signifikant abgesichert werden (s. Abb. 31).

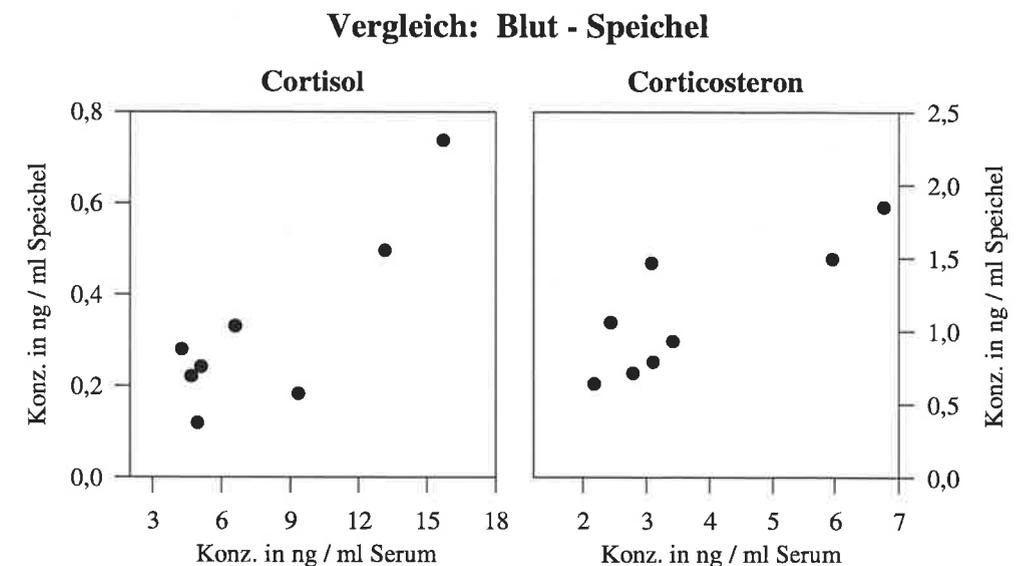


Abb. 31: Vergleich der im Serum- und im Speichel gemessenen Konzentrationen an Cortisol bzw. Corticosteron. Jeder Punkt repräsentiert den Einzelwert (Wertepaar: Serum-Speichel) eines Tieres (jeweils N = 8). Statistischer Test: Produktmoment-Korrelationskoeffizient nach Pearson (zweiseitig). Cortisol: $r = 0,86$; $P \leq 0,01$; Corticosteron: $r = 0,83$; $P \leq 0,01$.

Um Hinweise auf das vorrangige Glucocorticoid der Breitmaulnashörner zu erhalten, wurden die Cortisolkonzentrationen mit den Corticosteronkonzentrationen verglichen. Da im Serum die Cortisolkonzentrationen signifikant höher lagen als die Corticosteronkonzentrationen ($t = 4,3$; $P \leq 0,01$; $N = 8$), stellte Cortisol das Hauptglucocorticoid dieser Nashornart dar. Seine Titer waren im Mittel etwa doppelt so hoch wie die des Corticosterons. Im Speichel kehrte sich dieses Verhältnis um. Hier lag die Corticosteronkonzentration im Mittel viermal so hoch wie die Konzentration an Cortisol ($t = 10,3$; $P \leq 0,001$; $N = 14$; s. Abb. 32).

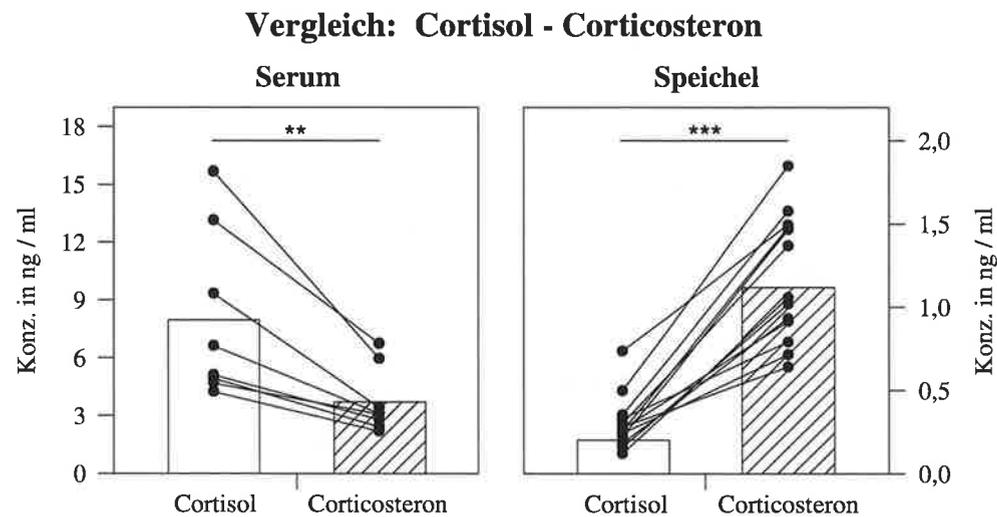


Abb. 32: Vergleich der Cortisol- und Corticosteronkonzentrationen im Serum bzw. im Speichel. Dargestellt sind Einzelwerte (Punkte) und Mittelwerte (Säulen). Die Wertepaare eines Tieres sind durch Linien verbunden (Serum: $N = 8$; Speichel: $N = 14$). Statistischer Test: T-Test für gepaarte Stichproben (zweiseitig); ** = $P \leq 0,01$; *** = $P \leq 0,001$.

3.2.1.2 Vergleich der Speichel-Corticosteronkonzentrationen im Tagesverlauf

Exemplarisch wurde an einem Tag von vier Nashörnern der Verlauf der Speichel-Corticosteronkonzentrationen zwischen 8⁰⁰ - 19⁰⁰ Uhr ermittelt.

Die vier Tiere zeigten am Morgen (8⁰⁰ Uhr) die höchsten Corticosteronkonzentrationen. Die mittlere Konzentration fiel in den nächsten zwei Stunden um knapp 30 % ab und verblieb bis zum Abend etwa auf diesem Niveau (s. Abb. 33).

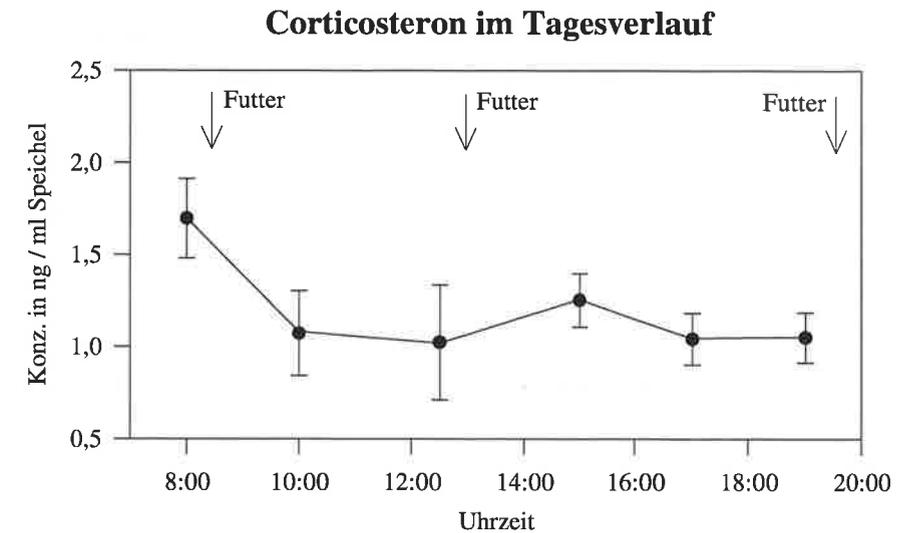


Abb. 33: Speichel-Corticosteronkonzentrationen im Tagesverlauf. Dargestellt sind Mittelwerte (Punkte) \pm SEM ($N = 4$). Die Pfeile geben die Zeitpunkte der Futtergaben an.

3.2.1.3 Vergleich der Speichel-Corticosteronkonzentrationen im „Handschuh-, Eis- und Gefrier-Test“

Für jeden der drei Tests wurden exemplarisch von einem Tier achtmal zwei Speichelproben zeitgleich genommen und in einem Faktor unterschiedlich behandelt.

Handschuh-Test: Die Corticosteronkonzentrationen unterschieden sich nicht, ob der Speichel zunächst mit dem Handschuh aufgenommen oder direkt mit der Watterolle im Maul abgesammelt wurde.

Eis-Test: Die Corticosteronkonzentrationen der Speichelproben, die eine Stunde auf Eis standen, unterschieden sich nicht von denen, die drei Stunden auf Eis standen.

Gefrier-Test: Es fanden sich keine Unterschiede in den Corticosteronkonzentrationen hinsichtlich der Lagerung der Speichelproben bei $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ nach Zentrifugation im „Eppi“ (Safe Lock Reaktionsgefäß, 1,5 ml, Fa. Eppendorf) oder ohne Zentrifugation in der Salivette (ohne Präparierung, Fa. Sarstedt) (s. Abb. 34).

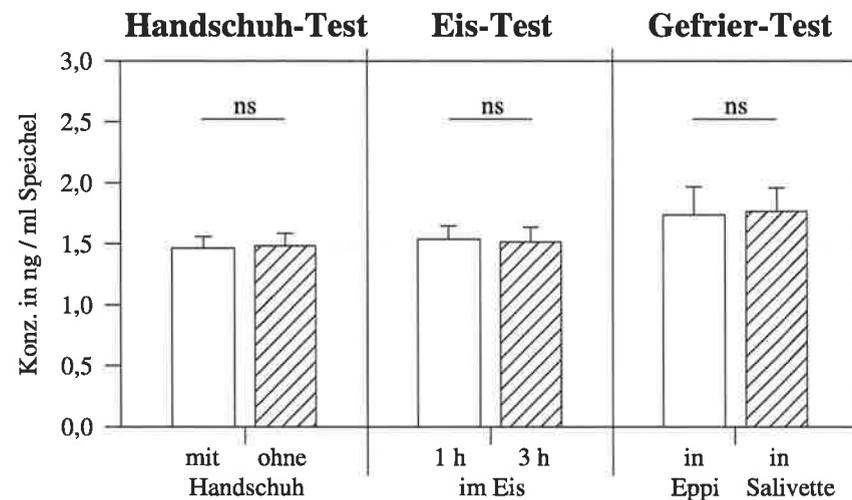


Abb. 34: Speichel-Corticosteronkonzentrationen im Handschuh-, Eis- und Gefriertest. Dargestellt sind Mittelwerte (Säulen) + SEM (jeweils $n = 8$). Statistischer Test: T-Test für gepaarte Stichproben (zweiseitig); ns = $P \geq 0,1$.

3.2.2 Hormonkonzentration in Abhängigkeit des Fütterungsexperiments

Während des Fütterungsexperiments wurde von den fünf Breitmaulnashörnern (Harry, Natala, Vicky, Emily und Emmi) an den letzten vier Tagen jeder Fütterungsphase morgens und abends Speichel entnommen. Die Speichelproben wurden entsprechend der Heuverteilung am Morgen der dispersen bzw. der geklumpten Füttersituation zugeordnet. Pro Tier entfielen 20 morgens entnommene und 20 abends entnommene Proben auf jede Füttersituation.

Jedes der fünf Nashörner zeigte sowohl morgens als auch abends signifikant höhere Speichel-Corticosteronkonzentrationen an Tagen der geklumpten Füttersituation als an Tagen der dispersen Füttersituation (mo: Ha: $T = 3,5$; $P \leq 0,001$; Na: $T = 2,9$; $P \leq 0,01$; Vi: $T = 2,7$; $P \leq 0,01$; El: $T = 3,2$; $P \leq 0,01$; Em: $T = 2,5$; $P \leq 0,05$; ab: Ha: $T = 3,1$; $P \leq 0,01$; Na: $T = 2,1$; $P \leq 0,05$; Vi: $T = 2,0$; $P \leq 0,05$; El: $T = 2,8$; $P \leq 0,01$; Em: $T = 2,3$; $P \leq 0,05$; s. Abb. 35).

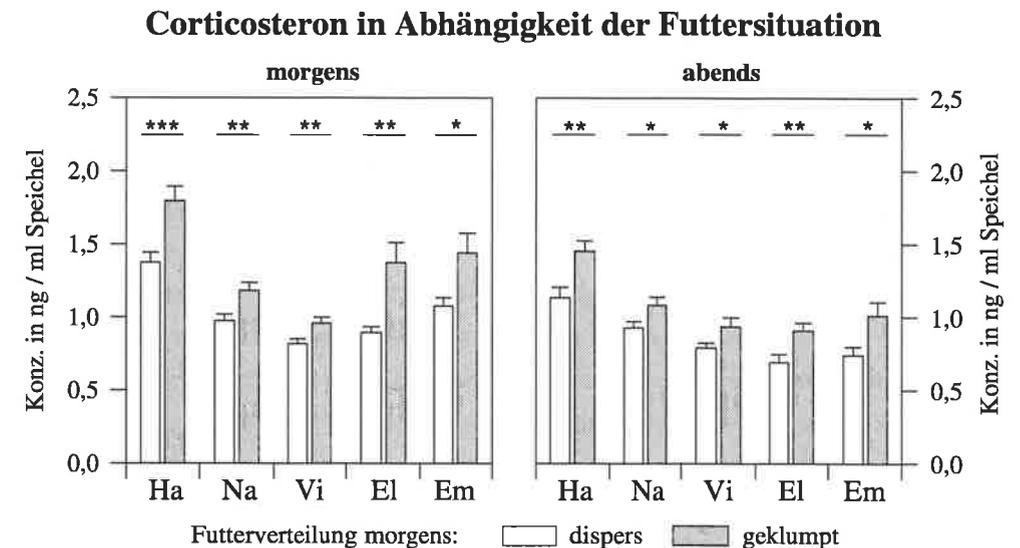


Abb. 35: Speichel-Corticosteronkonzentrationen in Abhängigkeit der Füttersituation. Dargestellt sind Mittelwerte (Säulen) + SEM (jeweils $n = 20$). Statistischer Test: T-Test für unabhängige Stichproben (zweiseitig); * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,01$; *** = $P \leq 0,001$.

Der Bulle (Ha) wies morgens und abends im Mittel höhere Corticosteronkonzentrationen im Speichel auf als die vier Weibchen.

Insgesamt zeigte jedes der fünf Tiere im Mittel morgens höhere Speichel-Corticosteronkonzentrationen als abends.

Die Erhöhung der Speichel-Corticosteronkonzentrationen während der geklumpten Futersituation war gemessen in Prozent der Konzentrationen während der dispersen Situation für jedes Tier im Mittel morgens (und abends) unterschiedlich: Harry = 30 % (28 %), Natala 21 % (17 %), Vicky 17 % (19 %), Emily 54 % (31 %) und Emmi 34 % (37 %).

3.2.3 Hormonkonzentration in Abhängigkeit des Stallwechsels

Drei Monate nach Ende des Futterexperiments wechselten die Kühe Natala und Vicky aus ihren Innenställen in die neue Nashornhalle. Beim Ausstallen am nächsten Morgen geschah ein Unfall, durch den die beiden Tiere in Panik gerieten und sich leichte Verletzungen zuzogen. An vier Tagen vor und an sechs Tagen nach diesem Ereignis wurde von allen fünf Nashörnern Speichel entnommen. Die Konzentrationen der vor dem Unfall entnommenen Speichelproben werden als Ausgangswerte bezeichnet.

Die unbeteiligten Tiere (Ha, El und Em) wiesen nach dem Stallwechsel von Natala und Vicky keine veränderten Speichel-Corticosteronkonzentrationen im Vergleich zu ihren Ausgangswerten auf (s. Abb. 36a).

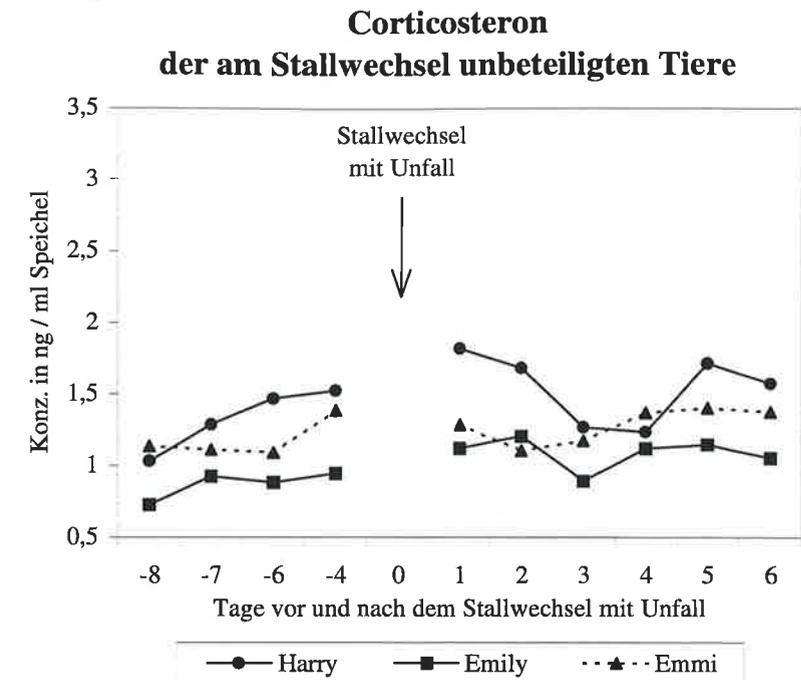


Abb. 36a: Speichel-Corticosteronkonzentrationen der unbeteiligten Nashörner vor und nach dem Stallwechsel von Natala und Vicky. Jeder Punkt stellt einen Einzelwert eines Tiers dar.

Die beiden betroffenen Kühe Natala und Vicky ließen sich am ersten Tag nach ihrem Stallwechsel mit Unfall keine Speichelprobe entnehmen.

Am zweiten Tag nach dem Unfall zeigten sowohl Natala als auch Vicky im Vergleich zu ihren Ausgangswerten signifikant⁵ erhöhte Speichel-Corticosteronkonzentrationen (s. Abb. 36b). Der erhöhte Titer entsprach bei Natala 200 % und bei Vicky 380 % des Mittelwerts der Ausgangskonzentrationen.

Während sich bei Natala die Corticosteronkonzentration im Speichel bereits ab dem dritten Tag nach dem Unfall so weit verringert hatte, dass sie sich nicht mehr von den Ausgangswerten unterschied, fiel die Corticosteronkonzentration im Speichel von Vicky nur sehr langsam. Bei dieser Kuh konnten noch am sechsten Tag nach dem Unfall signifikant erhöhte Speichel-Corticosteronkonzentrationen gefunden werden.

⁵ In Anlehnung an die Arbeiten von GRAHAM & BROWN (1996) und GOYMANN et al. (1999) wird ein Einzelwert als signifikant erhöht zu den Ausgangswerten bezeichnet, wenn er den Mittelwert der Ausgangskonzentrationen + 3 SD übertrifft.

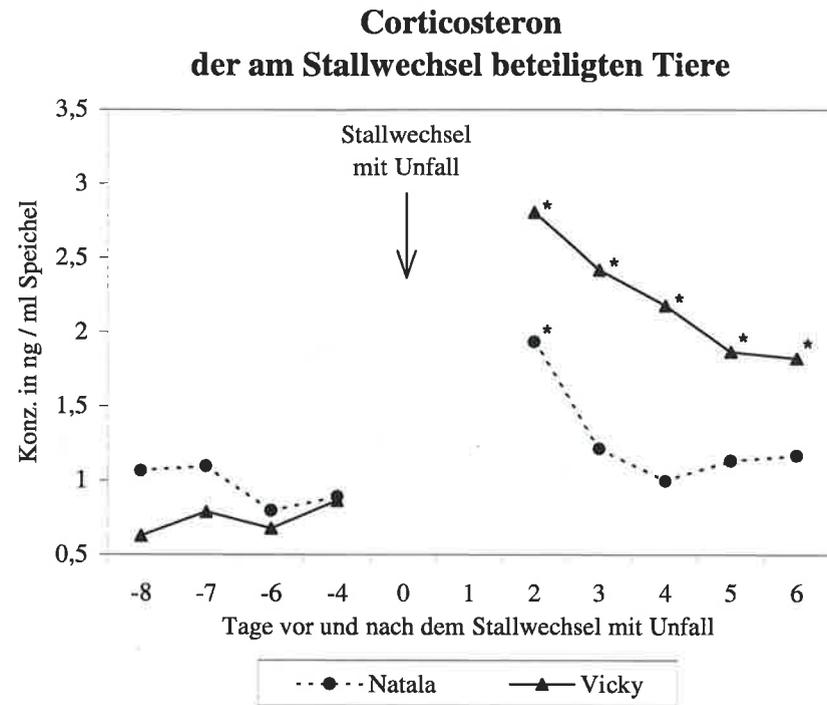


Abb. 36b: Speichel-Corticosteronkonzentrationen der Nashörner Natala und Vicky vor und nach ihrem Stallwechsel. Jeder Punkt stellt einen Einzelwert eines Tiers dar (am ersten Tag nach dem Unfall ließen sich die Tiere kein Speichel entnehmen); * = übertrifft Mittelwert der Ausgangskonzentrationen + 3 SD.

3.2.4 Hormonkonzentration in Abhängigkeit des Transports

Etwa zehn Monate nach dem Fütterungsexperiment wurde die Nashornkuh Natala vom Zoo Münster zum Tierpark Erfurt transportiert. Nach zwei Tagen der Eingewöhnung in der neuen Umgebung wurde Natala mit zwei fremden, erwachsenen Artgenossen vergesellschaftet. An fünf Tagen vor und an acht Tagen nach dem Transport wurden von Natala und von der in Münster verbliebenen Vicky Speichelproben genommen. Die Konzentrationen der vor dem Transport gewonnenen Proben werden als Ausgangswerte bezeichnet.

Vicky wies nach dem Transport von Natala keine veränderten Speichel-Corticosteronkonzentrationen im Vergleich zu ihren Ausgangswerten auf (s. Abb. 37).

Natala ließ sich am ersten Tag nach ihrem Transport keine Speichelprobe entnehmen. Am zweiten Tag nach dem Transport zeigte Natala im Vergleich zu ihren Ausgangswerten eine signifikant erhöhte Speichel-Corticosteronkonzentration (s. Abb. 37). Der erhöhte Titer entsprach 250 % des Mittelwerts der Ausgangskonzentrationen. Am nächsten Morgen war die Speichel-Corticosteronkonzentration stark verringert, lag aber noch signifikant höher als die Ausgangswerte. Nach Natalas Vergesellschaftung stieg ihre Corticosteronkonzentration wieder an. Bis zum letzten Tag der Probenentnahme (acht Tage nach dem Transport) blieb die Corticosteronkonzentration in Natalas Speichel im Vergleich zu den Ausgangswerten signifikant erhöht.

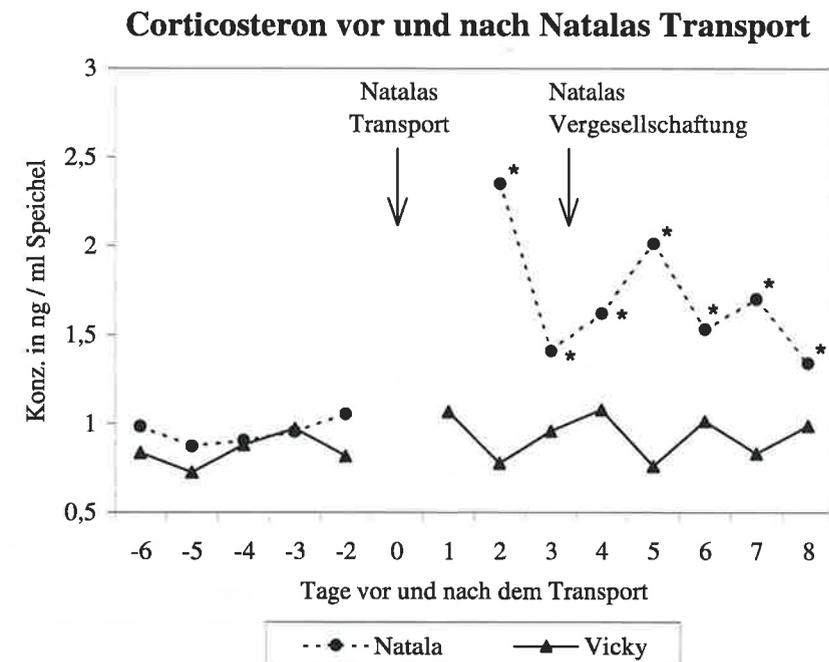


Abb. 37: Speichel-Corticosteronkonzentrationen der Nashörner Natala und Vicky vor und nach dem Transport von Natala. Jeder Punkt stellt einen Einzelwert eines Tiers dar (am ersten Tag nach dem Transport ließ sich Natala kein Speichel entnehmen); * = übertrifft Mittelwert der Ausgangskonzentrationen + 3 SD.

3.2.5 Zusammenfassung Hormonkonzentrationen

Vergleich Blut - Serum: Sowohl für Cortisol als auch für Corticosteron konnte eine hohe positive Korrelation zwischen den im Serum und den im Speichel gemessenen Konzentrationen nachgewiesen werden.

Vergleich Cortisol - Corticosteron: Im Serum lag die Konzentration von Cortisol doppelt so hoch wie die von Corticosteron. Im Speichel war die Konzentration von Corticosteron viermal so hoch wie die von Cortisol.

Konzentrationen im Tagesverlauf: Am Morgen (8⁰⁰ Uhr) wurden die höchsten Speichel-Corticosteronkonzentrationen gefunden. Sie verringerten sich in den nächsten zwei Stunden um etwa 30 % und blieben bis zum Abend auf diesem Niveau.

Methoden-Tests: Es zeigten sich keine Veränderungen in den Corticosteronkonzentrationen, wenn der Speichel a) direkt mit der Watterolle oder erst mit einem Handschuh aufgenommen wurde, b) eine oder drei Stunden auf Eis zwischengelagert wurde oder c) unzentrifugiert in der Salivette oder nach Zentrifugation in einem Reaktionsgefäß eingefroren wurde.

Fütterungsexperiment: Jedes der fünf Breitmaulnashörner wies sowohl morgens als auch abends signifikant höhere Speichel-Corticosteronkonzentrationen an Tagen der geklumpten Futtersituation auf als an Tagen der dispersen Futtersituation. Die Erhöhung der Mittelwerte lag dabei zwischen 17 - 54 %.

Stallwechsel mit Unfall: Während die unbeteiligten Nashörner keine Veränderungen der Speichel-Corticosteronkonzentrationen zeigten, konnten im Speichel der beteiligten Tiere nach dem Unfall stark erhöhte Corticosterontiter nachgewiesen werden, die 200 % bzw. 380 % der Ausgangswerte entsprachen.

Transport: Nataka wies nach ihrem Transport im Speichel eine erhöhte Corticosteronkonzentration auf, die 250 % der Ausgangswerte entsprach. Die nicht transportierte Kuh Vicky zeigte keine Veränderung in ihrer Speichel-Corticosteronkonzentration.

4. DISKUSSION

Ziel dieser Arbeit war es, an Breitmaulnashörnern im Zoo die Auswirkungen der Futterverteilung mit einem verhaltensendokrinen Ansatz zu untersuchen sowie den Einfluss von Stallwechsel und Transport auf den Belastungszustand der Tiere zu prüfen.

Bevor nun die Befunde der Studie diskutiert werden, soll zunächst die Wahl der angewandten Methoden erörtert werden.

4.1 Zu den Methoden

4.1.1 Ein Versuchsdesign mit wiederholtem Wechsel zweier Situationen

Tiere in menschlicher Obhut unterliegen multifaktoriellen Haltungsbedingungen, die verschiedenen Bereichen entstammen: z. B. Klima, Raumangebot, Pflegemaßnahmen, biotische oder abiotische Gehegeeinrichtung (BERGER et al. 1986).

Um zu ermitteln, welche Bedeutung ein einzelner Faktor besitzt, müssen sämtliche Haltungsbedingungen konstant gehalten werden und nur der zu untersuchende Faktor wird in standardisierter Form systematisch verändert. Dies ist bei Untersuchungen an Labor- und Nutztieren ausreichend zu bewerkstelligen. Hier stehen auch genügend Tierindividuen und Räumlichkeiten zur Verfügung, um anhand einer hohen Tierzahl und den entsprechenden Kontrollgruppen allgemein gültige Aussagen treffen zu können. Für Untersuchungen an Zootieren trifft dies i. d. R. nicht zu. Insbesondere bei Tieren mit enormen Platzansprüchen - wie das bei den in dieser Studie untersuchten Breitmaulnashörnern der Fall ist - steht nur eine beschränkte Anzahl an Haltungen zur Verfügung, welche sich zudem in vielen Faktoren unterscheiden. Aus dem Vergleich solcher Haltungen lassen sich zwar Hinweise auf die Bedeutung verschiedener Haltungsbedingungen ableiten (MELLEN 1994), direkte Zusammenhänge zwischen einzelnen Faktoren und z. B. Unterschiede im Verhalten der Tiere sind auf diesem Wege aber kaum zu ermitteln. Um den Einfluss eines einzelnen Haltungsfaktors zu untersuchen, erfordern die geringen Tierzahlen im Zoo, dass ein Tier als seine eigene Kontrolle herangezogen wird. Dazu wird dasselbe Tier nacheinander den Situationen A und B ausgesetzt, wobei sich A und B in nur einem Haltungsfaktor unterscheiden (MARTIN & BATESON 1994). Im Bemühen um die Konstanz der übrigen Haltungsbedingungen bleiben im Zoo aber vor allem zwei Faktoren unkontrollierbar: das Wetter und die Besucher. Beide Faktoren üben nachweislich einen erheblichen Einfluss auf das

Verhalten von Tieren aus. So zeigten alle Breitmaulnashörner dieser Studie signifikant länger *Hornreiben*, wenn es regnete, als wenn es trocken war (s. Kap. 3.1.1, S. 29). Ferner belegte KALTHOFF (2000) für diese Tierart Unterschiede im Verhalten in Abhängigkeit der Besucheranzahl sowie in Abhängigkeit der von den Besuchern ausgehenden optischen und akustischen Reize.

Um die unkontrollierbaren Faktoren möglichst gleichmäßig auf die Situationen A und B zu verteilen, ist es von Nöten, die Tiere mehrfach den beiden Situationen auszusetzen. Daraus entsteht ein Versuchsdesign mit wiederholtem Wechsel zweier Situationen (A-B-A-B-A-B...), wie es im Fütterungsexperiment der vorliegenden Arbeit angewandt wurde.

Ein Versuchsdesign mit wiederholtem Wechsel birgt aber auch Gefahren: So könnte ein Tier im Laufe des Experiments aufgrund von Lernprozessen wie Konditionierung oder Habituation mit einer veränderten Verhaltensantwort auf die gleiche gebotene Bedingung reagieren (MARTIN & BATESON 1994). Dasselbe Tier reagiert also auf eine im Verlauf des Experiments „frühe“ Phase der Situation A anders als auf eine „späte“ Phase dergleichen Situation. Wenn dem so wäre, könnten die Werte der einzelnen Phasen der Situation A nicht zu einem Datenpool zusammengefasst werden. Daher wurde exemplarisch an der morgens beobachteten Häufigkeit des *offensiv-aggressiven Verhaltens mit Futter* überprüft, ob es zu Verhaltensänderungen im Laufe des Fütterungsexperiments gekommen war. Sowohl in den fünf Phasen der dispersen Fütterung als auch in den fünf Phasen der geklumpten Fütterung zeigte keines der fünf Breitmaulnashörner *offensiv-aggressives Verhalten mit Futter* unterschiedlich häufig (s. Kap. 3.1.2, S. 30). Der mögliche Einfluss von Lernprozessen auf das Verhalten der Nashörner im Fütterungsexperiment ist daher mit hoher Wahrscheinlichkeit vernachlässigbar. Dementsprechend wurden die Daten der einzelnen Phasen A bzw. B für die statistische Untersuchung zusammengefasst (s. Kap. 2.6, S. 27).

4.1.2 Glucocorticoidkonzentrationen als Indikatoren für Stress

Glucocorticoide besitzen im Organismus eines Wirbeltieres vielfältige regulatorische Funktionen (zur Übersicht: DÖCKE 1994; ECKERT 1993; SPINDLER 1997). Ihre wichtigste Eigenschaft, die Förderung der Gluconeogenese, war für diese Steroide namensgebend. Durch Beeinflussung von Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel führen erhöhte Glucocorticoidwerte zu einer Erhöhung des Blutglucosespiegels.

Darüber hinaus wirken Glucocorticoide antiphlogistisch, antiallergisch und immunsuppressiv. Gebildet und in den Blutkreislauf ausgeschüttet werden sie von der Nebennierenrinde, deren Aktivität durch eine erhöhte Konzentration von Adrenocorticotropin (ACTH), einem Peptidhormon der Adenohypophyse, gesteigert wird. Eine verstärkte ACTH-Ausschüttung wird durch das Corticotropin-Releasing-Hormon (CRH) bewirkt. Dieses im Hypothalamus gebildete Peptidhormon gelangt direkt über die Pfortadergefäße in die Adenohypophyse. Die Freisetzung von CRH, und somit auch die Sekretion der Glucocorticoide, wird durch endogene und exogene Reize beeinflusst.

Schon früh zeigte SELYE (1936), dass so unterschiedliche Faktoren wie Hitze, Kälte, Lärm, Strahleneinwirkung, Infektion, Verletzung und starke Muskelanstrengung zu einer Erhöhung der Nebennierenrindenaktivität führen können. Er bezeichnete die Faktoren als „Stressoren“, die Antwort des Organismus darauf nannte er „Stress-Reaktion“ (SELYE 1988). Aus weiterführenden Arbeiten ist bekannt, dass auch Artgenossen als Stressoren wirken können (VON HOLST 1974, 1994, 1998; SACHSER 1994a; SACHSER & LICK 1991) und dass die Stärke der Stress-Antwort zudem von emotionalen Prozessen beeinflusst wird (HENRY & STEPHENS 1977; MASON 1968b; URSIN & OLFF 1993).

Die kurzfristige Aktivierung des Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems kann als Anpassungsmechanismus verstanden werden, der dem Organismus die nötige Energie bereitstellt, um auf belastende Situationen reagieren zu können (AXELROD & REISINE 1984; HENRY & STEPHENS 1977; VON HOLST 1994, 1998; MUNCK et al. 1984). Wird das System chronisch überaktiviert, können durch Immundefizite gesundheitliche Schäden auftreten, die bis zum Tod führen (BRADLEY et al. 1980; HENRY 1982; HENRY & STEPHENS 1977; VON HOLST 1993, 1998; SACHSER 1994a, 1994b; SAPOLSKY 1992a).

Glucocorticoidkonzentrationen im Blut gelten daher als zuverlässige Indikatoren für den Belastungszustand vieler Wirbeltiere (Fische: BONGA 1997; DONALDSON 1981; Reptilien: GREENBERG & CREWS 1990; KNAPP & MOORE 1997; Vögel: SILVERIN 1997; WINGFIELD et al. 1995; Säugetiere: ARMARIO et al. 1986; ASSIA et al. 1989; CARLSTEAD et al. 1993a; BROOM et al. 1996; ELVIDGE et al. 1976; GONCHAROV et al. 1979; HENNESSY et al. 1979; JUDD & RIDGWAY 1975 zitiert in BERTELSMANN 1999; SACHSER 1987; SAPOLSKY 1982).

Cortisol und Corticosteron sind die beiden wichtigsten Glucocorticoide. Sie sind in ihren biologischen Funktionen und damit auch in ihrer Eignung als Stressindikator synonym (BROOM & JOHNSON 1993; VON HOLST 1998). Das Verhältnis der Konzentrationen, mit denen die beiden Steroide im Blut vorliegen, ist sehr unterschiedlich. Während Amphibien, Reptilien und Vögel fast ausschließlich Corticosteron produzieren, ist bei den meisten Fischen Cortisol das vorherrschende Glucocorticoid (BENTLEY 1998). Für Säugetiere wurde gezeigt, dass das Verhältnis der beiden Steroide von Art zu Art, zwischen Individuen einer Art und sogar bei einem Einzeltier unterschiedlich sein kann. Der Anteil von Cortisol an der Summe aus Cortisol und Corticosteron beträgt z. B. für Tüpfelhyänen 96 % (GOYMANN 1999), Primaten über 95 % (BUSH 1953), Hausmeerschweinchen 95 % (MALINOWSKA & NATHANIELSZ 1974), Hausschafe 94 % (BUSH 1953), Waldtisse 90 % (ROSENTHAL et al. 1993), Wildmeerschweinchen 88 % (SCHWARZ-WEIG 1998), Hauspferde 86 % (BOTTOMS et al. 1972), Haushunde 85 % (BUSH 1953), verschiedene Hausrinderrassen 80-60 % (VENKATASESHU & ESTERGREEN 1970), Mähnenhirsche 79 % (VAN MOURIK et al. 1985), Hausschweine 77 % (BOTTOMS et al. 1972) und Tupajas 43 % (KAISER 1996). Für Weißwedelhirsche kann der Anteil des Cortisols innerhalb einer Population zwischen 50 und 97,5 % variieren (SMITH & BUBENIK 1990). Veränderungen des Cortisol-Corticosteron-Verhältnisses im Tages- und Jahresverlauf wurden an Goldhamstern nachgewiesen (ALBERS et al. 1985). Für Breitmaulnashörner lagen zwar Angaben zur Cortisolkonzentration vor, ein Vergleich zwischen Cortisol- und Corticosteronkonzentrationen fehlte aber bislang.

VAN HEERDEN et al. (1985, 1994) nennen für im Freiland narkotisierte Breitmaulnashörner Cortisolkonzentrationen zwischen 1,7 und 44,4 ng/ml Serum ($\bar{x} \pm SD$: $9,5 \pm 11,7$ ng/ml Serum). KOCK et al. (1995) fanden unter ähnlichen Bedingungen in Abhängigkeit des Alters der Tiere sowie in Abhängigkeit des verwendeten Narkosemittels mittlere Cortisolkonzentrationen zwischen $\bar{x} \pm SD$: $17,7 \pm 1,2$ ng/ml und $32,0 \pm 15,0$ ng/ml Serum. Für 16 juvenile Artgenossen im Zoo maßen SEAL et al. (1976) eine mittlere Cortisolkonzentration von $\bar{x} \pm SD$: $8 \pm 5,6$ ng/ml Serum. Die in der vorliegenden Studie ermittelten Cortisoltitel lagen zwischen 4,25 und 15,68 ng/ml Serum ($\bar{x} \pm SD$: $7,9 \pm 4,1$ ng/ml Serum) und stimmen mit den bisher beschriebenen Konzentrationen gut überein. Die größere Variabilität und auch die z. T. höheren Absolutwerte der im Freiland gewonnenen Daten könnten sowohl auf die stark variierende Zeitspanne zwischen Narkose und Probenentnahme (5 - 80 min) als auch

auf die unter diesen Bedingungen aufwendigere Prozedur zurückzuführen sein, welche der Narkose der Tiere vorausgeht (z. B. Aufspüren und Verfolgen der Nashörner).

Die Serum-Cortisolkonzentrationen der Breitmaulnashörner sind vergleichbar mit denen der Mittelamerikanischen Tapire (BROWN et al. 1994), liegen aber deutlich niedriger als die für Spitzmaulnashörner (VAN HEERDEN 1994) oder Hauspferde (RALSTON et al. 1988) beschriebenen Titer. Die im Vergleich mit verwandten Arten recht niedrigen Cortisolkonzentrationen veranlassten SEAL et al. (1976) zu der Vermutung, dass nicht Cortisol, sondern Corticosteron das Hauptglucocorticoid der Breitmaulnashörner ist. Die Daten der vorliegenden Studie widerlegen diese Hypothese, da alle untersuchten Tiere signifikant höhere Cortisol- als Corticosteronkonzentrationen im Serum aufwiesen. Das Verhältnis von Cortisol zu Corticosteron betrug im Mittel etwa 2 : 1. Cortisol stellt demnach das vorherrschende Glucocorticoid im Serum der Breitmaulnashörner dar.

4.1.3 Die Messung von Glucocorticoidkonzentrationen

Die im Blut zirkulierenden Glucocorticoide liegen zum Großteil proteingebunden vor. Beim Menschen bilden nur knapp 5 % der Cortisolkonzentration im Blut die freie, ungebundene Fraktion, der Rest ist überwiegend mit dem Corticosteroid-bindenden-Globulin (CBG) assoziiert (DAUGHADAY 1958; KIRSCHBAUM 1991). Da nur ungebundenen Steroiden der Zugang zu ihren Zielzellen möglich ist, gilt bis heute die freie Fraktion als der biologisch aktive Anteil („free hormone hypothesis“: ROBBINS & RALL 1957; MENDEL 1989; ROSNER 1990; aber: EKINS 1990). Die gebundene Fraktion soll dem Organismus als Corticosteroid-Vorrat dienen (BONDY 1985; WESTPHAL 1983). Der Messung der freien Fraktion, für die unterschiedliche Methoden zur Verfügung stehen (zur Übersicht: BRIEN 1980), wird daher die größere Relevanz zugesprochen. Teilweise konnten Diskrepanzen zwischen der noch überwiegend üblichen Gesamtkonzentrationsbestimmung und der Bestimmung der freien Fraktion nachgewiesen werden: Bei Pferden, die sozialen Stressoren ausgesetzt wurden, stieg im Blut die Konzentration an freiem Cortisol. Da sich zudem die Kapazität von CBG verringerte, traten Veränderungen in der Gesamtkonzentration an Cortisol aber nicht auf (ALEXANDER & IRVINE 1998).

In der Regel stellt bereits die Blutentnahme einen Stressor dar, der innerhalb weniger Minuten zu einer Erhöhung der Glucocorticoidtiter im Blut führt (GELHAR 1994 zitiert in KAISER 1996; REINHARDT et al. 1990; SACHSER 1994a). Um basale Glucocorticoidkonzentrationen im Blut zu messen, muss daher die Blutentnahme innerhalb weniger Minuten abgeschlossen sein. Da dies meist nicht zu realisieren ist (Ausnahme z. B. SACHSER 1994a), werden bei Labor- oder Nutztieren Venenverweilkatheter gesetzt, durch die - nach einer gewissen Gewöhnungszeit - belastungsfrei Blut entnommen werden kann (BATE & HACKER 1985; MEBMANN 1998; ROBIA 1998). Für Serienuntersuchungen sowie für Studien an Wildtieren ist aber auch diese Methode nicht praktikabel. Hier stehen inzwischen nicht-invasive Techniken zur Verfügung, d. h. die Messung von Glucocorticoiden aus Speichel, Urin oder dem Kot der Tiere. Im Gegensatz zur Blutentnahme ist die Gewinnung von Speichel, Urin und Kot stressfrei und ohne medizinische Kenntnisse durchführbar. Da Glucocorticoide von Art zu Art unterschiedlich stark über Urin oder Kot ausgeschieden (BAHR et al. 1998; GRAHAM & BROWN 1996) und dabei teilweise metabolisiert werden, müssen für jede einzelne Tierart zunächst die Hauptausscheidungs- und Metabolisierungswege identifiziert sowie die Relevanz der Messung validiert werden (Urin: BEERDA et al. 1996; CARLSTEAD et al. 1992; BROWN et al. 1995; D'AGOSTINO 1998; RALSTON et al. 1988; ROSENTHAL & MASON 1959; SMITH & FRENCH 1997 zitiert in SMITH et al. 1998; Kot: DEHNHARD et al. 1998; GOYMANN 1999; JURKE et al. 1997; PALME & MÖSTL 1997; PALME et al. 1999; SOUSA & ZIEGLER 1998; WALLNER et al. 1997; WHITTEN et al. 1997). In den Speichel hingegen gelangen die freien Glucocorticoide aus der Blutbahn primär über passive Diffusion (Vining & MCGINLEY 1986). Es kann daher davon ausgegangen werden, dass für die Messung von Glucocorticoidkonzentrationen im Speichel unabhängig von der Tierart herkömmliche Cortisol- bzw. Corticosteron-spezifische Assaysysteme herangezogen werden können (Assaysysteme: KIRSCHBAUM 1991; KIRSCHBAUM & HELLHAMMER 1989; RIAD-FAHMY et al. 1982). Da zudem die Konzentration von Glucocorticoiden im Speichel unabhängig von der Speichelflussrate ist (FELL & SHUTT 1986; FERGUSON et al. 1980; KAHN et al. 1988; Vining et al. 1983b; Vining & MCGINLEY 1986), konnten für den Menschen und für verschiedene Tierarten gute Übereinstimmungen zwischen der Glucocorticoidkonzentration im Speichel und der Konzentration der freien Fraktion bzw. der Gesamtkonzentration im Blut nachgewiesen werden (Mensch: BURKE et al. 1985; COOK et al. 1987; RIAD-FAHMY et al. 1982; UMEDA et al. 1981; Vining et al. 1983a, 1983b; Hausmeerschweinchen: FENSKE 1997;

Hauschaf: FELL et al. 1985; Hausziege: GREENWOOD & SHUTT 1992; Hausrind: FELL & SHUTT 1986; Hauspferd: LEBELT et al. 1996; Haushund: VINCENT & MICHELL 1992; siehe aber: Hausschwein: BLACKSHAW & BLACKSHAW 1989). In der vorliegenden Studie fanden sich ähnlich gute Übereinstimmungen für die Glucocorticoidkonzentrationen der Breitmaulnashörner: Sowohl für Cortisol als auch für Corticosteron konnte eine hohe positive Korrelation zwischen den im Serum und den im Speichel gemessenen Konzentrationen signifikant abgesichert werden (s. Kap. 3.2.1.1, S. 67). Auffälligerweise lag das Verhältnis von Cortisol zu Corticosteron, welches im Plasma im Mittel etwa 2 : 1 betrug, im Speichel bei etwa 1 : 4. Dieser Unterschied kann hypothetisch an mehreren Faktoren liegen. Wie bereits erwähnt ist im Blut der Großteil der Corticosteroide mit dem Corticosteroid-bindenden Globulin (CBG) assoziiert (GAYRARD et al. 1996). CBG bindet sowohl Cortisol als auch Corticosteron (DUNN et al. 1981). Für den Menschen, für Rinder und insbesondere für Katzen fanden SEAL & DOE (1966), dass CBG ein höheres Bindungsvermögen für Cortisol als für Corticosteron hat. Träfe diese Eigenschaft auch für CBG im Blut von Breitmaulnashörnern zu, wäre das Verhältnis von gebundener zu ungebundener Fraktion für Cortisol und Corticosteron verschieden. Die ermittelten Unterschiede lägen demnach daran, dass im Serum für beide Hormone jeweils die Gesamtkonzentration aus gebundener und ungebundener Fraktion gemessen wurde, im Speichel aber nur die freie Fraktion der Steroide erkennbar ist (KIRSCHBAUM 1991). Ferner können die unterschiedlichen Verhältnisse auch auf enzymatischen Veränderungen der Corticosteroide beruhen. Das Enzym 11 β -Hydroxysteroid-Dehydrogenase (11 β -HSD) wandelt Cortisol in Cortison und Corticosteron in 11-Dehydrocorticosteron um (zur Übersicht: STEWART & KROZOWSKI 1999). In den Speicheldrüsen des Menschen wurde 11 β -HSD bereits nachgewiesen (LANDON et al. 1984; MEULENBERG & HOFMAN 1990). Vermutlich kommt dieses Enzym auch in den Speicheldrüsen von Nashörnern vor. Würde 11 β -HSD dort Cortisol stärker metabolisieren als Corticosteron, könnte ein verändertes Verhältnis der Corticosteroide gefunden werden, da die verwendeten Antikörper die Metabolite unterschiedlich stark binden (s. Kreuzreaktionen der Antikörper, Kap. 2.5.1.2, S. 25). Letztendlich kann aber auch die unterschiedliche Polarität von Cortisol und Corticosteron die verschiedenen Verhältnisse verursachen. Cortisol ist aufgrund einer zusätzlichen Hydroxygruppe polarer als Corticosteron (STRYER 1990). Da die freien Steroide in erster Linie über passive Diffusion aus dem Blut in den Speichel gelangen

(VING & MCGINLEY 1984, 1986), sollte das weniger polare Corticosteron besser die Lipidmembranen durchdringen können als Cortisol.

Glucocorticoide werden von der Nebennierenrinde pulsativ ins Blut ausgeschüttet und zeigen dort in Abwesenheit von Stressoren mehr oder minder deutliche, circa- oder ultradiane Konzentrationsschwankungen (Mensch: WEITZMANN et al. 1971; Hausmeerschweinchen: SACHSER 1994a; Laborratte: FLESHNER et al. 1995; Hausschaf: FULKERSON & TANG 1979; Hausschwein: BOTTOMS et al. 1972; Hausrind: THUN et al. 1981; Hauspferd: IRVINE & ALEXANDER 1994; Rhesusaffe: SMITH & NORMAN 1987; Leierhirsch: MONFORT et al. 1993). Die Glucocorticoidkonzentrationen im Speichel unterliegen ebenfalls einem solchen Tagesgang (Mensch: KIRSCHBAUM 1991; Hausschwein: RUIS et al. 1997; Hauspferd: LEBELT et al. 1996; Elefant: EXNER & ZANELLA 1998). Auch die Breitmaulnashörner dieser Studie zeigten in ihren Speichel-Corticosteronkonzentrationen deutliche Unterschiede im Tagesverlauf, wobei die höchsten Konzentrationen am Morgen gemessen wurden und sich ein zweiter Peak am frühen Nachmittag (15⁰⁰ Uhr) andeutete (s. Kap. 3.2.1.2, S. 69). Der deutliche Unterschied zwischen den morgens und abends gemessenen Konzentrationen wird durch die während des Fütterungsexperiments erhobenen Daten bestätigt: Jedes der fünf Breitmaulnashörner wies im Mittel morgens (8⁰⁰ Uhr) höhere Corticosteronkonzentrationen im Speichel auf als am Abend (19⁰⁰ Uhr) (s. Kap. 3.2.2, S. 71). KALTHOFF (2000), der für seine Untersuchung von denselben Tieren am frühen Nachmittag - zum Zeitpunkt des zweiten Peaks (s. o.) - Speichelproben entnahm, wies bei identischer Analysetechnik Corticosteronkonzentrationen nach, die im Mittel etwa zwischen den morgens und abends erhobenen Werten lagen. Zusammen mit den Befunden von ZANELLA et al. (1997), der für die nahe verwandten Spitzmaulnashörner keinen Unterschied zwischen den um 8⁰⁰ und 15⁰⁰ Uhr gemessenen Speichel-Cortisolkonzentrationen berichtet, weisen die Ergebnisse auf die Existenz eines zweiten Peaks am frühen Nachmittag hin. Um einen circadianen Rhythmus des Speichel-Corticosterontiters zu charakterisieren, fehlen aber Angaben über die Konzentrationen während der Nachtphase. Geht man davon aus, dass Erhöhungen in den Glucocorticoidkonzentrationen mit Wach- bzw. Aktivitätsphasen in Zusammenhang stehen (BETZ et al. 1991) und Breitmaulnashörner sowohl im Freiland (HILLMAN-SMITH 1997; OWEN-SMITH 1988; PLAYER & FEELY 1960) als auch im Zoo (O'CONNOR 1986; eigene Beobachtungen) in der Nacht aktive Phasen zeigen, so können für die Nachtphase

weitere Peaks erwartet werden. Festzuhalten bleibt, dass die Speichel-Corticosteronkonzentrationen der untersuchten Breitmaulnashörner deutliche Schwankungen im Tagesverlauf aufwiesen. Um diesen potentiellen Einfluss bei der Messung zu minimieren, wurden die Probenentnahmen während des Fütterungsexperiments immer zur gleichen Tageszeit durchgeführt (s. Kap. 2.3.1, S. 13). Zudem erfolgte eine sehr große Anzahl an Probenentnahmen (insgesamt 400 Proben).

Steroidkonzentrationen in Speichelproben gelten als sehr stabil. Lagerungen bis zu 7 Tage auf Eis oder bis 9 Monate bei -20°C führten zu keinen Veränderungen der Steroidkonzentrationen in Speichelproben des Menschen (RIAD-FAHMY et al. 1982). Auch ein simuliertes Verschicken im ungefrorenen Zustand erbrachte nach fünf Tagen keine Unterschiede (CLEMETS & PARKER 1998). KIRSCHBAUM & HELLHAMMER (1994) fanden selbst nach mehrwöchiger Lagerung bei Raumtemperatur keine Konzentrationsänderungen, betonen aber, dass die Entnahme des Speichels nicht unmittelbar nach einer Mahlzeit erfolgen darf. Da entsprechende Angaben für Speichelproben von Breitmaulnashörnern fehlten und zudem nicht ausgeschlossen werden konnte, dass die Proben der untersuchten Tiere geringe Futterreste (Heu, Stroh oder Brötchen) enthielten, wurden in der vorliegenden Studie neben den Einflüssen durch die Entnahmetechnik auch Veränderungen durch die Lagerung der Proben untersucht.

Bei den Breitmaulnashörnern erfolgte die Entnahme der Speichelproben mit Hilfe von Salivetten (s. Kap. 2.5.2.1, S. 26). Während SCHMIDT (1995) den Nashornspeichel direkt mit der Watterolle der Salivette im Maul der Tiere aufnahm, wurde in dieser Studie den Tieren mit einem Handschuh ins Maul gefasst und über die Zunge gestrichen. Der am Handschuh hängengebliebene Speichel wurde dann außerhalb des Nashornmauls mit der Watterolle aufgenommen. Die veränderte Entnahmetechnik wurde nötig, um das durch die verglichen mit SCHMIDT (1995) deutlich größere Anzahl an Probenentnahmen erhöhte Risiko, die Watterolle im Maul des Tieres zu verlieren, ganz auszuschließen. Ein Vergleich der beiden Entnahmetechniken erbrachte keine Beeinflussung der gemessenen Steroidkonzentration: Speichelproben, die sich nur in der Art der Entnahme unterschieden, wiesen keinen Unterschied in der Konzentration an Corticosteron auf (s. Kap. 3.2.1.3, S. 70).

Hinsichtlich der Lagerung der Speichelproben wurden zwei Faktoren untersucht, die Verweildauer der Probe auf Eis und der Aufbereitungszustand, in dem die Probe

gefroren gelagert wurde. Für den ersten Faktor zeigte sich, dass es keinen Einfluss auf die Corticosteronkonzentration der Probe hat, wenn der Speichel in der Salivette eine oder drei Stunden auf Eis stand (s. Kap. 3.2.1.3, S. 70). Darüber hinaus konnte belegt werden, dass es ebenfalls keinen Einfluss auf die Konzentration von Corticosteron hat, ob der Speichel unzentrifugiert in der Salivette oder nach Zentrifugation in einem Reaktionsgefäß tiefgefroren gelagert wurde (s. Kap. 3.2.1.3, S. 70). Aufgrund dieser Ergebnisse konnte bei der Probengewinnung in den Zoos außerhalb von Münster die Lagerung des Nashornspeichels flexibler gehandhabt werden.

4.2 Zum Fütterungsexperiment

Die fünf Südlichen Breitmaulnashörner im Allwetterzoo Münster wurden einem Fütterungsexperiment ausgesetzt, welches den Einfluss der Futterverteilung auf das Verhalten und den Belastungszustand der Tiere klären sollte. Dazu wurde den Nashörnern morgens auf der gemeinsamen Außenanlage eine begrenzte Menge Heu entweder als ein einzelner Haufen (geklumpt) oder als fünf weit auseinander liegende Haufen (dispers) geboten. Entsprechend dieser beiden Heuverteilungen wurde im Fütterungsexperiment zwischen Tagen der geklumpten Futtersituation und Tagen der dispersen Futtersituation unterschieden. Betont werden soll hier, dass eine zweite gemeinsame Fütterung am Nachmittag immer in der dispersen Futterverteilung erfolgte. Dadurch sollte überprüft werden, ob mögliche Veränderungen, die durch die unterschiedliche Futterverteilung am Morgen verursacht wurden, durch eine zweite Fütterung am Nachmittag kompensiert werden konnten. Die Hauptfütterung der Nashörner fand abends in den Innenstallungen statt, wo jedes Tiere allein und ungestört war. Die Hauptfütterung wurde während des Fütterungsexperiments nicht verändert.

Obwohl es bereits vor geraumer Zeit umfangreiche Überlegungen zur Ernährung von Wildtieren in Zoologischen Gärten gab (HEDIGER 1966; RATCLIFFE 1940), wurde dieses Thema in der Forschung lange stark vernachlässigt (KLEIMAN 1992; OFTEDAL & ALLEN 1996). Erst in der letzten Dekade ist die Anzahl der Untersuchungen über die Ernährung von Zootieren stark gestiegen (STOINSKY et al. 1998).

Die Gegenüberstellung von geklumpter und disperser Fütterung wurde bereits in mehreren experimentellen Studien für verschiedene Zootierarten angewandt. Die beiden Futtersituationen wurden i. d. R. dazu genutzt, um stark unterschiedliche Zustände der

Futterkonkurrenz zu schaffen. Anhand derer wurden für Primaten Voraussagen aus den ökologischen Modellen von WRANGHAM (1980) und VAN SCHAIK (1989) zur Evolution von Sozialsystemen überprüft (GORE 1993; KERSCHER & KAUMANN 1993; STAHL 1998), oder es wurde versucht, die Voraussagen dieser Modelle auf Huftiere zu übertragen (GANSLOBER & BRUNNER 1997; GANSLOBER & DELLERT 1997; THERMANN 1996; WOLF-KALTENHÄUSER 1996). Andere Autoren nutzten die unterschiedlichen Futterkonkurrenzsituationen, um Rangbeziehungen für den Beobachter transparenter zu machen (RADEMACHER 1997). Aber auch unabhängig von experimentellen Vorgaben können während der üblicherweise praktizierten Fütterung in verschiedenen Haltungen der selben Tierart extrem unterschiedliche Futterverteilungen beobachtet werden: Für Breitmaulnashörner erstreckt sich die Art der Futterdarbietung von der Weidenhaltung über großräumig verteilte Futterflächen bis hin zur Ein-Haufen-Fütterung (eigene Beobachtungen). Nach MEISTER (1997a) soll die Fütterung der Breitmaulnashörner in den meisten zoologischen Haltungen den als geklumpt beschriebenen Bedingungen entsprechen, obwohl die Haltungsrichtlinien für diese Tierart eine Gruppenfütterung empfehlen, in der jedem Individuum ein eigener Fressplatz zur Verfügung steht (GÖLTENBOTH et al. 1995).

Die vorliegende Studie widmet sich dem Wohlergehen von Breitmaulnashörnern unter den beiden genannten Fütterungsbedingungen. Dazu wurde der Einfluss der Futterverteilung sowohl auf das Individual- und Sozialverhalten der Tiere als auch auf die Häufigkeit von Verhaltensauffälligkeiten überprüft. Als physiologisches Maß für den Belastungszustand diente dabei die Konzentration von Corticosteron im Speichel der Nashörner.

4.2.1 Unterschiede im Verhalten aufgrund der Futterverteilung

Die unterschiedliche Heuverteilung am Morgen führte zu deutlichen Änderungen im Verhalten der Breitmaulnashörner. Unterschiede konnten sowohl im Individual- und Sozialverhalten als auch im Bereich der Verhaltensauffälligkeiten nachgewiesen werden.

4.2.1.1 Unterschiede im Individualverhalten

Im Bereich des Individualverhaltens wurde das Ruheverhalten, das Komfortverhalten, das Orientierungsverhalten sowie die Verhaltensweisen Fressen und Koten untersucht.

a) Ruheverhalten

Jedes der fünf untersuchten Breitmaulnashörner ruhte an Tagen der geklumpten Futtersituation signifikant kürzer als an Tagen der dispersen Futtersituation. Dieser Befund konnte sowohl am Morgen als auch am Nachmittag nachgewiesen werden.

Die unterschiedliche Futterverteilung am Morgen hatte demnach einen sehr starken Einfluss auf das Ruheverhalten der Nashörner, der sich nicht nur darin äußerte, dass alle fünf Tiere gleichermaßen reagierten, sondern auch darin, dass noch am Nachmittag das Verhalten der Tiere verändert war. Die Fütterung am Nachmittag, die immer in der dispersen Futtersituation stattfand, vermochte also nicht, den reduzierenden Effekt der geklumpten Fütterung am Morgen auf das Ruheverhalten der Tiere zu kompensieren.

Breitmaulnashörner ruhen im Freiland etwa 45 % des Tages und 35 % der Nacht (OWEN-SMITH 1973). Abgesehen von verlängertem Ruhen während starker Mittagshitze sollen sich Ruhephasen mit Phasen der Nahrungsaufnahme sowohl tagsüber als auch nachts regelmäßig abwechseln. O'CONNOR (1986), die eine unter naturnahen Bedingungen gehaltene, 14köpfige Breitmaulnashorngruppe im Zoo Whipsnade (England) beobachtete, fand ebenfalls einen regelmäßigen Wechsel von Ruhen und Grasern. Sie berichtet, dass die Tiere im Mittel 43,5 % von 24 Stunden ruhten. Nach MEISTER (1997a) liegen und stehen Breitmaulnashörner deutlich länger, wenn sie statt auf einer Weide in einem kleineren Gehege ohne Grasfläche leben. Es könnte daher vermutet werden, dass Breitmaulnashörner generell inaktiver sind, wenn sie, wie auch in der vorliegenden Studie, nicht grasen können. Ob die Breitmaulnashörner der vorliegenden Studie in 24 Stunden tatsächlich länger ruhten als unter Freilandbedingungen, kann nicht entschieden werden, da diese Untersuchung nur einen Ausschnitt des Tages erfasst hat. Nachgewiesen werden konnte, dass jedes Tier sowohl morgens als auch nachmittags kürzer ruhte, wenn am Morgen die Ein-Haufen-Fütterung stattfand. Von der veränderten Ruhedauer kann aber nicht auf eine veränderte Aktivität der Breitmaulnashörner geschlossen werden. Denn wie noch in den folgenden Kapiteln erläutert wird, zeigten die Tiere in der dispersen Futtersituation nicht nur länger Ruhen,

sondern u. a. auch häufiger bzw. länger Komfort-, Orientierungs- und Kontaktverhalten als in der geklumpten Futtersituation.

Nach ZEEB (1979 zitiert in RADEMACHER 1997) kann das Ablegen zum Ruhen bei Hauspferden als ein Zeichen dafür gewertet werden, dass die Tiere sich sicher fühlen. Dieser Zusammenhang ist insofern plausibel, da diese Form des Ruhens mit einer verminderten Abwehr- bzw. Fluchtbereitschaft einhergeht. Breitmaulnashörner können sowohl im Stehen als auch im Liegen ruhen (SCHMIDT 1995). OWEN-SMITH (1973) beschreibt für Tiere im Freiland, dass sie sich in 82 % der beobachteten Fälle zum Ruhen hinlegten. Da in der Vorbeobachtungszeit der vorliegenden Studie Ruhen im Stehen nur sehr selten auftrat, wurde während des Fütterungsexperiments ausschließlich Ruhen im Liegen protokolliert. Auch für Breitmaulnashörner geht Ruhen im Liegen einher mit einer verminderten Abwehr- bzw. Fluchtbereitschaft (MEISTER 1997a). Da sie zudem in dieser Situation geringer ansprechbar sind (eigene Beobachtungen), kann auch für Breitmaulnashörner angenommen werden, dass Ruhen im Liegen nur dann erfolgt, wenn die Tiere ein innerer Zustand der Sicherheit charakterisiert. Demnach kann das reduzierte Ruheverhalten der Breitmaulnashörner an Tagen der geklumpten Futtersituation als Hinweis darauf verstanden werden, dass die Tiere, wenn ihnen das Heu morgens in Form eines einzelnen Haufen geboten wurde, einer stärkeren Unsicherheit unterlagen, als wenn ihnen fünf Haufen zur Verfügung standen. Gestützt wird diese Hypothese durch die endokrinologischen Befunde dieser Studie (s. Kap. 4.2.2, S. 114). Als Ursache für die verstärkte Unsicherheit kann die während der geklumpten Futtersituation stark erhöhte Aggression zwischen den Gruppenmitgliedern angesehen werden, da ein solcher Zusammenhang bereits für verschiedene Tierarten nachgewiesen wurde (zur Übersicht: VON HOLST 1998). Generell können auch andere Faktoren Breitmaulnashörner verunsichern und zu Veränderungen im Ruheverhalten führen. So beschreibt KALTHOFF (2000), dass Breitmaulnashörner deutlich kürzer ruhten, wenn sich die Zoobesucher vor dem Gehege laut oder auffällig verhielten. Ob Breitmaulnashörner in Phasen verstärkter Unsicherheit statt im Liegen vermehrt im Stehen ruhen, also in der Form des Ruhens, bei der eine ständige Fluchtbereitschaft gegeben ist, kann nicht geklärt werden, da sowohl in der Untersuchung von KALTHOFF (2000) als auch in der vorliegenden Studie Ruhen im Stehen nicht berücksichtigt wurde. Die Vermutung liegt aber durchaus nahe, da JEFFERY (1995) beobachtete, dass Breitmaulnashörner, die häufiger erschreckten, auch länger standen.

b) *Komfortverhalten*

Aus dem Bereich des Komfortverhaltens wurde die Summe der Verhaltensweisen *Gähnen*, *Wälzen*, *Treten* und *Stampfen* als *Kurzes Komfortverhalten* sowie die Verhaltensweise *Reiben* untersucht.

Während die Häufigkeit des Kurzen Komfortverhaltens durch die Futterverteilung nicht beeinflusst wurde, rieben sich drei der fünf Nashörner (Natala, Emily und Emmi) morgens in der dispersen Futtersituation signifikant länger als in der geklumpten Futtersituation. Für die beiden anderen Tiere (Harry und Vicky) am Morgen sowie für alle Tiere am Nachmittag unterschied sich die Dauer des Reibens in Abhängigkeit der Futtersituation nicht.

Der Einfluss der Futterverteilung auf das Komfortverhalten der Breitmaulnashörner war demnach nur gering, kurzfristig und zeigte sich nicht bei allen Tieren der Gruppe.

Als häufigste Verhaltensweisen aus dem Bereich des Komfortverhaltens werden für Breitmaulnashörner das Suhlen bzw. Baden sowie das Körperreiben beschrieben (KLÖS 1968; MEISTER 1997b; SCHENKEL & LANG 1969). Auch in der vorliegenden Studie wurde vor allem *Wälzen* und *Reiben* protokolliert⁶. Insgesamt konnte das Komfortverhalten der Breitmaulnashörner in beiden Futtersituationen aber nur sehr selten beobachtet werden. OWEN-SMITH (1973) hingegen bezeichnet das Komfortverhalten von Breitmaulnashörnern im Freiland als „*common*“. Auch in verschiedenen Zoo-Studien trat das Komfortverhalten zwar nicht sehr häufig, aber doch regelmäßig auf (CANTZLER 1996; MEISTER 1997a; O'CONNOR 1982; SCHROEDER 1999). In der vorliegenden Studie zeigten die untersuchten Nashörner Komfortverhalten vor allem während oder nach einem Regenschauer. Der Zusammenhang zwischen Komfortverhalten und Hautfeuchtigkeit zeigt sich auch darin, dass z. B. Reiben durch Baden oder Abspritzen der Tiere ausgelöst wird (KALTHOFF 2000; MEISTER 1997a; SCHMIDT 1995; SCHROEDER 1999). Die in dieser Studie dargestellten geringen Werte für das Komfortverhalten der Breitmaulnashörner sind daher darauf zurückzuführen, dass die Beobachtungen mit Regen, unabhängig von der Dauer des Regens, von der Analyse ausgeschlossen wurden.

Wie können Veränderungen in der Häufigkeit des Komfortverhaltens interpretiert werden? Tritt Komfortverhalten gehäuft in exzessiver Ausprägung auf, so wird dies

⁶ Das ebenfalls häufig auftretende *Hornreiben* wird in Kapitel 4.2.1.3 behandelt (s. S. 107).

allgemein als Anzeichen für ein beeinträchtigtes Wohlergehen aufgefasst, da es i. d. R. mit Schäden für das Individuum verbunden ist (DAWKINS 1982; TUDGE 1993). In der vorliegenden Studie waren aber aufgrund der geringen Häufigkeit und der moderaten Ausprägung des Komfortverhaltens keine Hautschäden o. ä. zu erwarten und wurden auch nicht beobachtet. Dennoch könnten die gefundenen Unterschiede im Komfortverhalten als Hinweis darauf verstanden werden, dass die Tiere in den beiden Futtersituationen einer unterschiedlichen Belastung ausgesetzt waren. So berichten MAESTRIPIERI et al. (1992), dass Primaten häufiger Komfortverhalten zeigten, wenn sie sozialem Stress ausgesetzt waren. Vor allem eine stark erhöhte Aggression zwischen den Gruppenmitgliedern scheint als Ursache für das vermehrte Komfortverhalten in Betracht zu kommen (AURELI & VAN SCHAİK 1991). Die untersuchten Breitmaulnashörner zeigten aber genau in der Futtersituation gehäuft Komfortverhalten, in der die Aggression zwischen den Tieren stark erniedrigt war (s. Kap. 4.2.1.2, S. 99). Da sie zudem in diesen Phasen auch geringere Stresshormonkonzentrationen aufwiesen (s. Kap. 4.2.2, S. 114), scheint ein gehäuftes Komfortverhalten bei Breitmaulnashörnern nicht als Zeichen für eine verstärkte Belastung angesehen werden zu können. Eine weitere Interpretationsmöglichkeit der Befunde liefern PFLEIDERER & LEYHAUSEN (1995). Ihrer Meinung nach stellt häufiges Komfortverhalten „*ein direktes, positives Maß des ungestörten Wohlbefindens*“ dar. Sie argumentieren, dass viele Tiere Komfortverhalten nur dann ausführen, wenn sie völlig ungestört sind. Demnach deutet das verminderte Komfortverhalten, wie die bereits im letzten Abschnitt diskutierte Reduktion des Ruheverhaltens, auf eine erhöhte Unsicherheit der Breitmaulnashörner in der geklumpten Futtersituation hin. Allerdings waren die Veränderungen im Komfortverhalten wesentlich geringer als die im Ruheverhalten und traten auch nicht bei allen untersuchten Tieren auf.

Als Gründe dafür, dass nur für einige Breitmaulnashörner Unterschiede im Komfortverhalten gefunden wurden, kommen das Alter, die Rangposition innerhalb der Gruppe sowie eine unterschiedlich häufige Beteiligung an aggressiven Auseinandersetzungen nicht in Betracht, da die drei Tiere, die die Veränderungen aufwiesen, in diesen Faktoren so heterogen waren wie die gesamte Gruppe überhaupt. Ferner kann auch das Geschlecht als eine Ursache ausgeschlossen werden, weil es sich bei den beiden Tieren, für die keine Unterschiede im Komfortverhalten gefunden wurden, um ein Männchen und ein Weibchen handelt. Der Befund, dass einige Tiere in Abhängigkeit der

Futterverteilung Unterschiede aufwies, andere nicht, könnte an der insgesamt geringen Häufigkeit des Komfortverhaltens liegen. Bei allen fünf Tieren trat Komfortverhalten so selten auf, dass es an vielen Versuchstagen überhaupt nicht beobachtet werden konnte⁷. Da in die Auswertung jede Beobachtung als ein Einzelwert eingeht, leidet die Trennschärfe des statistischen Tests stark unter den zahlreichen „Null-Werten“. In einer solchen Verteilung erhält zudem jedes noch so kurze Auftreten der Verhaltensweise ein enormes Gewicht. Da statistische Absicherungen unter diesen Voraussetzungen mit Skepsis zu betrachten sind, kann insgesamt gesehen eher davon ausgegangen werden, dass die Futterverteilung keinen Einfluss auf das Komfortverhalten der Breitmaulnashörner hatte. Auf jeden Fall sollte den ermittelten Unterschieden nur geringe Bedeutung zugemessen werden.

c) Orientierungsverhalten

Aus dem Bereich des Orientierungsverhaltens wurden die Verhaltensweisen *Aufmerken*, *Beriechen* und *Futter-Beriechen* untersucht.

Auf die Verhaltensweise *Futter-Beriechen* wird im Folgenden nicht näher eingegangen, da dieses Verhalten nur sehr selten und in Abhängigkeit der Futterverteilung nicht unterschiedlich häufig auftrat.

Die Verhaltensweisen *Aufmerken* und *Beriechen* konnten hingegen häufig und regelmäßig beobachtet werden. Die vier weiblichen Nashörner zeigten morgens in der geklumpten Futtersituation signifikant länger *Aufmerken* als in der dispersen Futtersituation. Für den Bullen sowie für die Weibchen am Nachmittag wurden keine Unterschiede gefunden. *Beriechen* wurde von vier der fünf untersuchten Breitmaulnashörner sowohl morgens als auch nachmittags an Tagen der dispersen Futterverteilung signifikant oder nahezu signifikant länger gezeigt als an Tagen der geklumpten Futtersituation.

Die Futterverteilung hatte demnach einen deutlichen und zum Teil langfristig erkennbaren Effekt auf das Orientierungsverhalten der Breitmaulnashörner.

Die Dauer der Verhaltensweise *Aufmerken* kann als Maß für die Aufmerksamkeit der Tiere gegenüber ihrer Umwelt verstanden werden. *Aufmerken* tritt bei Nashörnern

⁷ Dies ist auch daran zu erkennen, dass die Mediane in der graphischen Darstellung meistens bei null liegen (s. Abb. 11, S. 34 und Abb. 12, S. 35).

spontan oder als Reaktion auf eine Störung auf (OWEN-SMITH 1973; SCHENKEL & LANG 1969). SCHENKEL & SCHENKEL-HULLIGER (1969) bezeichnen Spitzmaulnashörner als um so sensibler gegenüber Umweltreizen, desto stärker sie der Wilderei ausgesetzt sind. Allgemein kann vermutet werden, dass Individuen, die unsicherer sind als andere, ihrer Umwelt mehr Aufmerksamkeit entgegenbringen. Aufgrund der bisher diskutierten Verhaltensänderungen und unterstützt durch die endokrinologischen Befunde dieser Studie wurde die Hypothese formuliert, dass die Breitmaulnashörner an Tagen der geklumpten Futtersituation einer stärkeren Unsicherheit ausgesetzt waren als an Tagen der dispersen Futtersituation. Ausgehend von diesen Annahmen sollten die Tiere an Tagen der geklumpten Fütterung eine erhöhte Aufmerksamkeit zeigen. Doch genau das Gegenteil war der Fall. Alle vier weiblichen Breitmaulnashörner zeigten in der geklumpten Futtersituation kürzer *Aufmerken* als in der dispersen Futtersituation. Da MEISTER (1997a) beobachtete, dass Breitmaulnashörner beim Fressen am einzelnen Haufen der geklumpten Futtersituation seltener sicherten als an den Haufen der dispersen Situation, könnte die Diskrepanz auf einem unterschiedlichen Verhalten während der Nahrungsaufnahme beruhen. Breitmaulnashornweibchen bilden Fressgemeinschaften (OWEN-SMITH 1973). Im Zoo tolerieren sich meist zwei oder mehr Weibchen beim Fressen an einem Futterhaufen (O'CONNOR 1982; MEISTER 1997a; SCHMIDT 1995). Es gilt als ein allgemeines Phänomen, dass Tiere, die in einer Gemeinschaft fressen, seltener sichern (*aufmerken*) als Tiere, die alleine fressen (BERTRAM 1981). Dies trifft auch für Breitmaulnashörner zu (MEISTER 1997a; eigene Beobachtungen). SCHMIDT (1995), der die Weibchen der vorliegenden Studie bereits in einem früheren Fütterungsexperiment testete, gibt an, dass die Nashornkühe in der dispersen Futtersituation bis zu 50 % der Fressdauer alleine fraßen. Dies kann auch für das aktuelle Fütterungsexperiment angenommen werden. Da die Weibchen zudem am einzelnen Haufen der geklumpten Futtersituation nie alleine fraßen, könnte der Unterschied in der Dauer des *Aufmerkens* daran liegen, dass die Nashörner in Abhängigkeit der Futtersituation unterschiedlich lange alleine fraßen. Unterstützt wird diese Hypothese durch zwei weitere Befunde. Zum einen konnten für den Bullen, der weder in der geklumpten noch in der dispersen Futtersituation Fressgemeinschaften bildete, in Abhängigkeit der Futterverteilung keine Unterschiede in der Dauer des *Aufmerkens* gefunden werden. Auffälligerweise zeigte der Bulle, obwohl er immer alleine fraß, *Aufmerken* deutlich seltener als die Weibchen. Dieser geschlechtsspezifische Unterschied scheint für Breitmaulnashörner typisch zu sein, da er auch in

anderen Untersuchungen auftrat (MEISTER 1997a; SCHMIDT 1995). Zum anderen zeigte nachmittags keines der untersuchten Breitmaulnashörner Aufmerken unterschiedlich lange in Abhängigkeit der Futtersituation. Mit Bezug auf die genannte Hypothese sind hier auch keine Unterschiede zu erwarten, da den Tieren am Nachmittag immer fünf Futterhaufen zur Verfügung standen. Die fehlenden Unterschiede am Nachmittag legen zudem nahe, dass das Aufmerken außerhalb der Nahrungsaufnahme nicht durch die morgendliche Futterverteilung beeinflusst wurde. Da aber bei der Datenaufnahme weder zwischen alleine Fressen oder Fressen in einer Gemeinschaft noch zwischen Aufmerken während oder außerhalb der Nahrungsaufnahme unterschieden wurde, besteht nicht die Möglichkeit, dies endgültig zu klären.

Insgesamt sollte der Effekt der Futterverteilung auf die Aufmerksamkeit der Breitmaulnashörner daher mit Skepsis betrachtet werden.

Breitmaulnashörner sollen nicht nur sehr gut hören, sondern auch ausgezeichnet riechen können (FOSTER 1960; KLÖS 1968; PLAYER & FEELY 1960). Berichten aus dem Freiland zufolge reagieren sie bei günstiger Windrichtung auf menschlichen Geruch schon in einer Entfernung von 800 m (OWEN-SMITH 1973). Es ist daher naheliegend, dass Breitmaulnashörner einen Großteil der Umweltreize über den Geruchssinn aufnehmen. Die Verhaltensweise *Beriechen* ist als olfaktorische Kontrolle der unmittelbaren Umgebung anzusehen, da sie nur dann erkennbar und somit erfassbar wurde, wenn das Nashorn eines seiner Nasenlöcher dicht an ein Objekt hielt. Beriechen kann eine Form des Explorierens darstellen. Werden den Tieren unbekannte Objekte angeboten, so werden diese ausgiebig berochen (SCHROEDER 1999; eigene Beobachtungen). Während des Fütterungsexperiments wurden den Nashörnern abgesehen von frischem Heu, welches in Abhängigkeit der Futterverteilung nicht unterschiedlich lang berochen wurde, keine unbekanntes „Objekte“ angeboten. Daher sollte Beriechen nur in geringem Maße als Explorationsverhalten betrachtet werden. Besonders häufig und ausgiebig wurde der von den Artgenossen abgesetzte Harn oder Kot berochen. Auch in anderen Zoo-Gruppen konnte dieses Verhalten häufig beobachtet werden (CANTZLER 1996; MEISTER 1997a; O'CONNOR 1982). Im Freiland soll auf diese Weise bei Breitmaulnashörnern der überwiegende Teil der innerartlichen Kommunikation stattfinden (OWEN-SMITH 1973, 1975). Die Verhaltensweise Beriechen dient demnach in erster Linie der olfaktorischen Kontrolle der Gruppenmitglieder. Ihre Dauer kann als

ein Maß für das Interesse an den Artgenossen aufgefasst werden. Die geklumpte Futterverteilung am Morgen führte also vermutlich bei dem Bullen und bei den drei ausgewachsenen Weibchen zu einer Reduktion der olfaktorischen Kontrolle der Gruppenmitglieder. Gestützt wird diese Annahme dadurch, dass an Tagen der geklumpten Futtersituation auch die Häufigkeit der *Nasonasalkontakte*, die dem direkten Informationsaustausch auf olfaktorischem Weg dienen, signifikant reduziert war. Ob die Breitmaulnashörner an Tagen der geklumpten Futtersituation tatsächlich ein reduziertes Interesse an den Artgenossen aufwiesen, wird in Kapitel 4.2.1.2 weitergehend diskutiert (s. S. 99).

d) *Fressen*

Während die vier Weibchen morgens in Abhängigkeit der Futterverteilung nicht unterschiedlich lange fraßen, zeigte der Bulle dieses Verhalten in der geklumpten Futtersituation signifikant kürzer als in der dispersen Futtersituation. Am Nachmittag fraßen alle fünf Nashörner an Tagen mit geklumpter Fütterung signifikant kürzer als an Tagen mit ausschließlich disperser Fütterung.

Breitmaulnashörner gelten als reine Grasfresser (FOSTER 1967; VAN GYSEGHEM 1984; KLÖS 1968; MEISTER & OWEN-SMITH 1997; PLAYER & FEELY 1960; DU TOIT 1998), auch wenn HILLMAN-SMITH (1997) für die Nördliche Unterart beschreibt, dass sie im Garamba Nationalpark einen kleinen Anteil zweikeimblättriger Kräuter aufnimmt. Obwohl Breitmaulnashörner teilweise auch hochwachsende Grasarten fressen, bevorzugen sie doch deutlich Kurzgras (HAAS 1998; HANDTRACK 1997; OWEN-SMITH 1973). Im Freiland verbringen Breitmaulnashörner etwa 50 % des Tages und 50 % der Nacht mit der Nahrungsaufnahme (OWEN-SMITH 1973, 1988). Werden ihnen im Zoo große Weideflächen angeboten, so grasen sie auch hier etwa die Hälfte des Tages und der Nacht (O'CONNOR 1982). Im Zoo Münster standen den Breitmaulnashörnern keine Grasflächen zur Verfügung. Die Nahrung wurde ihnen ausschließlich in Form von Futterhaufen angeboten. Da sie ihre Hauptfütterration abends, außerhalb der Beobachtungszeiten, erhielten, kann nicht angegeben werden, wie lange die Nashörner in Münster pro Tag fraßen. Es ist aber davon auszugehen, dass Breitmaulnashörner unter solchen Bedingungen weniger Zeit für die Nahrungsaufnahme benötigen als im

Freiland, da das konzentrierte Angebot ein schnelleres Fressen großer Mengen ohne Ortswechsel ermöglicht.

Tagsüber wurden den Münsteraner Nashörnern morgens und nachmittags jeweils 10 kg Heu angeboten.

Wurde das Heu morgens auf fünf Haufen verteilt, so fraßen die Tiere zusammen etwa 160 Minuten, um das Futter restlos aufzunehmen. Dabei fraß jedes Nashorn etwa gleich lange. Wurde das Heu hingegen geklumpt geboten, war die Fraßdauer des Bullen signifikant kürzer, während die Weibchen keine Veränderung zeigten. Da das Heu auch in dieser Situation restlos aufgefressen wurde, benötigte die Gruppe in der geklumpten Futtersituation weniger Zeit, um die gleiche Menge aufzunehmen, als in der dispersen Futtersituation. Demnach fraßen zumindest einige Tiere schneller während der Ein-Haufen-Fütterung, als wenn ihnen fünf Haufen geboten wurden. Auch für andere Tierarten wurde gezeigt, dass sie unter geklumpten Bedingungen kürzer fraßen als bei disperser Verteilung (Damhirsch: THERMANN 1996; Grevyzebra: RADEMACHER 1997; Hirschziegenantilope: WOLF-KALTENHÄUSER 1996; Kulan: GANSLOBER & DELLERT 1997; Steppengiraffe: STOLZE 1998). Schnelleres Fressen in Situationen erhöhter Nahrungskonkurrenz kann demnach als eine allgemeine Strategie verstanden werden, um in dieser Situation möglichst viel Nahrung aufzunehmen. Eine weitere Strategie stellt das Wegschleppen von Nahrung dar, wie es MEISTER (1997a) für Breitmaulnashörner und KERSCHER (1991) für Brillenlanguren beschreiben. Ein solches Verhalten konnte in der vorliegenden Studie aber nicht beobachtet werden.

In der geklumpten Situation konnte der Bulle nur etwa halb so lang Nahrung aufnehmen wie die Weibchen der Gruppe. Den gleichen Befund berichtet auch SCHMIDT (1995), der die Gruppe beobachtete, als anstelle von Harry ein voll erwachsenes Männchen in Münster lebte. In beiden Fällen lässt sich der Unterschied darauf zurückführen, dass die Weibchen den Bullen vom einzelnen Haufen dieser Futtersituation verdrängten bzw. fernhielten. Auch andere Autoren fanden, dass in der geklumpten Futtersituation der Zugang zum Futter für rangniedrige Individuen der Gruppe deutlich erschwert war (Grevyzebra: RADEMACHER 1997; Hirschziegenantilope: WOLF-KALTENHÄUSER 1996). Bei diesen beiden Arten stellte allerdings jeweils das Männchen das ranghöchste Tier der Gruppe dar. Obwohl männliche Breitmaulnashörner größer und kräftiger als weibliche sind, besaßen sie in Zoo-Gruppen immer rangniedrige Positionen (CANTZLER 1996; MEISTER 1997a; MIKULICA 1991; SCHMIDT 1995). MEISTER (1997a) führt die

Unterlegenheit des Bullen vor allem auf eine Aggressionshemmung gegenüber den Weibchen zurück. Auch in der vorliegenden Studie konnte dieser Eindruck gewonnen werden. Da zudem OWEN-SMITH (1973) aus dem Freiland berichtet, dass selbst erwachsene Bullen drohenden Weibchen immer auswichen, scheint diese Eigenschaft nicht auf die Gehegesituation beschränkt zu sein. Zusammengenommen ist daher davon auszugehen, dass eine reduzierte Fressdauer des Bullen in der geklumpten Futtersituation nicht spezifisch für die Münsteraner Gruppe ist, sondern generell für diese Tierart erwartet werden kann.

Die Ergebnisse vom Nachmittag waren völlig überraschend. Zur Erinnerung: Die Fütterung am Nachmittag wurde immer in der dispersen Futterverteilung durchgeführt. Daher war erwartet worden, dass sich die Fressdauer der Tiere in Abhängigkeit der morgendlichen Futterverteilung nicht unterschied. Völlig entgegen dieser Erwartung fraß jedes der fünf Breitmaulnashörner an Tagen mit geklumpter Fütterung signifikant kürzer als an Tagen mit ausschließlich disperser Fütterung. Die Deutlichkeit der Unterschiede sowie die Beobachtung, dass auch am Nachmittag das Heu immer restlos aufgenommen wurde, legen den Schluss nahe, dass jedes Tier in Abhängigkeit der morgendlichen Futtersituation unterschiedlich schnell fraß. Nun könnte man vermuten, dass insbesondere die Tiere, die morgens nur eingeschränkten Zugang zum Futterplatz hatten, nun schneller fraßen, weil sie wahrscheinlich hungriger waren. So fand STAHL (1998), dass diejenigen Halsbandmangaben, die morgens weniger fraßen, sich während späterer Fütterungen besonders häufig mit Futter versorgten. Hunger als Ursache für schnelleres Fressen käme in der vorliegenden Studie jedoch ausschließlich für das Männchen in Betracht. Da aber auch die Weibchen, die morgens zumindest einen Teil der für den Bullen vorgesehenen Futtermenge aufnahmen, die gleichen Unterschiede in der Fressdauer zeigten, sind verschiedene Hungerzustände als Ursache aber eher unwahrscheinlich. Wie bereits betont, standen den Nashörnern am Nachmittag immer fünf Futterhaufen zur Verfügung. Da sie dennoch signifikant kürzer fraßen, wenn sie 5 Stunden zuvor einer starken Konkurrenzsituation ausgesetzt waren, können nur langanhaltende, psychische Veränderungen als Ursachen in Betracht gezogen werden.

e) *Koten*

Drei der fünf Nashörner (Harry, Natala und Emmi) koteten morgens in der dispersen Futtersituation signifikant häufiger als in der geklumpten Futtersituation. Für die beiden anderen Tiere sowie für alle Tiere am Nachmittag konnten keine Unterschiede in Abhängigkeit der Futterverteilung gefunden werden.

Der Effekt der Futterverteilung auf die Häufigkeit dieser Verhaltensweise war demnach nur kurzfristig und nicht einheitlich. Als Gründe für die individuellen Unterschiede können das Alter, das Geschlecht, die Rangposition sowie eine unterschiedlich häufige Beteiligung an aggressiven Auseinandersetzungen ausgeschlossen werden, da sich die drei Tiere, für die Veränderungen nachgewiesen werden konnten, darin genauso stark unterschieden wie die Gruppe insgesamt. Da andere Gründe nur schwer vorstellbar sind, bleibt offen, wieso einige Tiere in Abhängigkeit der Futtersituation unterschiedlich häufig koteten, andere aber nicht.

Koten kann u. a. durch Schockwirkung, bei Angst, während der Flucht und im Zusammenhang mit kämpferischen Auseinandersetzungen ausgelöst werden (ALTMANN 1969). Schon HALL (1934) konnte an männlichen Ratten zeigen, dass die Häufigkeit des Kotens ein Maß für die Erregung der Tiere darstellte. Auch neueren Arbeiten zufolge soll für Labortiere die Anzahl der abgesetzten Kotbällchen als ein Maß für Angst gelten (ROWAN 1988 zitiert in MANSER 1992). Für Nashörner könnte ebenfalls ein solcher Zusammenhang bestehen, da SCHENKEL & SCHENKEL-HULLIGER (1969) an Spitzmaulnashörnern im Freiland beobachteten, dass die Tiere manchmal direkt nach einer Flucht Kot absetzten. Demnach könnte das vermehrte Koten während der dispersen Futterverteilung als Hinweis darauf verstanden werden, dass einige der Breitmaulnashörner in der dispersen Futtersituation stärker erregt waren als in der geklumpten Futtersituation. Diese Vermutung steht aber in starkem Widerspruch zu dem eindeutigen Befund, dass alle Tiere an Tagen der dispersen Futterverteilung länger ruhten als an Tagen der geklumpten Fütterung. Dass ein Breitmaulnashorn gerade in den Phasen länger ruht, in denen es stärker erregt sein soll, erscheint sehr widersinnig. Da zudem die untersuchten Tiere nicht einheitlich reagierten und auch für Labornager der Zusammenhang zwischen Koten und Erregung nicht unumstritten ist (ARCHER 1973), bleibt insgesamt festzuhalten, dass der Effekt der Futterverteilung auf die Häufigkeit von Koten nicht eindeutig interpretiert werden kann.

4.2.1.2 Unterschiede im Sozialverhalten

In Abhängigkeit der morgendlichen Futterverteilung konnten sowohl im *Kontaktverhalten* der Breitmaulnashörner als auch in den Bereichen des *soziopositiven* und *agonistischen Verhaltens* Unterschiede nachgewiesen werden.

a) *Kontaktverhalten*

Aus dem Bereich des Kontaktverhaltens wurden die Verhaltensweisen *Nasonasalkontakt* und *Annähern* untersucht.

Nasonasalkontakte waren recht selten zu beobachten. Dennoch zeigte jedes Nashorn morgens in der dispersen Futtersituation signifikant häufiger dieses Verhalten als in der geklumpten Futtersituation. Zudem fanden Nasonasalkontakte in der dispersen Futtersituation zwischen mehr Gruppenmitgliedern statt als in der geklumpten Futtersituation. Am Nachmittag traten Nasonasalkontakte zu selten auf, um gesicherte Aussagen bezüglich der Futterverteilung treffen zu können.

Wie bereits im Zusammenhang mit dem *Beriechen* von Kot und Urin diskutiert (s. Kap. 4.2.1.1, S. 88), findet bei Breitmaulnashörnern ein Großteil der innerartlichen Kommunikation auf olfaktorischem Weg statt (OWEN-SMITH 1973). Demnach können Nasonasalkontakte als Kontakte aufgefasst werden, die einem direkten olfaktorischen Informationsaustausch dienen. Im Freiland treten Nasonasalkontakte vor allem dann auf, wenn erwachsene Weibchen, die zuvor nicht zusammen gesehen wurden, aufeinandertreffen (BACKHAUS 1964; OWEN-SMITH 1973). Nach OWEN-SMITH (1973) werden Nasonasalkontakte ausgeführt, um einander zu erkennen. Auch für verschiedene im Zoo gehaltene Gruppen sind Nasonasalkontakte beschrieben worden (CANTZLER 1996; MEISTER 1997a; MIKULICA 1991). Im Gegensatz zu den Beobachtungen aus dem Freiland (OWEN-SMITH 1973) trat dieses Verhalten in der vorliegenden Studie auch zwischen dem Bullen und den erwachsenen Weibchen auf. Als Ursache dafür kommt sicherlich die größere Vertrautheit der im Zoo auf engem Raum lebenden Nashörner in Betracht. Auffälligerweise fanden die meisten Nasonasalkontakte innerhalb der ersten Stunde statt, die die Nashörner auf der gemeinsamen Außenanlage verbrachten. Dieser Befund deutet darauf hin, dass während der Unterbringung in den getrennten Innenställen die Kommunikation zwischen den Gruppenmitgliedern stark eingeschränkt war.

Die Futterverteilung hatte einen starken Einfluss auf diese Kontaktverhaltensweise. In der geklumpten Futtersituation wurden Nasonasalkontakte nicht nur von jedem Nashorn seltener initiiert, sondern fanden auch zwischen weniger Tieren statt als in der dispersen Futtersituation. Der direkte Informationsaustausch auf olfaktorischem Weg wurde demnach durch die Ein-Haufen-Fütterung sowohl in der Häufigkeit reduziert, als auch auf weniger Gruppenmitglieder beschränkt. Die Reduktion der Nasonasalkontakte unter geklumpten Fütterungsbedingungen wurde auch bei Grevyzebras beobachtet (RADEMACHER 1997). Da die untersuchten Breitmaulnashörner an Tagen der geklumpten Futtersituation zudem seltener den Kot oder Urin der Artgenossen berochen (s. Kap. 4.2.1.1, S. 88), scheint diese Fütterungsbedingung sowohl den direkten wie auch den indirekten olfaktorischen Informationsaustausch stark vermindert zu haben.

Annähern wurde in Abhängigkeit der Futterverteilung von keinem Nashorn unterschiedlich häufig gezeigt. Morgens konnte die Tendenz beobachtet werden, dass in der geklumpten Futtersituation Annähern stärker auf die Tiere beschränkt war, zwischen denen dieses Verhalten auch in der dispersen Futtersituation bevorzugt stattfand.

Da Annähern nur dann protokolliert wurde, wenn kein Futter in der Nähe war, lässt sich die Nahrungsaufnahme als motivationale Grundlage dieser Verhaltensweise ausschließen. Das vermehrte Aufsuchen eines Artgenossen kann daher in erster Linie als Ausdruck des sozialen Interesses an diesem Gruppenmitglied aufgefasst werden. Aus der Häufigkeitsverteilung dieser Verhaltensweise lassen sich Hinweise auf das Beziehungssystem der Gruppenmitglieder ableiten, wobei sich Partner einer Bindungsbeziehung gehäuft einander annähern, während intolerante Beziehungen durch das Fehlen dieser Verhaltensweise gekennzeichnet sind (ROWELL & OLSON 1983).

In der vorliegenden Studie konnte Annähern hauptsächlich zwischen Natala und Vicky sowie zwischen Emily und Emmi beobachtet werden. Alle anderen Kombinationen waren selten. Natala näherte sich niemals dem Bullen Harry an. Diese Ergebnisse deuten auf die Existenz von Bindungsbeziehungen zwischen den Weibchen Natala ↔ Vicky und Emily ↔ Emmi. Zudem scheint eine intolerante Beziehung zwischen dem Bullen (Harry) und dem ältesten Weibchen (Natala) zu bestehen. Bestätigt werden diese Annahmen durch die Verteilung des soziopositiven und agonistischen Verhaltens, welches weiter unten diskutiert wird. Die Weibchen-Weibchen-Paare Natala-Vicky und Emily-Emmi werden jeweils aus Mutter und

jüngster Tochter gebildet. Ausgeprägte Mutter-Kind-Bindungen wurden für Breitmaulnashörner sowohl im Freiland (VAN GYSEGHEM 1984; OWEN-SMITH 1973, 1975; SCHENKEL & LANG 1969) als auch unter Zoo-Bedingungen beobachtet (MEISTER 1997a; MIKULICA 1991; O'CONNOR 1982). Zwar ist nicht nur Vicky, sondern auch Emily eine Tochter von Natala, nach OWEN-SMITH (1975) und HILLMAN-SMITH (1997) soll aber bei Breitmaulnashörnern die Bindung zum älteren Nachwuchs bei einer weiteren Geburt meist gelöst werden. Da in beiden „Paaren“ die Töchter bereits die Geschlechtsreife erreicht hatten, entsprechen die beschriebenen Bindungsbeziehungen nicht der klassischen Mutter-Kind-Einheit, die EISENBERG (1966) als Charakteristikum für alle Säugetiere anführt. Dennoch scheinen langanhaltende Bindungen zwischen Mutter und letztgeborener Tochter nicht untypisch zu sein. JEFFERY (1995) beschreibt die Existenz dieser Bindung noch bei einem Alter der Tochter von 13 Jahren. Innerhalb der „Paare“ Natala-Vicky und Emily-Emmi war die Verhaltensweise Annähern asymmetrisch verteilt. Jeweils die Tochter näherte sich häufiger an die Mutter an als umgekehrt. Dass die Nähe zwischen den Bindungspartnern vor allem von dem jüngeren Tier aufrecht gehalten wird, beschreibt OWEN-SMITH (1975) auch für Breitmaulnashörner unter Freiland-Bedingungen. Auffälligerweise näherte sich der Bulle nur sehr selten an und wurde auch nur selten von den Weibchen aufgesucht. Im Freiland sollen Annäherungen zwischen den Geschlechtern grundsätzlich vom Bullen ausgehen (HANDTRACK 1997; OWEN-SMITH 1973). Nach CANTZLER (1996) und MEISTER (1997a) suchen auch unter Zoo-Bedingungen die Bullen die Nähe der Weibchen. Die Annäherungen des Bullen treten vor allem im Kontext des Werbe- und Sexualverhaltens auf. Dies scheint auch in der vorliegenden Studie der Fall zu sein, da der Bulle sich am häufigsten dem Weibchen annäherte, mit dem er sich kurze Zeit nach der Ende der Untersuchung paarte.

In Abhängigkeit der Futterverteilung zeigte kein Nashorn unterschiedlich häufig Annähern. Allerdings traten morgens leichte Unterschiede in der Verteilung dieser Verhaltensweise zwischen den Gruppenmitgliedern auf. Die Tiere, die in der dispersen Futtersituation selten angenähert wurden, wurden in der geklumpten Futtersituation noch seltener angenähert. Dies könnte als ein Hinweis darauf verstanden werden, dass die Nashörner in der geklumpten Futtersituation häufiger die Nähe ihrer bevorzugten „Partner“ aufsuchten. Insgesamt wurde diese Kontaktverhaltensweise aber kaum durch die Futterverteilung beeinflusst.

b) Soziopositives Verhalten

Aus dem Bereich des soziopositiven Verhaltens wurden die Verhaltensweisen *Körperkontakt, Folgen, Zusammen-Stehen* und *Zusammen-Liegen* untersucht.

Diese Verhaltensweisen treten zwischen den Geschlechtern ausschließlich im Kontext des Werbe- und Sexualverhaltens auf (OWEN-SMITH 1973; SCHMIDT 1995). Sie sind abhängig vom Östruszustand des Weibchens und können daher nur relativ selten beobachtet werden (CANTZLER 1996; OWEN-SMITH 1973; MEISTER 1997a; O'CONNOR 1982; SCHMIDT 1995). Auch in der vorliegenden Studie zeigte der Bulle die genannten Verhaltensweisen deutlich seltener als die Weibchen. In Abhängigkeit der Futterverteilung konnten für den Bullen keine Unterschiede nachgewiesen werden. Die Verhaltensweisen Körperkontakt und Folgen könnten zu selten aufgetreten sein, um Unterschiede statistisch zu erfassen. Da der Bulle in Abhängigkeit der Futtersituation aber auch keine Unterschiede in den häufiger gezeigten Verhaltensweisen Zusammen-Stehen und Zusammen-Liegen aufwies, scheint das Werbe- und Sexualverhalten der Breitmaulnashörner durch die Futterverteilung nicht beeinflusst worden zu sein.

Die untersuchten weiblichen Breitmaulnashörner zeigten soziopositives Verhalten sehr häufig. In Abhängigkeit der Futterverteilung wurden für die Verhaltensweisen Körperkontakt und Zusammen-Liegen keine Unterschiede gefunden. Die Verhaltensweisen Folgen und Zusammen-Stehen traten morgens in der dispersen Futtersituation bei allen Weibchen signifikant bzw. nahezu signifikant länger auf als in der geklumpten Futtersituation. Am Nachmittag konnte dieser Unterschied nur für jeweils ein Nashornweibchen abgesichert werden. Einige soziopositive Verhaltensweisen wurden also durch die geklumpte Fütterung stark reduziert. Die Verteilung des soziopositiven Verhaltens zwischen den Gruppenmitgliedern veränderte sich in Abhängigkeit der Futtersituation aber nicht.

Das Auftreten der Verhaltensweisen Körperkontakt, Folgen, Zusammen-Stehen und Zusammen-Liegen kennzeichnet bei Breitmaulnashornweibchen die Existenz einer Bindungsbeziehung (OWEN-SMITH 1975). Solche Bindungsbeziehungen wurden in allen Untersuchungen an Breitmaulnashörnern beobachtet (z. B. CANTZLER 1996; VAN GYSEGHEM 1984; HILLMAN-SMITH 1997; MEISTER 1997a; MIKULICA 1991; O'CONNOR 1982; OWEN-SMITH 1973; SCHMIDT 1995). Sie charakterisieren meist Mutter-Tochter-Einheiten, können aber auch zwischen unverwandten Tieren existieren (MEISTER &

OWEN-SMITH 1997). Anhand der Verteilung der Verhaltensweise Annähern wurde bereits vermutet, dass in der vorliegenden Studie Bindungsbeziehungen zwischen den Weibchen Natała ↔ Vicky und Emily ↔ Emmi bestanden. Diese Annahme wird durch die Verteilung des soziopositiven Verhaltens bestätigt. Jede der vier untersuchten soziopositiven Verhaltensweisen fand nahezu ausschließlich zwischen Natała und Vicky bzw. zwischen Emily und Emmi statt. Die Existenz dieser Bindungen beobachtete bereits SCHMIDT (1995) zweieinhalb Jahre zuvor. Das Beziehungssystem wurde durch die Futterverteilung nicht verändert. Allerdings war die Dauer der Verhaltensweisen Folgen und Zusammen-Stehen bei jedem Weibchen morgens in der geklumpten Futtersituation stark reduziert. Da dieses Verhalten nur gegenüber den Bindungspartnern gezeigt wurde, kann daraus geschlossen werden, dass die Nashornweibchen morgens in der geklumpten Futtersituation länger alleine waren als in der dispersen Futtersituation. Da Nachmittags kein Unterschied in Abhängigkeit der Futterverteilung nachgewiesen werden konnte, wurde der Effekt durch die disperse Fütterung am Nachmittag anscheinend kompensiert. Dennoch bleibt festzuhalten, dass die Ein-Haufen-Fütterung die Intensität der beschriebenen Bindungsbeziehungen reduzierte. Dies kann als Zeichen dafür gewertet werden, dass die geklumpte Fütterung auch zu Spannungen zwischen den Bindungspartnern geführt hat. Als Ursache dafür kann sicherlich die an den Tagen der geklumpten Futtersituation auch zwischen den Bindungspartnern erhöhte Aggression in Betracht gezogen werden (s. u.).

c) Agonistisches Verhalten

Aus dem Bereich des agonistischen Verhaltens wurden in erster Linie diejenigen Verhaltensweisen untersucht, die eine agonistische Interaktion initiierten. Diese Verhaltensweisen wurden zum *offensiv-aggressiven Verhalten* zusammengefasst. Waren beide Kontrahenten zu Beginn einer Auseinandersetzung mindestens zwei Körperlängen (ca. 8 m) vom Heu entfernt, so wurde das Verhalten als *offensiv-aggressives Verhalten* „ohne Futter“ bezeichnet. War eines der beteiligten Nashörner näher am Heu, so galt das Verhalten als *offensiv-aggressives Verhalten* „mit Futter“.

An Tagen der geklumpten Futtersituation zeigte jedes der untersuchten Nashörner sowohl morgens als auch nachmittags signifikant bzw. nahezu signifikant häufiger *offensiv-aggressives Verhalten mit Futter* als an Tagen der dispersen Futtersituation.

Der Befund vom Morgen war in dieser Form erwartet worden, da bereits SCHMIDT (1995) und MEISTER (1997a) nachwiesen, dass Breitmaulnashörner bei der Nahrungsaufnahme unter geklumpten Fütterungsbedingungen gehäuft aggressiv interagieren. Hirschziegentantilopen (WOLF-KALTENHÄUSER 1996), Dammhirsche (THERMANN 1996), Grevyzebras (RADEMACHER 1997) sowie Steppenzebras und Kulane (GANSLOBER & DELLERT 1997) zeigten ebenfalls bei geklumpter Fütterung mehr agonistisches Verhalten, als wenn das Futter verteilt angeboten wurde. Für Breitmaulnashörner kann der Unterschied auf die unnatürlich geringen Abstände zurückgeführt werden, die die Tiere einnehmen müssen, um an dem einzelnen Haufen der geklumpten Füttersituation fressen zu können. Nach VAN GYSEGHEM (1984) und OWEN-SMITH (1975) sollen die Partner einer Bindungsbeziehung bei der Nahrungsaufnahme im Freiland eine Distanz von etwa einer Körperlänge aufrecht halten. HANDTRACK (1997) beschreibt für die Breitmaulnashörner im Itala National Park eine Mindestindividuale Distanz von zwei Körperlängen beim Grasens. Tiere verschiedener Bindungsbeziehungen sollen deutlich größere Abstände einhalten (BACKHAUS 1964; OWEN-SMITH 1975). HANDTRACK (1997) beobachtete zwischen zwei grasenden Kuhgruppen einen Mindestabstand von 150 m. Männliche Breitmaulnashörner werden in der Regel einzeln angetroffen (HILLMAN-SMITH 1997; MEISTER & OWEN-SMITH 1997). Begleitet ein Bulle Weibchen im Kontext des Werbe- und Sexualverhaltens (*courtship*), so hält er eine Distanz von mindestens 10-15 m ein (OWEN-SMITH 1975). Unterschreitet das Männchen diese Distanz, reagiert ein nicht paarungsbereites Weibchen aggressiv (OWEN-SMITH 1973). Unter Zoo-Bedingungen sind die tolerierten Mindestabstände aufgrund der stärkeren Vertrautheit der auf engem Raum zusammenlebenden Tiere deutlich reduziert. Dennoch zeigen sich auch unter diesen Bedingungen die im Freiland beobachteten Unterschiede. Wie bereits erörtert, existierten bei den in der vorliegenden Studie untersuchten Breitmaulnashörnern Bindungsbeziehungen zwischen den Weibchen Natala ↔ Vicky und Emily ↔ Emmi. Diese Beziehungen zeigten sich auch darin, dass zwischen den Partnern nur sehr selten aggressives Verhalten beobachtet werden konnte. Während der Nahrungsaufnahme tolerierten sich die Partner einer Bindungsbeziehung in sehr geringem Abstand. Sie fraßen in der Regel Seite an Seite. Vereinzelt berührten sich dabei ihre Flanken. Die Weibchen verschiedener Bindungsbeziehungen fraßen in einem Mindestabstand von etwa einer halben Körperlänge (2 m) zueinander. In der dispersen Füttersituation war dies durch Fressen an verschiedenen Futterhaufen möglich. Während der geklumpten Fütterung nahmen die Weibchen verschiedener

Bindungsbeziehungen am einzelnen Futterhaufen dieser Situation gegenüberliegende Positionen ein. Da der Heuhaufen der geklumpten Füttersituation zu Beginn der Fütterung einen Durchmesser von etwa 2,5 m hatte, war es den vier Weibchen zunächst möglich, gemeinsam zu fressen. Mit schrumpfendem Durchmesser kam es immer häufiger zu offensiv-aggressiven Verhalten zwischen den Paaren bis schließlich Natala und Vicky oder Emily und Emmi den Futterhaufen verließen. Wie bereits erwähnt, fraß in der geklumpten Füttersituation kein Weibchen alleine. Der Bulle Harry wurde beim Fressen in einem Abstand unter einer Körperlänge von den Weibchen nicht toleriert. Fressgemeinschaften zwischen den Geschlechtern konnten in beiden Füttersituationen nicht beobachtet werden. In der geklumpten Füttersituation war es dem Bullen nicht möglich, zeitgleich mit den Weibchen zu fressen. Fraßen die Weibchen, wurde jede Annäherung des Männchens an das Futter zu einer Annäherung an ein Weibchen und resultierte in einer zwischengeschlechtlichen Auseinandersetzung. In der dispersen Füttersituation trat sehr viel weniger offensiv-aggressives Verhalten mit Futter auf, da die Tiere in dieser Situation die beschriebenen Individualdistanzen bei der Nahrungsaufnahme einhalten konnten.

Die Befunde vom Nachmittag waren völlig überraschend. Zur Erinnerung: Die Fütterung am Nachmittag fand immer in der dispersen Form statt. Die Einteilung in geklumpfte bzw. disperse Füttersituation erfolgte anhand der morgendlichen Futterverteilung, also anhand der Füttersituation, die den Tieren fünf Stunden zuvor geboten wurde. Obwohl den Nashörnern nachmittags immer fünf Futterhaufen zur Verfügung standen, zeigte jedes Tier, wenn morgens das Heu geklumpt geboten worden war, signifikant oder nahezu signifikant häufiger offensiv-aggressives Verhalten mit Futter als wenn morgens die disperse Fütterung stattgefunden hatte. Dieser Unterschied könnte darauf beruhen, dass die Nashörner in Abhängigkeit der morgendlichen Füttersituation unterschiedlich häufig zwischen den fünf Futterhaufen der Nachmittagsfütterung wechselten. Hätten sie an Tagen der geklumpten Füttersituation die Futterhaufen häufiger gewechselt als an Tagen der dispersen Füttersituation, so wäre es vermutlich öfter zu Unterschreitungen der oben beschriebenen Individualdistanzen und in Folge auch zu mehr aggressivem Verhalten gekommen. Da die Annäherung an einen fressenden Artgenossen aber nicht protokolliert wurde, kann diese Annahme nicht belegt werden. Die veränderte Aggression der Breitmaulnashörner könnte auch auf Unterschiede in der „Gereiztheit“ der Tiere zurückzuführen sein, da die Nashörner am Nachmittag immer dann vermehrt aggressiv interagierten, wenn sie bereits morgens

häufiger aggressives Verhalten gezeigt hatten. Demnach hätten die häufigen Auseinandersetzungen um den einzelnen Futterhaufen der geklumpton Futtersituation zu einer „Sensitivierung“ der Nashörner geführt. Als weiterer Hinweis auf diese Veränderung können auch Unterschiede im Eskalationsgrad angesehen werden. Für ein Nashorn konnte nachgewiesen werden, dass es in der geklumpton Futtersituation verstärkt aggressives Verhalten höherer Eskalationsstufen zeigte. Die vermutete Sensitivierung könnte ferner zu einer verringerten Toleranz zwischen den Tieren führen. Gestützt wird diese Annahme durch die Unterschiede im offensiv-aggressiven Verhalten außerhalb der Nahrungsaufnahme (s. u.).

Jedes der fünf untersuchten Breitmaulnashörner zeigte sowohl am Morgen als auch am Nachmittag in der geklumpton Futtersituation signifikant oder nahezu signifikant häufiger *offensiv-aggressives Verhalten ohne Futter* als in der dispersen Futtersituation. Als Ursache für aggressive Auseinandersetzungen abseits der Futterhaufen kann ebenfalls das Unterschreiten bestimmter Distanzen herangezogen werden. Wurden die oben beschriebenen Mindestindividualdistanzen unterschritten, so reagierten die Nashörner auch außerhalb der Nahrungsaufnahme aggressiv. Lediglich in den Ruhephasen tolerieren sich Breitmaulnashörner in deutlich verringerten Individualdistanzen (HANDTRACK 1997; O'CONNOR 1982; OWEN-SMITH 1973; eigene Beobachtungen). In der vorliegenden Studie konnte offensiv-aggressives Verhalten ohne Futter vor allem an „funktionalen“ Plätzen im Gehege (z. B. Suhle, Wasserbecken, Scheuerstellen, Liegeplätze oder Kotplatz) beobachtet werden. In diesen Fällen kann davon ausgegangen werden, dass das aggressive Verhalten dazu diente, einen Artgenossen von dem Platz zu verdrängen oder den Platz zu verteidigen. Oft trat offensiv-aggressives Verhalten ohne Futter auch im Bereich der Verbindung zwischen dem alten und dem neuen Teil der Außenanlage auf. Da der Durchgang 3,1 m schmal war (s. Abb. 2, S. 10 und Abb. 4, S. 12), konnten ihn nur die Partner einer Bindungsbeziehung zeitgleich passieren. Ruhte ein Nashorn direkt am Durchgang, so war dieser blockiert. Jeder Versuch, die Anlagen zu wechseln, führte in dieser Situation durch Unterschreiten der Individualdistanz zu Auseinandersetzungen zwischen den Tieren. Das vermehrte offensiv-aggressive Verhalten an Tagen der geklumpton Futtermittelverteilung könnte demnach daran liegen, dass die Nashörner an diesen Tagen häufiger an den funktionalen Stellen des Geheges oder im Bereich des Durchgangs aufeinander trafen. Da sich die Nashörner aber in beiden Futtersituationen gleich häufig aneinander annäherten und zudem das Ruhe- und

Komfortverhalten an Tagen der geklumpton Fütterung reduziert war, scheint diese Vermutung unwahrscheinlich. Demnach kann die unterschiedliche Häufigkeit im aggressiven Verhalten nur an einer veränderten Toleranz der Tiere liegen. Vermutlich duldeten sich die Nashörner an Tagen der geklumpton Futtersituation nur in größeren Abständen als an Tagen der dispersen Futtersituation. Gestützt wird diese These durch den Befund, dass selbst die Partner einer Bindungsbeziehung in der geklumpton Futtersituation kürzer zusammenstanden und häufiger aggressiv interagierten als in der dispersen Futtersituation.

Insgesamt gesehen verursachte die Ein-Haufen-Fütterung am Morgen eine vermehrte Aggression während des gesamten Tages. Ferner kann angenommen werden, dass die Nashörner an Tagen der geklumpton Futtersituation aggressiver und weniger tolerant waren als an Tagen mit ausschließlich disperser Fütterung. Abschließend soll betont werden, dass in beiden Futtersituationen wenig eskalierte Auseinandersetzungen dominierten. Stark eskalierte Kämpfe, die zu schweren Verletzungen führen können und vereinzelt im Freiland beobachtet wurden (OWEN-SMITH 1973; PITMANN 1956 zitiert in BACKHAUS 1964), fanden nicht statt.

4.2.1.3 Unterschiede in den Verhaltensauffälligkeiten

Als Verhaltensauffälligkeiten wurden die Verhaltensweisen *Hornreiben*, *Plötzliches Kauen* und *Koten ohne Kotabgabe* untersucht⁸. Jede der drei Verhaltensweisen wurde von allen fünf Breitmaulnashörnern gezeigt. Aufgrund der geringen Häufigkeiten konnten die Befunde für *Plötzliches Kauen* und *Koten ohne Kotabgabe* statistisch nicht untersucht werden. Dennoch ließen sich gerade bei diesen Verhaltensweisen in Abhängigkeit der morgendlichen Futterverteilung distinkte Unterschiede nachweisen.

⁸ Bewegungstereotypen wie Weben, Kopfschlagen oder stereotypes Gehen, die sowohl bei Panzernashörnern (WIDUCH 1999) als auch bei Spitzmaulnashörnern (CANTZLER 1996) im Zoo häufig auftreten, wurden für Breitmaulnashörner bisher nicht beschrieben und konnten im Rahmen der vorliegenden Studie auch nicht beobachtet werden.

a) *Hornreiben*

Hornreiben konnte sowohl morgens als auch nachmittags beobachtet werden. In Abhängigkeit der Futterverteilung zeigte keines der fünf Breitmaulnashörner dieses Verhalten unterschiedlich lange.

Hornreiben wurde im Freiland bei Breitmaulnashörnern nur sehr selten und meist im Kontext von ritualisierten Revierkämpfen beobachtet (OWEN-SMITH 1971, 1972; MEISTER & OWEN-SMITH 1997). Im Zoo hingegen werden die Hörner sehr häufig und ausdauernd an verschiedensten Gegenständen gerieben, die ausreichend Widerstand bieten (HEDIGER 1948; MEISTER 1997a; RUEMLER 1991; SCHENKEL & LANG 1969; SCHMIDT 1995). Aufgrund der stark erhöhten Frequenz von Hornreiben im Zoo lässt sich dieses Verhalten in Anlehnung an SAMBRAUS (1993) als haltungsbedingte Verhaltensstörung interpretieren. Da durch exzessives Hornreiben tiefe Kerben und Kanten an den Hörnern entstehen, wird ein häufiges Auftreten dieser Verhaltensweise als negativ bewertet (CANTZLER 1996; RUEMLER 1991; SCHENKEL & LANG 1969; WIDUCH 1999). Auch wenn das Nasenhorn ausschließlich aus Hornsäulchen und Zwischenhornsubstanz gebildet wird (KEMNITZ et al. 1991; NEUSCHULZ & MEISTER 1998; siehe auch: RACHLOW & BERGER 1997), kann exzessives Hornreiben durchaus als eine Art Automutilation angesehen werden. Zudem sind inzwischen im Zoo lebende Panzernashörner beschrieben worden, die sich ihre Hornsubstanz vollständig abgerieben haben (WIDUCH 1999). Breitmaulnashörner mit solchen Schädigungen sind allerdings nicht beobachtet worden. Auch die Tiere der vorliegenden Untersuchung wiesen nicht annähernd solche Schäden auf (s. Abb. 1a-e, S. 8 und 9).

Als Ursache für das vermehrte Hornreiben im Zoo wird ein Beschäftigungsmangel der Tiere diskutiert (CANTZLER 1996; MEISTER 1997a; O'CONNOR 1982; SCHENKEL & LANG 1969; SCHROEDER 1999; WIDUCH 1999). Beschäftigungsmangel und somit vermehrtes Hornreiben soll vor allem darauf beruhen, dass Breitmaulnashörner im Zoo sehr viel weniger Zeit brauchen, um ausreichend Nahrung aufzunehmen, als im Freiland (MEISTER 1997a). Dennoch berichtet O'CONNOR (1982), die eine Gruppe aus 2 männlichen und 12 weiblichen Breitmaulnashörnern unter sehr naturnahen Haltungsbedingungen beobachtete, dass sich die Tiere - trotz identischer Nahrungsaufnahmezeiten wie im Freiland - ihre Hörner durch ausgiebiges Reiben an Baumstümpfen, Zäunen und Bahngleisen stark verformt hatten. Es ist daher zu vermuten, dass noch andere Ursachen für vermehrtes Hornreiben existieren. OWEN-SMITH (1973) beobachtete im Umfolozi Schutzgebiet objektgerichtetes Hornreiben bei Breitmaul-

nashörnern vermehrt an Regentagen. Auch in der vorliegenden Studie zeigten alle untersuchten Tiere hochsignifikant länger Hornreiben, wenn es regnete, als wenn es trocken war (s. Kap. 3.1.1, S. 29). OWEN-SMITH (1973) führte die Unterschiede im Hornreiben darauf zurück, dass die Tiere an Regentagen kürzer ruhten als an trockenen Tagen. Da aber Hornreiben auch gehäuft auftrat, nachdem Breitmaulnashörner gesuhlt hatten (O'CONNOR 1982; SCHROEDER 1999) oder von einem Tierpfleger mit Wasser abspritzt wurden (KALTHOFF 2000), und Hornreiben sich darüber hinaus auch allein durch Nässen des Nasenhorns auslösen ließ (eigene Beobachtungen), scheint nicht das verkürzte Ruhen, sondern vielmehr die Feuchtigkeit des Horns eine Ursache für vermehrtes Hornreiben zu sein. Wahrscheinlich führt die feuchte Hornsubstanz zu einem Juckreiz, den die Tiere durch Reiben des Hornes zu befriedigen suchen.

In der vorliegenden Arbeit zeigten die Breitmaulnashörner an trockenen Tagen in Abhängigkeit der Futterverteilung keine Unterschiede in der Dauer des Hornreibens. Die vermutlich höhere Belastung während der Ein-Haufen-Fütterung scheint das Auftreten dieser Verhaltensweise nicht zu verändern. MEISTER (1997a) hingegen konnte für Bullen häufiger Hornreiben in der geklumpten Futtersituation nachweisen. Allerdings beschreibt sie das Hornreiben der Bullen als eine gesonderte Form, die sich durch wenige kraftvolle Bewegungen äußert. In der vorliegenden Studie konnte diese Form des Hornreibens nicht beobachtet werden. Das könnte z. B. auf das viel geringere Alter des Bullen zurückzuführen sein. In der vorliegenden Untersuchung zeigten beide Geschlechter Hornreiben in kleinen, gleichmäßigen und wenig kraftvollen Bewegungen. Diese Art des Hornreibens scheint mit der zweiten Form übereinzustimmen, die MEISTER (1997a) beschreibt und für die sie ebenfalls keine Unterschiede in Abhängigkeit der Futterverteilung fand. KALTHOFF (2000) wies für einige Tiere mehr Hornreiben nach, wenn sich die Besucher auffällig oder laut verhielten. Im Gegensatz zu der vorliegenden Studie kann aber hier der Einfluss der Hornfeuchtigkeit nicht ausgeschlossen werden.

Insgesamt scheint das Auftreten von Hornreiben bei Breitmaulnashörnern vorrangig durch den Feuchtigkeitsgrad des Hornes beeinflusst zu werden. Da aber auch reduzierte Fresszeiten Einfluss nehmen können und ferner sich verschiedene Ausprägungen unterscheiden lassen, stellt Hornreiben eine nur schwierig und differenziert zu interpretierende Verhaltensweise dar.

b) *Plötzliches Kauen*

Plötzliches Kauen konnte sowohl morgens als auch nachmittags registriert werden. Abgesehen von Vicky, die am Nachmittag dieses Verhalten in beiden Futtersituationen gleich häufig ausführte, zeigten alle Tiere sowohl morgens als auch nachmittags Plötzliches Kauen in der geklumpten Futtersituation deutlich häufiger als in der dispersen Futtersituation.

Obwohl inzwischen einige umfangreiche Untersuchungen zum Verhalten der Breitmaulnashörner im Freiland bzw. im Zoo vorliegen, wurde Plötzliches Kauen bisher nicht beschrieben (detaillierte Ethogramme: MEISTER 1997a; OWEN-SMITH 1973; SCHMIDT 1995). Plötzliches Kauen wurde definiert als das Auftreten von Kaubewegungen, nachdem das Tier mindestens fünf Minuten nicht mehr gefressen hatte. Dieses Verhalten ist insofern sehr ungewöhnlich, als dass Nashörner keine Wiederkäuer sind (ENDO et al. 1999; GANSLOBER 1997). Plötzliches Kauen konnte ausschließlich während oder kurz nach einer agonistischen Interaktion beobachtet werden. Daher liegt die Vermutung nahe, dass Plötzliches Kauen eine Übersprungbewegung darstellt. Nach IMMELMANN (1982) tritt eine Übersprungbewegung außerhalb der Verhaltenssequenz auf, für die sie ursprünglich entwickelt wurde, und erfüllt nicht den biologischen Zweck, an den sie eigentlich angepasst ist. Übersprungbewegungen sollen ihre Ursache in motivationalen Konfliktsituationen haben: Zwei miteinander nicht vereinbare Verhaltensweisen sind durch ihre etwa gleich starke Aktivierung gehemmt (IMMELMANN et al. 1996; MANNING & DAWKINS 1992; MCFARLAND 1989). Als häufiges Beispiel wird die Balance von Angriff und Flucht in agonistischen Auseinandersetzungen genannt (MCFARLAND 1989). So beobachteten AURELI & VAN SCHAİK (1991) einen enormen Anstieg in der Häufigkeit von Übersprungbewegungen während bzw. unmittelbar nach aggressiven Interaktionen. Ursprünglich wurde angenommen, dass in einer solchen Konfliktsituation die Energie der gehemmten Verhaltensweisen auf eine dritte, zuvor unmotivierte Verhaltensweise überspringt und somit in Gang setzt (Übersprunghypothese: TINBERGEN 1940). Heute wird überwiegend davon ausgegangen, dass die Übersprungbewegung bereits mit geringem Grad aktiviert war, aber zunächst durch die beiden anderen Verhaltensweisen gehemmt wurde. In der Konfliktsituation soll sie dann durch Enthemmung zum Durchbruch kommen (Enthemmungshypothese: ANDREW 1956 zitiert in MCFARLAND 1989). So zeigten futterdeprivierte Tiere Übersprungbewegungen vermehrt aus dem Bereich der Ernährung (MCFARLAND 1965). Die meisten der beschriebenen Übersprungbewegungen entstammen dem Bereich des Komfortverhal-

tens oder, wie auch hier bei den Breitmaulnashörnern, dem Bereich der Nahrungsaufnahme (IMMELMANN et al. 1996; TINBERGEN 1951). MAESTRIPIERI et al. (1992), die in ihrem Review Übersprungbewegungen bei Primaten zusammenstellten, kommen zu dem Schluss, dass Übersprungbewegungen gehäuft in Situationen mit sozialem Stress zu beobachten sind. Ihrer Meinung nach geht das Auftreten von Übersprungbewegungen einher mit Gefühlszuständen wie Unsicherheit und Angst. Sie stützen ihre Auffassung auch darauf, dass eine Applikation von anxiogenen Psychopharmaka das Auftreten von übersprungtypischen Verhaltensweisen erhöht (CRAWLEY et al. 1985) während anxiolytische Substanzen reduzierend wirken (SHINO et al. 1991).

Die vermehrte Beobachtung von Plötzlichem Kauen an Tagen der geklumpten Fütterung könnte daher als Ausdruck einer verstärkten psychischen Belastung gesehen werden, verursacht durch die stark erhöhte Frequenz des aggressiven Verhaltens während der Ein-Haufen-Fütterung. Es scheint, als könnte Plötzliches Kauen als ein verhaltensbiologischer Indikator für psychosoziale Unsicherheit bei Breitmaulnashörnern angesehen werden.

Doch mit hoher Wahrscheinlichkeit liegt dem vermehrten Auftreten von Plötzlichem Kauen an Tagen der Ein-Haufen-Fütterung auch ein völlig anderer Zusammenhang zugrunde.

Plötzliches Kauen konnte nur dann beobachtet werden, wenn das Tier zuvor *Brüllen* gezeigt hatte. Brüllen ist eine Vokalisationsform, die einen aggressiven Kontext erhöhter Eskalationsstufe charakterisiert (MEISTER 1997a; OWEN-SMITH 1973; SCHMIDT 1995). In zwei Fällen (Vicky und Harry) wurde beobachtet, dass ein Breitmaulnashorn beim Brüllen etwa eine Handvoll mit Speichel durchweichter Heureste ausstieß, obwohl die letzten Kaubewegungen mindestens fünf Minuten zurücklagen. Vermutlich war das Heu noch nicht vollständig abgeschluckt und wurde durch den für diese Lautäußerung typischen, kräftigen Luftausstoß aus dem Maul befördert. Da Brüllen in Länge und Lautstärke sehr variabel geäußert wird (SCHMIDT 1995), ist es wahrscheinlich, dass in einigen Fällen noch nicht vollständig abgeschluckte Heureste zwar im Maul bewegt, aber nicht ausgestoßen wurden. Auf diese Weise bekäme das Breitmaulnashorn einen für den Beobachter unsichtbaren, aber funktionsrelevanten Reiz, Kaubewegungen auszuführen. In diesem Fall wäre das Auftreten von Plötzlichem Kauen zwar an agonistische Interaktionen gekoppelt, die Ursache dafür läge aber nicht in einer motivationalen Konfliktsituation.

Die erhöhte Registrierung von Plötzlichem Kauen an Tagen der geklumpton Fütterung sollte demnach einhergehen mit vermehrtem Brüllen in dieser Füttersituation. Dies kann nicht direkt belegt werden, da bei der Aufnahme des aggressiven Verhaltens nicht zwischen *Fauchen* und *Brüllen* unterschieden wurde. Da aber alle Breitmaulnashörner in der geklumpton Füttersituation häufiger aggressives Verhalten zeigten als in der dispersen Füttersituation und zudem für ein Tier ein erhöhter Eskalationsgrad in seinen Auseinandersetzungen während der Ein-Haufen-Fütterung nachgewiesen werden konnte, ist es sehr wahrscheinlich, dass jedes der fünf Tiere während der geklumpton Fütterung - als Voraussetzung für mehr Plötzliches Kauen - mehr gebrüllt hatte.

Plötzliches Kauen muss dementsprechend nicht notwendigerweise eine Übersprungbewegung bei Breitmaulnashörnern sein. Ihre Eignung als ethologischer Indikator für psychosoziale Belastung ist daher nicht zweifelsfrei.

c) Koten ohne Kotabgabe

Koten ohne Kotabgabe wurde noch seltener protokolliert als *Plötzliches Kauen*. Es war fast ausnahmslos morgens zu beobachten. Der Bulle wies in der geklumpton Füttersituation sehr viel höhere Werte auf als in der dispersen Füttersituation. Alle anderen Nashörner zeigten Koten ohne Kotabgabe sogar ausschließlich an Tagen der geklumpton Fütterung.

Bei den meisten Säugetieren ist das Koten durch arttypische Bewegungsabläufe und Körperhaltungen gekennzeichnet (zur Übersicht: ALTMANN 1969). Die Kotabgabe bei Breitmaulnashörnern ist eingebettet in eine Abfolge verschiedener Verhaltensweisen: Aufsuchen des Kotplatzes; Beriechen vorhandener Kotreste; Ausrichten des Körpers (das Tier stellt sich mit leicht angehobenem Kopf caudal zum Kotplatz; Vorder- und Hinterbeine werden seitlich gesehen auf eine Höhe gebracht, wobei die Vorderbeine dicht beieinander, die Hinterbeine weit auseinander stehen); Schwanz-Hochbiegen; Kotabgabe; Scharren (die Hinterbeine werden alternierend nach hinten bewegt) und Absenken des Schwanzes beim Verlassen des Kotplatzes. Abgesehen vom Scharren, das teilweise auch unmittelbar vor der Kotabgabe oder gar nicht gezeigt wird, ist diese Abfolge von Verhaltensweisen in ihrer Ausprägung nur sehr wenig variabel (FOSTER 1960; OWEN-SMITH 1973; MEISTER 1997a; SCHENKEL & LANG 1969; SCHMIDT 1995) und kann bereits bei wenige Tage alten Jungtieren (DITTRICH 1971) und Handaufzuchten (BIGALKE 1960) beobachtet werden. Solche starren, extrem umweltstabilen

Abfolgen verschiedener, auch in anderen Kontexten auftretender Verhaltensweisen werden als „Verhaltensfolgen“ bezeichnet (FRANK 1997).

Beim Koten ohne Kotabgabe wird die oben beschriebene, charakteristische Abfolge verschiedener Verhaltenselemente - ohne Auftreten eines für den Beobachter erkennbaren Reizes (z. B. Annähern eines Artgenossen) - nach dem Ausrichten des Körpers oder nach dem Hochbiegen des Schwanzes abgebrochen. Da das Tier den Kotplatz verlässt, ohne Kot abgegeben zu haben, wird die Funktion der Verhaltensfolge (*Koten*) nicht erfüllt. Koten ohne Kotabgabe stellt also eine Verhaltensstörung in Form einer abgebrochenen Verhaltensfolge dar. Da ab- oder unterbrochene Verhaltensfolgen vermehrt in inadäquaten Haltungen beobachtet werden können (ANDREAE & SMIDT 1982), wird ihr gehäuftes Auftreten als Indikator für ein vermindertes Wohlergehen gewertet (BROOM & JOHNSON 1993; FRASER & BROOM 1990). Das vermehrte bzw. ausschließliche Vorkommen von Koten ohne Kotabgabe in der geklumpton Füttersituation kann also als ein weiterer Hinweis darauf verstanden werden, dass die Breitmaulnashörner an Tagen der Ein-Haufen-Fütterung einer verstärkten Belastung ausgesetzt waren.

Obwohl Koten ohne Kotabgabe nur sehr selten beobachtet wurde, zeigten doch alle fünf untersuchten Nashörner diese Verhaltensstörung. Koten ohne Kotabgabe ist demnach kein individuelles Phänomen, sondern scheint einen allgemeingültigen Belastungsindikator für diese Tierart darzustellen. Gestützt wird diese Annahme durch den Befund von SCHMIDT (1995), der während eines ähnlichen Fütterungsexperiments in einer Phase erhöhter Belastung diese Verhaltensstörung bei einem weiteren Breitmaulnashorn beobachten konnte. Auffälligerweise handelte es sich dabei um das Männchen der Gruppe, das SCHMIDT (1995) als den häufigsten Adressaten für aggressives Verhalten beschreibt. Auch in der vorliegenden Untersuchung wurde der größte Anteil des aggressiven Verhaltens gegen den Bullen gerichtet. Er war zudem dasjenige Tier, welches am häufigsten Koten ohne Kotabgabe zeigte. Dass Koten ohne Kotabgabe aber nicht nur im Zusammenhang mit vermehrter Aggression, sondern auch in anderen belastenden Situationen auftreten kann, beweist folgende (eigene) Beobachtung: Natala zeigte am zweiten Tag nach ihrem Transport (s. Kap. 2.3.3, S. 15) zweimal Koten ohne Kotabgabe. Sie war zu diesem Zeitpunkt noch nicht mit den beiden Erfurter Tieren vergesellschaftet und hatte bereits einige Male „normal“ gekotet.

Auch wenn bisher keine weiteren Hinweise auf Koten ohne Kotabgabe in der Literatur vorliegen, spricht doch alles dafür, dass es sich bei diesem Verhalten um einen generellen ethologischen Belastungsindikator für Breitmaulnashörner handelt.

4.2.2 Unterschiede in der Hormonkonzentration aufgrund der Futterverteilung

Um den Einfluss der Futterverteilung auf das Wohlergehen der Breitmaulnashörner zu ermitteln, wurde nicht nur das Verhalten der Tiere untersucht, sondern auch eine physiologische Messgröße herangezogen. So wurden während des Fütterungsexperiments jedem Nashorn 80 Speichelproben entnommen, um aus dem Speichel die Konzentration des Glucocorticoids Corticosteron zu bestimmen. Bereits in Kapitel 4.1.2 (s. S. 78) und 4.1.3 (s. S. 81) wurden die Eignung von Glucocorticoiden als Belastungsindikatoren sowie Möglichkeiten und Probleme ihrer Messung diskutiert. Demnach können erhöhte Corticosteronkonzentrationen im Speichel der Breitmaulnashörner als verlässliche Indikatoren für einen erhöhten Belastungszustand der Tiere angesehen werden.

In Abhängigkeit der morgendlichen Futterverteilung konnten deutliche Unterschiede in der Speichel-Corticosteronkonzentration nachgewiesen werden. Jedes der fünf untersuchten Breitmaulnashörner zeigte sowohl morgens als auch abends an Tagen der geklumpten Fütterung signifikant höhere Speichel-Corticosteronkonzentrationen als an Tagen der dispersen Fütterung.

Alle fünf Nashörner waren also an Tagen, an denen das Heu morgens in Form eines einzigen Haufens angeboten wurde, stärker belastet, als an Tagen mit ausschließlich disperser Fütterung. Auch in der vorangegangenen Studie (SCHMIDT 1995) konnte eine erhöhte Belastung der Breitmaulnashörner während der geklumpten Fütterung anhand erhöhter Speichel-Corticosteronkonzentrationen nachgewiesen werden. Während SCHMIDT (1995) aufgrund der geringen Probenanzahl nur die Mittelwerte der Tiere für eine statistische Untersuchung einsetzen konnte, standen in der vorliegenden Studie mit insgesamt 400 Speichelproben genügend Einzelwerte zur Verfügung, um eine Statistik pro Tier durchzuführen. Der Zusammenhang zwischen geklumpter Fütterung und erhöhter Belastung konnte so stärker abgesichert werden.

Die verstärkte Aktivität des Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems an Tagen der geklumpten Fütterung hängt sicherlich mit dem in dieser Situation stark vermehrten

Auftreten von offensiv-aggressivem Verhalten zusammen. Zur Erinnerung: Jedes der untersuchten Breitmaulnashörner zeigte sowohl am Morgen als auch am Nachmittag signifikant oder nahezu signifikant mehr offensiv-aggressives Verhalten, wenn das Heu morgens geklumpt angeboten wurde. Da dieser Unterschied sowohl während als auch außerhalb der Nahrungsaufnahme nachgewiesen werden konnte, handelt es sich hierbei um die auffälligste Verhaltensänderung während des Fütterungsexperiments. Eine Vielzahl von Autoren beschreibt, dass bei Säugetieren ein vermehrtes Auftreten von aggressiven Auseinandersetzungen zu einer Erhöhung der Glucocorticoidkonzentration führt (ALBERTS et al. 1992; BOWMAN et al. 1978; BRADLEY 1987; CHRISTIAN 1975; CREEL et al. 1995; FERNANDEZ et al. 1994; GOYMANN 1999; VON HOLST 1994, 1998; PARROTT & MISSON 1989; SACHSER 1994a; SAPOLSKY 1986, 1992b; WALLNER et al. 1997). Auch für Breitmaulnashörner lagen Hinweise auf diesen Zusammenhang bereits vor (SCHMIDT 1995; SCHMIDT & SACHSER 1997). Dass vermehrte Aggression nicht notwendigerweise zu einer Erhöhung der Nebennierenrindenaktivität bei dieser Tierart führen muss, zeigen die Arbeiten von MEISTER (1997a) und KALTHOFF (2000). MEISTER (1997a) untersuchte eine Gruppe Breitmaulnashörner (ein Männchen und fünf Weibchen) in einem dreiphasigen Fütterungsexperiment (geklumpt-dispers-geklumpt) und maß als Belastungsindikator die Cortisol(metabolit)konzentration im Urin der Tiere. Auch sie fand in den Phasen der geklumpten Füttersituation eine deutlich erhöhte Aggression der Tiere. Die Hormonkonzentrationen nahmen bei den meisten Tieren mit dem Wechsel von geklumpter zu disperser Fütterung zwar ab, stiegen aber beim erneuten Wechsel zur geklumpten Fütterung nur bei einem Tier an. Ihrer Argumentation folgend, sollen die Tiere gelernt haben, die Konkurrenzsituation um das geklumpte Futter zu entschärfen, indem sie Heu vom Futterplatz wegschleppten oder zeitlich nacheinander fraßen. Letzteres war im Gegensatz zur vorliegenden Studie möglich, da das Heu nicht in der Menge begrenzt, sondern „ad libitum“ angeboten wurde. Dieser Lerneffekt spiegelte sich in der Häufigkeit aggressiver Interaktionen wider: Die Anzahl der aggressiven Auseinandersetzungen in der zweiten geklumpten Phase war zwar höher als während der dispersen Fütterung, aber doch deutlich niedriger als in der ersten geklumpten Phase. Die durch einen Lerneffekt veränderte Aggressionshäufigkeit scheint demnach die Ursache für die unterschiedliche Stressantwort der Tiere zu sein. Auch die Daten von SCHMIDT (1995), der zum Ende des Fütterungsexperiments eine Zunahme der Aggression verzeichnete, deuten darauf hin, dass das aggressive Verhalten der Breitmaulnashörner in solchen Experimenten durch Lernen beeinflusst wird (vgl.

auch: Kap. 4.1.1, S. 77). In der vorliegenden Studie konnte ein solcher Lerneffekt aber für jedes der untersuchten Tiere ausgeschlossen werden (s. Kap. 3.1.2, S. 30). KALTHOFF (2000) untersuchte die Nashörner der vorliegenden Studie etwa ein Jahr, nachdem Natala in den ZooPark Erfurt gebracht wurde, in Abhängigkeit des Besucher-aufkommens und Besucherverhaltens. Obwohl die Tiere an „lauten“ Tagen vermehrt agonistische Auseinandersetzungen zeigten, konnte er keine Unterschiede in den Speichel-Corticosteronkonzentrationen⁹ finden. Im Vergleich mit der vorliegenden Studie zeigten die Breitmaulnashörner während der Beobachtungen von KALTHOFF (2000) sehr viel weniger agonistische Interaktionen. Zusammengenommen deuten die Befunde der Studien darauf, dass die Stärke der Stressantwort von dem Grad der Aggression abhängt. Es könnte daher vermutet werden, dass die bereits im Kapitel 4.2.1.2 (s. S. 99) diskutierte asymmetrische Verteilung des aggressiven Verhaltens innerhalb der untersuchten Nashorngruppe zu interindividuellen Unterschieden in den Speichel-Corticosteronkonzentrationen geführt hat. Auffälligerweise stellte der Bulle der vorliegenden Studie in beiden Futtersituationen nicht nur den häufigsten Adressaten für aggressives Verhalten dar, sondern wies zudem im Mittel höhere Speichel-Corticosteronkonzentrationen auf als die Weibchen. Den gleichen Befund beschreibt SCHMIDT (1995) für einen älteren Bullen. Auch in der Studie von MEISTER (1997a) war der Bulle häufiger Ziel aggressiven Verhaltens als jedes andere Tier der Gruppe. Allerdings zeigte der Bulle hier ähnlich hohe Cortisol(metabolit)konzentrationen im Urin wie die Weibchen, was im Gegensatz zu den vorher genannten Arbeiten nicht auf eine höhere Nebennierenrindenaktivität des Männchens hinweist. Da weitere physiologische Untersuchungen zum Belastungszustand von Breitmaulnashörnern jedoch fehlen und zudem viele Faktoren, wie z. B. soziale Erfahrung oder körperliche Kondition, individuelle Unterschiede in der Stressantwort hervorrufen können (zur Übersicht: HOFER & EAST 1998; WINGFIELD et al. 1998), müssen die höheren Speichel-Corticosteronkonzentrationen von Harry nicht notwendigerweise auf die vermehrte Beteiligung an aggressiven Auseinandersetzungen zurückzuführen sein. SCHMIDT (1995) beschrieb, dass Harry, der zu dieser Zeit in unmittelbarer Nachbarschaft zur Gruppe¹⁰ einzeln untergebracht war, immer dann erhöhte Corticosteronkonzentrationen im Speichel aufwies, wenn in der Nashorngruppe viele agonistische Interaktionen auftraten. Dieser Befund kann als Hinweis darauf verstanden werden, dass nicht die

⁹ KALTHOFF (2000) benutzte dieselben Speichelentnahme- und Analysetechniken wie die vorliegende Studie.

¹⁰ Zu dieser Zeit lebte der 24jährige Bulle Joseph mit den Weibchen zusammen.

direkte Beteiligung an einer aggressiven Interaktion den Ausschlag zur Aktivierung des Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems gibt, sondern vornehmlich emotionale Prozesse dafür verantwortlich sind (HENRY 1982; HENRY & STEPHENS 1977; MASON 1968b). So geht man heute davon aus, dass eine verstärkte Nebennierenrindenaktivität mit dem inneren Zustand einer erhöhten Unsicherheit zusammenhängt (HENRY & STEPHENS 1977; VON HOLST 1998; SACHSER 1994a). Bezogen auf die untersuchten Breitmaulnashörner bedeutet dies, dass nicht die direkte Beteiligung an aggressiven Auseinandersetzungen, sondern vielmehr die in der Gruppe insgesamt erhöhte Aggression zu Veränderungen im Sicherheitsgrad und so zu einer Erhöhung der Speichel-Corticosteronkonzentration bei jedem Gruppenmitglied führte.

Der Belastungsunterschied der Breitmaulnashörner wurde anhand von Speichelproben ermittelt, die den Tieren abends und morgens in den Innenstallungen entnommen worden sind. Zu beiden Zeitpunkten waren die Corticosteronkonzentrationen in den Phasen der geklumpten Fütterung höher als in den Phasen der dispersen Fütterung. Dass dabei die Werte am Morgen etwas höher lagen als die am Nachmittag, bestätigt den Tagesgang der Hormonausschüttung (s. Kap. 4.1.3, S. 81). Betrachtet man den Ablauf eines experimentellen Tages (s. Abb. 6, S. 14) so fällt auf, dass zwischen der morgens gebotenen Ein-Haufen-Fütterung und der Speichelentnahme am Abend etwa neun Stunden lagen, und bis zur Entnahme am Morgen jedes Tier zudem knapp 13 Stunden allein in seinem Innenstall inklusive der Hauptfütteration verbrachte. Auf den ersten Blick erscheint es daher ungewöhnlich, dass der Belastungsunterschied noch so „spät“ nach dem vermeintlichen Auslöser bestimmbar war. Wie bereits oben erläutert, sind die erhöhten Speichel-Corticosteronkonzentrationen aber nicht als Antwort auf das vermehrte aggressive Verhalten im Bemühen um den einzelnen Haufen der geklumpten Futtersituation, d. h. als Folge eines akuten Stressors zu sehen. Sie werden vielmehr als Zeichen dafür gewertet, dass die Breitmaulnashörner in den Phasen, in denen morgens die Ein-Haufen-Fütterung stattfand, einem chronischen Stress unterlagen. Nur so ist erklärbar, dass die Nashörner während der Fütterung am Nachmittag, die immer in der dispersen Version durchgeführt wurde, Unterschiede in der Fressdauer oder in der Häufigkeit des aggressiven Verhaltens in Abhängigkeit der morgendlichen Futterverteilung zeigten. Auch ALEXANDER & IRVINE (1998) fanden langfristig erhöhte Cortisolkonzentrationen. Sie setzten Pferde täglich für kurze Zeit sozialen Stressoren aus und beobachteten, dass die Tiere bereits am dritten Tag erhöhte Konzentrationen an freiem

Cortisol in morgens entnommenen Blutproben aufwiesen. Da in ihrer Untersuchung zwischen der Blutentnahme und den letzten aggressiven Auseinandersetzungen etwa 20 Stunden lagen, interpretierten sie die Ergebnisse als ein Zeichen für chronischen Stress. Zusammenfassend wird von folgender Hypothese ausgegangen: Im Bemühen um die Nahrungsaufnahme am einzelnen Haufen der geklumpten Futtersituation initiierte jedes Breitmaulnashorn vermehrt aggressive Auseinandersetzungen. Die in dieser Situation insgesamt stark erhöhte Aggression innerhalb der Gruppe führte bei jedem Gruppenmitglied zu einer gesteigerten Unruhe und zu Veränderungen seines Sicherheitsgrades. Die langanhaltende Unsicherheit der Tiere spiegelt sich in den Verhaltensänderungen während des gesamten Tages wider (s. Kap. 4.2.1, S. 87) und ist Ursache für eine langfristig erhöhte Nebennierenrindenaktivität.

4.3 Zu Stallwechsel und Transport

Um die biologische Relevanz der Messung von Speichel-Corticosteron als Indikator für den Belastungszustand der Breitmaulnashörner zu bestätigen, wurde überprüft, ob Ereignisse, die gemeinhin als belastend anerkannt sind, wie der Wechsel in einen neuen Stall oder der Transport in einen anderen Zoo, bei den betroffenen Tieren erwartungsgemäß zu starken Erhöhungen der Speichel-Corticosteronkonzentration führen.

4.3.1 Unterschiede in der Hormonkonzentration aufgrund des Stallwechsels

Drei Monate nach dem Ende des Fütterungsexperiments wechselten die Kühe Natala und Vicky aus ihren Innenställen in die neu gebaute Nashornhalle (s. Abb. 2, S. 10) und verbrachten dort die Nacht gemeinsam. Beim Ausstallen am nächsten Morgen geschah ein Unfall, durch den die beiden Tiere für kurze Zeit im Pflegegang stecken blieben. Natala und Vicky gerieten in Panik und zogen sich leichte Verletzungen zu. Nach diesem Ereignis verbrachten beide Kühe die Nächte wieder in ihren alten, getrennten Innenställen.

Ursprünglich sollte überprüft werden, ob die Unterbringung in dem neuen Gehege zu einer Erhöhung der Speichel-Corticosteronkonzentrationen der betroffenen Tiere führt. Viele Tiere reagieren auf den Stressor „neue Umgebung“ mit einer verstärkten Nebennierenrindenaktivität (CARLSTEAD et al. 1992, 1993; CROCKETT et al. 1993; GRANDIN 1997; HAEMISCH 1990; PFISTER 1979; WEINBERG & WONG 1985). Oft wird

der Aufenthalt in einem unbekanntem Gehege auch als standardisierte Testsituation für die Reaktivität des Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems angewandt (Reaktionstest: z. B. SACHSER 1994a). Da in der vorliegenden Studie aber erst zwei Tage nach dem Stallwechsel wieder Speichel von den Tieren entnommen werden konnte¹¹, kann nicht zwischen der Reaktion auf die Übernachtung im neuen Gehege und der Reaktion auf den Unfall unterschieden werden.

Während alle unbeteiligten Gruppenmitglieder keine Veränderungen in ihren Speichel-Corticosteronkonzentrationen aufwiesen, waren die Werte von Natala und Vicky zwei Tage nach Stallwechsel und Unfall signifikant¹² erhöht. Der erhöhte Corticosterontiter entsprach bei Natala 200 % und bei Vicky 380 % des Mittelwerts der Ausgangskonzentrationen. Leider kann nicht gesagt werden, ob beide Tiere am ersten Tag nach dem Unfall noch höhere Konzentrationen aufgewiesen haben. Die Corticosteronkonzentration im Speichel von Natala war ab dem dritten Tag nach dem Unfall wieder so niedrig, dass sie sich nicht mehr von den Ausgangswerten unterschied. Bei Vicky hingegen verringerte sich die Konzentration so langsam, dass noch sechs Tage nach dem Unfall eine signifikant erhöhte Speichel-Corticosteronkonzentration gefunden werden konnten.

Die bei beiden betroffenen Tieren nach dem Stallwechsel und Unfall stark erhöhten Speichel-Corticosteronkonzentrationen belegen zweifelsfrei die biologische Relevanz ihrer Messung als einen Indikator für den Belastungszustand bei Breitmaulnashörnern.

Auffälligerweise unterschieden sich beide Tiere deutlich in der Stärke ihrer Stressantwort. So zeigte Vicky, die die niedrigeren Ausgangskonzentrationen der beiden Kühe aufwies, nach dem Stallwechsel und Unfall eine deutlich stärkere und längerfristige Erhöhung der Speichel-Corticosteronkonzentration als Natala. Da die Tiere während ihrer Übernachtung im neuen Innengehege nicht beobachtet wurden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass Vicky im Gegensatz zu Natala hier einem zusätzlichen Stressor, wie z. B. einem elektrischen Schlag an der Gehegebegrenzung ausgesetzt war. Wahrscheinlicher ist aber, dass Vicky von dem Unfall stärker betroffen war als Natala, da sie voranging, als dieser geschah. Vicky war daher das vordere Tier

¹¹ Sowohl am Morgen nach der Übernachtung im fremden Stall als auch am darauffolgenden Morgen (erster Morgen nach dem Unfall) ließen sich die Tiere keinen Speichel entnehmen. Erst am nächsten Morgen konnten wie gewohnt Speichelproben gewonnen werden. Das veränderte Verhalten der Tiere kann als Ausdruck einer starken Verunsicherung gesehen werden.

¹² siehe Fußnote Nr. 5, S. 73

in der kurzfristigen „Sackgasse“ und versuchte, während Natala sie von hinten heftig drängte, die umgebende Brüstung zu überwinden, was ihr aber nicht gelang. Die unterschiedlich stark erhöhten Reaktionswerte könnten aber auch an einer unterschiedlichen Kapazität der Nebennierenrinden der beiden Nashörner liegen, d. h. die beiden Tiere unterschieden sich in ihren Maximalkonzentrationen an Corticosteron. Die Kapazität der Nebennierenrinde kann im sogenannten ACTH-Test ermittelt werden (VON BOREL & HURNIK 1991; BROWN et al. 1995; ELY & HENRY 1978; VON HOLST 1986; ROSENTHAL et al. 1993; SACHSER 1994a; SASSEN RATH 1970; UMEDA et al. 1981). Bei diesem Test wird einem Tier soviel ACTH verabreicht, dass es zur maximal möglichen Ausschüttung der Glucocorticoide kommt. Die Kapazität der Nebennierenrinde kann zwischen zwei Individuen derselben Tierart durchaus sehr unterschiedlich sein (ELY & HENRY 1978; SACHSER 1994a; SASSEN RATH 1970). Ob das auch bei Vicky und Natala der Fall war, bleibt offen, da niemand den Tieren diesen Test zumuten wollte.

Obwohl derartige Unfälle sehr selten sind, konnten SCHWARZENBERGER et al. (1998) ebenfalls während einer Belastungsuntersuchung an einem Zootier die Auswirkungen eines zufälligen Unfalls messen. Sie untersuchten u. a. ein Okapi, das plötzlich durch eine Glasscheibe sprang. SCHWARZENBERGER et al. (1998) wiesen den stark belastenden Einfluss des Unfalls anhand der Cortisolmetabolitkonzentration im Kot des Tieres nach, die unmittelbar nach dem Ereignis deutlich erhöht war.

4.3.2 Unterschiede in der Hormonkonzentration aufgrund des Transports

Etwa ein halbes Jahr nach den im letzten Kapitel beschriebenen Ereignissen (Stallwechsel und Unfall) wurde die Nashornkuh Natala aus der Gruppe genommen, in den Zoopark Erfurt gebracht und dort mit zwei fremden, erwachsenen Breitmaulnashörnern (ein Männchen und ein Weibchen) vergesellschaftet.

Da Natala durch diese Aktion einer Vielzahl potentieller Stressoren ausgesetzt wurde (u. a. Kontaktabbruch zur vertrauten Gruppe; Verlust der bekannten Umgebung; Konfrontation mit der Transportkiste; Aufenthalt in der beengten Transportkiste; mehrstündige Fahrt mit dem LKW; unbekannte Umgebung und fremde Artgenossen), sollte diese Situation ebenfalls genutzt werden, um die Eignung des Speichel-Corticosterons als Belastungsindikator zu überprüfen.

Während Vicky in Abhängigkeit von Natalas Transport keine Veränderungen in ihren Speichel-Corticosteronkonzentrationen aufwies, zeigte Natala vom zweiten bis zum achten Tag nach ihrem Transport signifikant erhöhte Werte. Ihr erhöhter Corticosterontiter entsprach max. 250 % des Mittelwerts der Ausgangskonzentrationen.

Die starke und langfristige Erhöhung der Speichel-Corticosteronkonzentration des betroffenen Tieres bestätigt abermals die biologische Relevanz dieses Parameters als Indikator für den Belastungszustand von Breitmaulnashörnern.

Wie schon nach dem Stallwechsel mit Unfall ließ sich Natala auch nach ihrem Transport am ersten Morgen keinen Speichel entnehmen. Erst am zweiten Tag konnten die Proben wie gewohnt gewonnen werden. Die Verhaltensänderung am ersten Morgen kann als Ausdruck einer starken Unsicherheit interpretiert werden. Da insbesondere ein solcher Zustand mit einer verstärkten Nebennierenrindenaktivität einhergeht (HENRY & STEPHENS 1977; VON HOLST 1998; SACHSER 1994a), ist zu vermuten, dass Natala am ersten Tag nach ihrem Transport eine noch höhere Speichel-Corticosteronkonzentration aufwies, als dass am darauffolgenden Tag der Fall war.

Im Vergleich mit der Stressreaktion auf den Stallwechsel mit Unfall zeigte Natala nach dem Transport eine etwas stärkere und vor allem deutlich längerfristige Erhöhung der Speichel-Corticosteronkonzentration. Dies deutet darauf, dass Natala durch die mit dem Transport verknüpften Ereignisse stärker belastet wurde als durch den Stallwechsel und Unfall. Betrachtet man die Veränderungen der Corticosteronkonzentration im Verlauf der Tage nach ihrer Ankunft in Erfurt, so fällt auf, dass sie sich vom zweiten zum dritten Tag stark verringerte, dann aber wieder deutlich anstieg (s. Abb. 37, S. 75). Dieser deutliche Wiederanstieg ist vermutlich auf die Vergesellschaftung von Natala mit den zwei fremden, erwachsenen Breitmaulnashörnern zurückzuführen. Zur Erinnerung: Natala sollte sich nach ihrer Ankunft in Erfurt zunächst zwei Tage lang an die neue Umgebung gewöhnen. Erst am dritten Tag wurde sie mit den beiden Artgenossen zusammengebracht. Dabei kam es zu vielen sozialen Kontakten, vornehmlich zwischen Natala und dem fremden Bullen. Da ein Teil dieser Kontakte in Form von agonistischen Auseinandersetzungen stattfand und vermehrte Aggression auch bei dieser Tierart einen Stressor darstellt (s. Kap. 4.2.2, S. 114), spiegelt der erneute Anstieg der Corticosteronkonzentration den belastenden Effekt der Vergesellschaftung wieder. DATHE et al. (1992) nutzten ebenfalls die Konzentration von Glucocorticoiden im Speichel, um Belastungsunterschiede bei Asiatischen Elefanten nachzuweisen. Sie

fanden bei einer Elefantenkuh, die zuvor zwei Monate allein in der Quarantäne lebte, zwei Tage lang stark erhöhte Speichel-Cortisolkonzentrationen, nachdem sie mit fremden Artgenossinnen vergesellschaftet wurde.

Während Natala nach ihrem Transport deutlich erhöhte Reaktionswerte aufwies, unterschieden sich die Speichel-Corticosteronkonzentrationen von Vicky in Abhängigkeit dieses Ereignisses nicht. Das erscheint auf den ersten Blick nicht überraschend, da Vicky nicht transportiert wurde, entspricht aber dennoch nicht der Erwartung. Wie in Kap. 4.2.1.2 (s. S. 99) dargestellt, waren Natala und Vicky Bindungspartner. Wurden die Partner einer solchen Bindung getrennt, so zeigten Grevyzebras (RADEMACHER 1997) oder Giraffen (TAROU et al. 2000) deutliche Verhaltensänderungen, die auf eine Belastung der betroffenen Tiere schließen ließen. HODGDEN (1988), der im Zoo von North Carolina zwei weibliche Breitmaulnashörner kurzzeitig trennte, beobachtete bei den Tieren so starke Verhaltensänderungen, dass er beiden Weibchen einen „*high level of separation anxiety*“ zuschrieb. Da zudem die Trennung von Bindungen in der Stressforschung an Primaten oft als psychologischer Stressor eingesetzt wird, um endokrine Stressreaktionen auszulösen (COE 1993; COE & SCHEFFLER 1989; JOHNSON et al. 1996), war erwartet worden, dass Vicky durch die Trennung von ihrer Bindungspartnerin belastet würde. Die unveränderten Speichel-Corticosteronkonzentrationen widerlegen aber diese Erwartung. Anscheinend vermochten das bekannte Gehege sowie die vertrauten Gruppenmitglieder, auch wenn sie zuvor keine Bindungspartner von Vicky waren, so stark stressreduzierend¹³ zu wirken, dass es zu keiner Erhöhung der Nebennierenrindenaktivität kam. Ob Vicky vermehrt Kontaktrufe geäußert hat, wie HODGDEN (1988) es für beide betroffenen Tiere beschreibt und wie es von Natala in Erfurt registriert wurde, muss offen bleiben, da Vicky in dieser Phase nicht beobachtet wurde.

„Transportstress“ wurde anhand von stark erhöhten Glucocorticoidkonzentrationen bereits für verschiedene Säugetiere nachgewiesen (Haushund: KUHN et al. 1991; Hausziege: GREENWOOD & SHUTT 1992; NWE et al. 1996; Hausschaf: BROOM et al. 1996; FORDHAM et al. 1989; Hausrind: FELL & SHUTT 1986; PALME et al. 2000; Hauspferd: SMITH et al. 1996; Alpaka: ANDERSON et al. 1999; Rothirsch: WAAS et al.

¹³ Die stressreduzierende Wirkung von Bindungspartnern ist für viele Tierarten gezeigt worden und wird allgemein als „social support“ bezeichnet (VON HOLST 1998).

1999; Okapi: SCHWARZENBERGER et al. 1998; Bengalkatze: CARLSTEAD et al. 1993a; Tüpfelhyäne: GOYMANN 1999). Teilweise wurden dazu auch Speichelproben herangezogen (GREENWOOD & SHUTT 1992; FELL & SHUTT 1986). Nach COOK (1997) sollen domestizierte Tierarten nach starken Stressoren wie z. B. dem Transport Speichel-Glucocorticoidkonzentrationen aufweisen, die um 100 bis 700 % gegenüber den Ausgangswerten erhöht sind. Da domestizierte Tiere ferner als ein typisches Merkmal eine geringere Reaktion des Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems als Wildtiere zeigen sollen (HEMMER 1983; KÜNZL & SACHSER 1999), erscheinen die in der vorliegenden Studie ermittelten stärksten Erhöhungen der Speichel-Corticosteronkonzentrationen bei Breitmaulnashörnern mit 150 % (Natala) und 280 % (Vicky) vergleichsweise gering. Allerdings muss hier berücksichtigt werden, dass diese Erhöhungen jeweils zwei Tage nach Auftreten des Stressors gemessen wurden. Wie bereits oben erläutert, handelt es sich daher aller Wahrscheinlichkeit nach nicht um die bei dieser Tierart maximal möglichen Speichel-Corticosteronkonzentrationen.

4.4 Resümee

Aufbauend auf meiner Diplomarbeit (SCHMIDT 1995) hatte die vorliegende Untersuchung zwei wesentliche Ziele: Zum einen sollte die biologische Relevanz der Messung von Speichel-Corticosteron als Indikator für den Belastungszustand von Breitmaulnashörnern validiert werden. Zum anderen sollte der Einfluss der Futterverteilung auf das Verhalten und den Belastungszustand der Tiere überprüft werden.

a) Speichel-Corticosteron als physiologischer Belastungsindikator

Erhöhte Corticosteroidkonzentrationen im Blut gelten für zahlreiche Wirbeltierarten als verlässliche Belastungsindikatoren (s. Kap. 4.1.2, S. 78). Die vorliegende Studie konnte für Breitmaulnashörner erstmals eine hohe, positive Korrelation zwischen den Corticosteroidkonzentrationen im Blut und denen im Speichel statistisch abgesichert nachweisen. Dabei zeigte sich, dass das Verhältnis der Konzentrationen von Cortisol zu Corticosteron im Blut 2:1 und im Speichel 1:4 beträgt. Ursachen für diesen Unterschied werden im Kapitel 4.1.3 (s. S. 81) diskutiert. Da im Speichel der Breitmaulnashörner mehr Corticosteron als Cortisol vorlag, wurde für eine nicht-invasive Stressdiagnostik die Messung von Speichel-Corticosteron favorisiert. Die Konzentration von Corticosteron wurde nach Extraktion der Speichelproben mit

Dichlormethan im Verfahren eines Radioimmunoassays unter Einsatz kommerzieller Antikörper bestimmt. Diese Technik erwies sich als robust und gut reproduzierbar. Sie war empfindlich genug, um die relativ geringen Corticosteronkonzentrationen in einem Probenvolumen von 300 µl Speichel sicher zu bestimmen. Für die Konzentration von Corticosteron im Speichel der Breitmaulnashörner wurden Schwankungen im Tagesverlauf festgestellt, die auf einen circadianen Rhythmus des Hormontiters hindeuten. Um diesen vernachlässigen zu können, fand die Entnahme der Speichelproben immer zur gleichen Tageszeit statt. Eine Speichelentnahme am Morgen wurde bevorzugt, da morgens die höchsten Corticosteronkonzentrationen auftraten. Nach einem Transport sowie nach einem Unfall (im Rahmen eines Stallwechsels), also nach Ereignissen, die als belastend anerkannt sind, konnten im Speichel der betroffenen Breitmaulnashörner stark erhöhte Corticosteronkonzentrationen nachgewiesen werden, die 200 - 380 % der Ausgangskonzentrationen entsprachen. Dadurch konnte die biologische Relevanz der Messung von Speichel-Corticosteron als Indikator für den Belastungszustand von Breitmaulnashörnern validiert werden.

Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Konzentration von Speichel-Corticosteron einen verlässlichen Belastungsindikator für Breitmaulnashörner darstellt.

b) Einfluss der Futterverteilung auf Verhalten und Belastungszustand

Fünf Breitmaulnashörner wurden zehn Wochen lang einem Fütterungsexperiment ausgesetzt (s. Kap. 2.3.1, S. 13 oder Kap. 4.2, S. 86).

Anhand signifikant erhöhter Speichel-Corticosteronkonzentrationen konnte zweifelsfrei nachgewiesen werden, dass jedes Breitmaulnashorn an Tagen der geklumpten Füttersituation stärker belastet war als an Tagen der dispersen Füttersituation. Die während des Fütterungsexperiments ermittelten maximalen Konzentrationen waren aber deutlich niedriger als die, die z. B. nach dem Transport eines Tieres auftraten. Da der Unterschied der Corticosteronkonzentrationen sowohl in den am Morgen als auch in den am Abend entnommenen Speichelproben festgestellt wurde, hatte die morgendliche Futterverteilung einen langfristigen Einfluss auf den Belastungszustand der Nashörner. Es wird davon ausgegangen, dass die Breitmaulnashörner in den Phasen der geklumpten Fütterung ganzjährig einem chronischen Stress unterlagen.

Dieser Belastungsunterschied spiegelte sich auch in zahlreichen Verhaltensänderungen wider. In Abhängigkeit der morgendlichen Futterverteilung konnten Unterschiede sowohl in den Bereichen des Individual- und Sozialverhaltens als auch in den Verhaltensauffälligkeiten beobachtet werden. Wie in der vorangegangenen Studie (SCHMIDT 1995) traten Verhaltensänderungen während der Nahrungsaufnahme auf. Darüber hinaus konnten Verhaltensunterschiede auch abseits der Futterhaufen nachgewiesen werden. Einige Unterschiede im Verhalten wurden nur morgens beobachtet, andere erstreckten sich über den ganzen Tag. Die zweite Fütterung am Nachmittag konnte also den Effekt der morgendlichen Futterverteilung auf das Verhalten der Nashörner zumindest teilweise nicht kompensieren. Allerdings gab es in allen untersuchten Verhaltensbereichen einige Verhaltensweisen, die durch die Futterverteilung nicht beeinflusst wurden¹⁴. Zudem konnten einige Verhaltensänderungen nicht für alle Gruppenmitglieder abgesichert werden. Demnach waren die protokollierten Verhaltensweisen unterschiedlich gut geeignet, den endokrinologisch nachgewiesenen Belastungsunterschied aufzuzeigen.

Der stärkste und für den Beobachter auffälligste Unterschied ergab sich im *offensiv-aggressiven Verhalten* der Breitmaulnashörner. Vor allem im Bemühen um die Nahrungsaufnahme am einzelnen Futterhaufen der geklumpten Füttersituation zeigte jedes Gruppenmitglied eine stark erhöhte Aggression. Diese vermehrte Aggression ist vermutlich die Ursache für die verstärkte Belastung der Nashörner an Tagen der geklumpten Füttersituation. Jedes Nashorn zeigte in der geklumpten Füttersituation aber auch abseits der Futterhaufen bzw. wenn das Heu aufgefressen war vermehrt aggressives Verhalten. Da die Nashörner zudem am Nachmittag - obwohl ihnen hier immer fünf Futterhaufen zur Verfügung standen - vermehrt aggressiv interagierten, wenn morgens die Ein-Haufen-Fütterung stattgefunden hatte, zeigte jedes Gruppenmitglied an Tagen der geklumpten Füttersituation eine langfristig erhöhte Aggression. Diese kann als Zeichen für eine stärkere Anspannung der Tiere an den Tagen mit geklumpter Futterverteilung aufgefasst werden.

Auf Spannungen zwischen den Gruppenmitgliedern weist auch das in der geklumpten Füttersituation zum Teil reduzierte Kontakt- und soziopositive Verhalten hin. Während die verringerten *Nasonasalkontakte* die Einschränkung des Informationsaustausches aufzeigen, belegt die verkürzte Dauer von *Folgen* und *Zusammen-Stehen*, dass die

¹⁴ Für die Verhaltensweisen *Futter-Beriechen*, *Hornreiben*, *Kurzes Komfortverhalten*, *Annähern*, *Körperkontakt* und *Zusammen-Liegen* konnten in Abhängigkeit der Futterverteilung keine Unterschiede abgesichert werden.

Nashörner außerhalb der Ruhephasen in der geklumpton Futtersituation größere Distanzen zueinander einhielten.

Im Bereich des Individualverhaltens zeigte sich der Belastungsunterschied der Nashörner vor allem im Ruheverhalten. Jedes Breitmaulnashorn *döste* an Tagen der geklumpton Futtersituation sowohl morgens als auch nachmittags kürzer als an Tagen mit ausschließlich disperser Futterverteilung. Daraus kann aber nicht geschlossen werden, dass die Nashörner in der geklumpton Futtersituation aktiver waren, denn alle anderen registrierten Individualverhaltensweisen wurden entweder durch die Futterverteilung nicht beeinflusst oder waren an Tagen der geklumpton Futtersituation ebenfalls reduziert. Es entstand der Eindruck, dass die Breitmaulnashörner in den Phasen der verstärkten Belastung in ihrem Ruhe-, Komfort- und Orientierungsverhalten gehemmt waren. Entgegen der Erwartung¹⁵ wurden durch die geklumpte Futtersituation auch die Verhaltensweisen *Aufmerken* und *Koten* reduziert. Während der Unterschied in der Aufmerksamkeit der Tiere vermutlich auf die verstärkte Bildung von Fressgemeinschaften in der geklumpton Futtersituation zurückgeführt werden kann, scheint die Verhaltensweise *Koten* bei dieser Tierart nicht geeignet zu sein, um Aufschluss über den Belastungszustand zu geben.

Da Bewegungstereotypen wie Weben, Kopfschlagen oder stereotypes Gehen, die sowohl bei Panzernashörnern (WIDUCH 1999) als auch bei Spitzmaulnashörnern (CANTZLER 1996) im Zoo häufig auftreten, in der vorliegenden Studie nicht beobachtet werden konnten, wurde den Verhaltensauffälligkeiten eine besondere Bedeutung beigemessen. Allerdings erwiesen sich zwei der drei Verhaltensauffälligkeiten als Belastungsindikatoren nicht geeignet: Die Verhaltensweise *Hornreiben* wurde durch die Futterverteilung nicht beeinflusst. Sie war hingegen extrem stark vom Feuchtigkeitszustand des Hornes abhängig und scheint somit alleine dem Komfort zu dienen. Zwar konnte *Plötzliches Kauen* vermehrt an Tagen der geklumpton Futtersituation beobachtet werden, das Auftreten dieser Verhaltensauffälligkeit lässt sich aber vermutlich eher auf die Verhaltensweise *Brüllen* als auf eine erhöhte Belastung zurückführen. Letztendlich scheint nur die Verhaltensauffälligkeit *Koten ohne Kotabgabe* als belastungsanzeigend interpretiert werden zu können. Sie wurde zwar nur sehr selten, aber nahezu ausschließlich an Tagen der geklumpton Futtersituation registriert. Da diese Verhaltensweise auch nach dem Transport auftrat, kann *Koten ohne Kotabgabe* als ein

¹⁵ Verschiedene Labortierarten zeigen in belastenden Situationen u. a. vermehrt *Aufmerken* und *Koten* (MANSER 1992).

allgemeiner, ethologischer Indikator für einen erhöhten Belastungszustand bei Breitmaulnashörnern angesehen werden. Diese Verhaltensweise weist zudem zwei Vorteile auf. Zum einen ist *Koten ohne Kotabgabe* leicht zu erkennen, da es in das auffällige Kot-Ritual dieser Tierart eingebettet ist. Zum anderen tritt es anscheinend so selten auf, dass bereits geringe Häufigkeiten als Hinweis auf eine erhöhte Belastung interpretiert werden können.

Demnach führte die geklumpte Futtersituation nicht nur zu Veränderungen in der Konzentration von Corticosteron, sondern auch zu starken Verhaltensunterschieden. Sowohl die ethologischen als auch die physiologischen Befunde deuten auf eine verstärkte Belastung der Nashörner an Tagen mit der morgendlichen Ein-Haufen-Fütterung hin. Vor allem die stark erhöhte Aggression und die langfristige Veränderung der Stresshormonkonzentration rechtfertigen die Annahme, dass das Wohlergehen der Breitmaulnashörner in den Phasen der geklumpton Fütterung deutlich beeinträchtigt war. Für die Fütterung dieser Tierart kann daher klar empfohlen werden, geklumpte Bedingungen zu vermeiden.

5. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Dissertation wurden an im Zoo lebenden Südlichen Breitmaulnashörnern (*Ceratotherium simum simum*) die beiden folgenden Fragestellungen untersucht:

- a) Stellt die Konzentration von Corticosteron im Speichel der Tiere einen geeigneten physiologischen und biologisch relevanten Belastungsindikator für diese Tierart dar?
- b) Welchen Einfluss hat die Futterverteilung auf das Verhalten und den Belastungszustand dieser Tierart?

a) Speichel-Corticosteron als physiologischer Belastungsindikator

Um zu überprüfen, ob die Corticosteroidkonzentrationen im Blut mit den Konzentrationen im Speichel korrelieren, wurden acht Breitmaulnashörnern (aus den Zoologischen Gärten: Arnhem, Berlin, Münster und Schwerin) nach totaler oder lokaler Anästhesie Blut- und Speichelproben entnommen. Aus den Proben wurden die Konzentrationen von Cortisol und Corticosteron radioimmunologisch bestimmt. Sowohl für Cortisol als auch für Corticosteron konnte eine hohe Korrelation zwischen der Konzentration im Blut (Serum) und der Konzentration im Speichel signifikant abgesichert werden. Dabei zeigte sich, dass bei Breitmaulnashörnern die Konzentration von Cortisol im Blut etwa doppelt so hoch war wie die Konzentration von Corticosteron. Im Speichel hingegen war die Konzentration von Corticosteron etwa viermal so hoch wie die Konzentration von Cortisol. Dieses Verhältnis wurde auch im Speichel von sechs weiteren Breitmaulnashörnern (aus den Zoologischen Gärten: Erfurt, Münster und Poznan) nachgewiesen.

Ferner wurde überprüft, ob die Messung von Speichel-Corticosteron als Indikator für den Belastungszustand von Breitmaulnashörnern biologisch relevant ist. Dazu wurden die Tiere in Situationen untersucht, die in der Regel zu einer starken Belastung führen. Zum einen wechselten zwei Breitmaulnashörner, die tagsüber in einer Gruppe aus fünf Tieren lebten, in einen neuen Innenstall. Bei dem Wechsel geschah ein Unfall, durch den die Tiere für kurze Zeit in Panik gerieten. Zum anderen wurde zu einem späteren Zeitpunkt ein Nashorn aus dieser Gruppe entfernt und in einen anderen Zoo gebracht. Sowohl von den betroffenen Breitmaulnashörnern als auch von den nicht beteiligten Gruppenmitgliedern wurden Speichelproben vor und nach dem Stallwechsel (mit Unfall) und dem Transport entnommen. Während die nicht beteiligten Tiere keine Veränderungen der Speichel-Corticosteronkonzentration zeigten, konnten im Speichel

der betroffenen Nashörner nach den Ereignissen stark erhöhte Corticosteronkonzentrationen nachgewiesen werden, die 200 - 380 % der Ausgangskonzentrationen entsprachen.

Nach Diskussion der Ergebnisse wird die Schlussfolgerung gezogen, dass die Konzentration von Speichel-Corticosteron einen verlässlichen physiologischen Belastungsindikator für Breitmaulnashörner darstellt.

b) Einfluss der Futterverteilung auf Verhalten und Belastungszustand

Untersucht wurde eine Gruppe aus einem männlichen und vier weiblichen Breitmaulnashörnern im Allwetterzoo Münster, die tagsüber ein ca. 1200 m² großes Gehege gemeinsam bewohnten. Während der Nacht wurden die Tiere in Boxen einzeln aufgestellt. Dort erhielt jedes Nashorn seine Hauptfütterration, die während der Untersuchung nicht verändert wurde. Auf der gemeinsamen Außenanlage erfolgten zwei zusätzliche Teilfütterungen (jeweils 10 kg Heu). Morgens (8³⁰ Uhr) wurde das Heu entweder zu einem einzigen Haufen aufgeschüttelt (geklumpte Füttersituation) oder auf fünf Haufen gleichmäßig verteilt (disperse Füttersituation). Die Art der Heuverteilung wechselte alle sieben Tage. Insgesamt wurden fünf Wochen der geklumpten und fünf Wochen der dispersen Futterverteilung untersucht. Die Fütterung am Nachmittag (13³⁰ Uhr) erfolgte hingegen immer in der dispersen Füttersituation. In 250 Beobachtungsstunden wurde das Verhalten der Nashörner mit Hilfe eines tragbaren Computers quantitativ erfasst. In den Boxen wurden den Tieren morgens und abends insgesamt 400 Speichelproben entnommen, deren Gehalt an Corticosteron radioimmunologisch bestimmt wurde.

Jedes der fünf Nashörner wies sowohl am Abend als auch am nächsten Morgen eine signifikant erhöhte Corticosteronkonzentration im Speichel auf, wenn das Heu morgens geklumpt geboten worden war. Demnach führte die Ein-Haufen-Fütterung am Morgen zu einer langfristigen Belastung der Breitmaulnashörner.

Verhaltensänderungen konnten in Abhängigkeit der morgendlichen Futterverteilung in den Bereichen des Individual- und Sozialverhaltens sowie in den Verhaltensauffälligkeiten nachgewiesen werden. Die stärksten Unterschiede ergaben sich in der Dauer des Ruheverhaltens und in der Häufigkeit des aggressiven Verhaltens. Alle Nashörner ruhten sowohl morgens als auch nachmittags an Tagen der geklumpten Fütterung signifikant kürzer als an Tagen der dispersen Fütterung. In der geklumpten

Futtersituation zeigte jedes Tier morgens während und außerhalb der Nahrungsaufnahme signifikant häufiger aggressives Verhalten, als wenn das Futter dispers geboten wurde. Obwohl die Fütterung am Nachmittag immer in der dispersen Situation stattfand, agierte auch nachmittags jedes Nashorn während und außerhalb der Nahrungsaufnahme vermehrt aggressiv, wenn morgens die Ein-Haufen-Fütterung stattfand. Die Fütterung am Nachmittag konnte also zumindest in einigen Bereichen den Effekt der morgendlichen Futtermittelverteilung auf das Verhalten der Nashörner nicht kompensieren.

Die Funktionen der einzelnen Verhaltensweisen sowie ihre Eignung als ethologische Belastungsindikatoren werden diskutiert. Besonders die Häufigkeit der Verhaltensweise *Koten ohne Kotabgabe* scheint für Breitmaulnashörner als ethologischer Belastungsindikator herangezogen werden zu können. Letztlich wird empfohlen, bei der Ernährung von Breitmaulnashörnern im Zoo geklumpfte Fütterungsbedingungen zu vermeiden, da sie das Wohlergehen dieser Tierart beeinträchtigen.

6. SUMMARY

This dissertation investigated two questions concerning the captive southern white rhinoceros (*Ceratotherium simum simum*):

- a) Is the measurement of salivary corticosterone an appropriate physiological and biologically relevant parameter to study stress in this species?
- b) What are the effects of food dispersal on behaviour and stress in this species?

a) Salivary corticosterone as a physiological parameter of stress

To check if the corticosteroid levels in blood correlate with the levels in saliva, blood and saliva samples were taken from eight white rhinos (living in the zoos of Arnhem, Berlin, Münster and Schwerin) under total or local anesthesia. Levels of cortisol and corticosterone were analyzed by radioimmunoassay. Both cortisol and corticosterone levels in blood (serum) correlated significantly with levels in saliva. In the blood of the white rhino the levels of cortisol were two times higher than the levels of corticosterone. However, in saliva the levels of corticosterone were four times higher than the levels of cortisol. This proportion was also found in the saliva samples of six additional white rhinos (living in the zoos of Erfurt, Münster and Poznan).

Furthermore, it was checked if the measurement of salivary corticosterone is a biologically relevant parameter to study stress in the white rhinoceros. Therefore the animals were tested in two situations that increase stress as a rule. Firstly, two white rhinos that lived in a group of five animals during the day went to a new indoor enclosure. Whilst leaving their new enclosure an accident occurred causing the animals to panick for a short time. Secondly, one rhino was taken out of this group and transferred to another zoo. Both before and after the enclosure change (incl. accident) and translocation, saliva samples were taken from the involved rhinos as well as from the uninvolved group members. The uninvolved animals showed no changes in salivary corticosterone concentrations. After both events increased corticosterone concentrations, which corresponded to 200 - 380 % of the initial baseline levels, were found for the involved rhinos.

After discussion of the results, the conclusion was drawn that the concentration of salivary corticosterone is an appropriate physiological parameter to study stress in the white rhinoceros.

b) *Effects of food dispersal on behaviour and stress*

A group of one male and four female white rhinos, kept at the Allwetterzoo Münster, was studied. During the day the animals lived together in an outdoor enclosure (1200 m²). During the night each animal had its own box, where the main feeding took place. This feeding was not changed during the experiment. Two additional feedings (10 kg hay each) were offered in the outdoor enclosure. For the feeding in the morning (8:30 am) the amount of hay was placed either as one heap (clumped feeding) or as five separate heaps (dispersed feeding). These two feeding conditions were alternated weekly. A total of five clumped and five dispersed feeding conditions were studied. The feeding in the afternoon (1:30 pm) always took place in the dispersed mode. In all 250 hrs of observation behavioural data were recorded quantitatively using a handheld computer. In the morning and in the evening a total of 400 saliva samples were taken from the animals in the boxes. From these samples concentrations of corticosterone were analyzed by radioimmunoassay.

When the hay was provided in the clumped mode, both morning and evening corticosterone concentrations were elevated significantly in all five rhinos. Thus feeding one heap in the morning resulted in long-lasting stress for the white rhinos.

Changes in individual, social and conspicuous behaviour were observed dependent on food dispersal in the morning. The main differences were found to be in the duration of resting and the frequency of aggressive behaviour. In the morning and in the afternoon each rhino rested significantly less on days of the clumped feeding than on days of the dispersed feeding. In the morning clumped feeding compared to dispersed feeding resulted in significantly more aggressive behaviour both during and outside feeding in all animals. Although the feeding in the afternoon always took place in the dispersed mode, each rhino showed an increase in aggressive behaviour both during and outside feeding in the afternoon, if the hay had been provided as one heap in the morning. So the dispersed feeding in the afternoon did not compensate for at least some effects of the clumped feeding in the morning on the behaviour of the rhinos.

Functions of behaviour and their suitability as ethological parameters of stress were discussed. Especially the frequency of *defaecate without defaecation* seems to be an appropriate ethological parameter for stress in the white rhinoceros. In conclusion it is recommended to avoid clumped feeding conditions for white rhinos in zoos, because this can lead to a reduced welfare for this species.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- ALBERS H.E., YOGEV L., TODD R.B., GOLDMANN B.D. (1985): Adrenal corticoids in hamsters, *Mesocricetus auratus*. Role in circadian timing. *American Journal of Physiology* **248**, 434-438.
- ALBERTS S.C., SAPOLSKY R.M., ALTMANN J. (1992): Behavioral, endocrine, and immunological correlates of immigration by an aggressive male into a natural primate group. *Hormones and Behavior* **26**, 167-178.
- ALEXANDER S.L., IRVINE C.H.G. (1998): The effect of social stress on adrenal axis activity in horses: the importance of monitoring corticosteroid-binding globulin capacity. *Journal of Endocrinology* **157**, 425-432.
- ALTMANN D. (1969): *Harnen und Koten bei Säugetieren*. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- ALTMANN J. (1974): Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour* **49**, 227-267.
- ANDERSON D.E., GRUBB T., SILVEIRA F. (1999): The effect of short duration transportation on serum cortisol response in alpacas (*Lama pacos*). *Veterinary Journal* **157**, 189-191.
- ANDREAE U., SMIDT D. (1982): Behavioural alterations in young cattle on slatted floors. In: Bessei W. (ed.): *Disturbed Behaviour in Farm Animals*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. Pp. 51-60.
- ARCHER J. (1973): Tests for emotionality in rats and mice: a review. *Animal Behaviour* **21**, 205-235.
- ARMARIO A., LOPEZ-CALDERON A., JOLIN T., BALASCH J. (1986): Response of anterior pituitary hormones to chronic stress. The specificity of adaptation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* **10**, 245-250.
- ASSIA E., EPSTEIN Y., MAGAZANIK A., SHAPIRO Y., SOHAR E. (1989): Plasma-cortisol levels in experimental heatstroke in dogs. *International Journal of Biometeorology* **33**, 85-88.
- AURELI F., VAN SCHAİK C.P. (1991): Post-conflict behaviour in long-tailed macaques: II. Coping with the uncertainty. *Ethology* **89**, 101-114.
- AXELROD J., REISINE T.D. (1984): Stress Hormones. Their Interaction and Regulation. *Science* **224**, 452-459.
- BACKHAUS D. (1964): Zum Verhalten des nördlichen Breitmaulnashornes (*Diceros simus cottoni* Lydekker 1908). *Der Zoologische Garten N.F.* **29**, 93-107.

- BAHR N., HEISTERMANN M., MÖHLE U., PALME R., HODGES K. (1998): Comparative analysis of the metabolism and excretion of cortisol in primates. *Advances in Ethology* **33**, 16.
- BATE L.A., HACKER R.R. (1985): Effect of cannulation and environmental temperature on the concentration of serum cortisol in pregnant sows. *Canadian Journal of Animal Science* **65**, 399-404.
- BEER R., SACHSER N. (1992): Sozialstruktur und Wohlergehen in Männchengruppen des Hausmeerschweinchens. In: KTBL (Hrsg.): *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1991*. KTBL Verlag, Darmstadt. S. 158-167.
- BEERDA B., SCHILDER M.B.N., JANSSEN N.S.C.R.M., MOL J.A. (1996): The use of saliva cortisol, urinary cortisol and catecholamine measurement for a noninvasive assessment of stress responses in dogs. *Hormones and Behavior* **30**, 272-279.
- BENTLEY J.P. (1998): *Comparative Vertebrate Endocrinology*. 3. ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- BERGER G., BÜRGER M., ELZE K., EULENBERGER K., FISCHER W., GENSCHE W., KRISCHE G., MÜLLER P., PETZOLD H.G., WITSTRUK K.G., ZWIRNER F. (1986): *Zootierhaltung. Grundlagen*. Harri Deutsch Verlag, Thum.
- BERTRAM B.C.R. (1981): Das Leben in Gruppen: Räuber und Beute. In: Krebs J.R., Davies N.B. (Hrsg.): *Öko-Ethologie*. Paul Parey Verlag, Berlin. S. 62-86.
- BERTELSMANN H. (1999): *Haltungsbedingungen, soziale Beziehungen und Streß bei Großen Tümmlern (Tursiops truncatus) in Delphinarien*. Dissertation, Universität Bayreuth.
- BETZ E., REUTTER K., MECKE D., RITTER H. (1991): *Biologie des Menschen*. 13. Aufl., Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg.
- BIGALKE R. (1960): White rhinos at Pretoria Zoo. *International Zoo Yearbook* **2**, 43-44.
- BLACKSHAW J.K., BLACKSHAW A.W. (1989): Limitations of salivary and blood cortisol determinations in pigs. *Veterinary Research Communications* **13**, 265-271.
- BÖER M., DITTRICH L. (1982): Environmentally Influenced and Disturbed Behaviour of Zoo-Kept Wild Animals. In: Bessei W. (ed.): *Disturbed Behaviour in Farm Animals*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. Pp. 170-177.
- BONDY P.K. (1985): Disorders of the adrenal cortex. In: Wilson J.D., Foster D.W. (eds.): *Williams Textbook of Endocrinology*. Saunders, Philadelphia. Pp. 816-890.
- BONGA S.E.W. (1997): The stress response in fish. *Physiological Reviews* **77**, 591-625.
- VON BOREL E., HURNIK F.J. (1991): Stereotypic behavior, adrenocortical function, and open field behavior of individually confined gestating sows. *Physiology & Behavior* **49**, 709-713.

- BOTTOMS G.D., ROESEL O.F., RAUSCH F.D., AKINS E.L. (1972): Circadian Variation in Plasma Cortisol and Corticosterone in Pigs and Mares. *American Journal of Veterinary Research* **33**, 785-790.
- BOWMAN L.A., DILLEY S.R., KEVERNE E.B. (1978): Suppression of oestrogen-induced LH surges by social subordination in talapin monkeys. *Nature* **275**, 56-58.
- BRADLEY A.J. (1987): Stress and mortality in the red-tailed phascogale, *Phascogale calura* (Marsupialia: Dasyuridae). *General and Comparative Endocrinology* **67**, 85-100.
- BRADLEY A.J., McDONALD I.R., LEE A.K. (1980): Stress and mortality in a small marsupial (*Antechinus stuartii*, Macleay). *General and Comparative Endocrinology* **40**, 188-200.
- BRIEN T.G. (1980): Free cortisol in human plasma. *Hormone and Metabolic Research* **12**, 643-650.
- BROOM D.M. (1983): Stereotypies as animal welfare indicators. In: Schmidt D. (ed.): *Indicators Relevant to Farm Animal Welfare*. Martinus Nijhoff, The Hague. Pp. 81-87.
- BROOM D.M. (1988): The scientific assessment of animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* **20**, 5-19.
- BROOM D.M., GOODE J.A., HALL S.J.G., LLOYD D.M., PARROTT R.F. (1996): Hormonal and physiological effects of a 15 hour road journey in sheep: comparison with the responses to loading, handling and penning in the absence of transport. *The British Veterinary Journal* **152**, 593-604.
- BROOM D.M., JOHNSON K.G. (1993): *Stress and animal welfare*. Chapman & Hall, London.
- BROWN J.L., CITINO S.B., SHAW J., MILLER C. (1994): Endocrine profiles during the estrus cycle and pregnancy in the Baird's tapir (*Tapirus bairdii*). *Zoo Biology* **13**, 107-117.
- BROWN J.L., WEMMER, C.M., LEHNHARDT J. (1995): Urinary cortisol analysis for monitoring adrenal activity in elephants. *Zoo Biology* **14**, 533-542.
- BURKE P.M., RICHLER R.J., SMITH E., DUGAW K., MCCAULEY E., MITCHELL J. (1985): Correlation between serum and salivary cortisol levels in depressed and nondepressed childrens and adolescents. *American Journal of Psychiatry* **142**, 1065-1067.
- BUSH I.E. (1953): Species differences and other factors influencing adrenocortical secretion. *Ciba Foundation Colloquia on Endocrinology* **7**, 210-232.
- CANTZLER T. (1996): *Zum Sozialverhalten von Breit- (Ceratotherium simum Burchell) und Spitzmaulnashorn (Diceros bicornis L.) in Gefangenschaft - sowie eine Bewertung der Haltungsbedingungen*. Diplomarbeit, Universität Hamburg.

- CARLSTEAD K. (1996): Effects of Captivity on the Behavior of Wild Mammals. In: Kleiman D.G., Allen M.E., Thompson K.V., Lumpkin S. (eds.): *Wild Mammals in Captivity. Principles and Techniques*. University of Chicago Press, Chicago. Pp. 317-333.
- CARLSTEAD K., BROWN J.L., MONFORD S.L., KILLENS R., WILDT D.E. (1992): Urinary monitoring of adrenal responses to psychological stressors in domestic and nondomestic felids. *Zoo Biology* **11**, 165-176.
- CARLSTEAD K., BROWN J.L., SEIDENSTICKER J. (1993a): Behavioral and Adrenocortical Responses to Environmental Changes in Leopard Cats (*Felis bengalensis*). *Zoo Biology* **12**, 321-331.
- CARLSTEAD K., BROWN J.L., STRAWN W. (1993b): Behavioral and physiological correlates stress in laboratory cats. *Applied Animal Behavior Science* **38**, 143-158.
- CHRISTIAN J.J. (1975): Hormonal control of population growth. In: Elefthériou B.E., Sprott R.L. (eds.): *Hormonal Correlates of Behavior*. Plenum Press, New York. Pp. 205-274.
- CLEMENTS A.D., PARKER C.R. (1998): The relationship between salivary cortisol concentrations in frozen versus mailed samples. *Psychoneuroendocrinology* **23**, 613-616.
- COE C.L. (1993): Psychosocial factors and immunity in nonhuman primates: A review. *Psychosomatic Medicine* **55**, 298-308.
- COE C.L., SCHEFFLER J. (1989): Utility of Immune Measures for Evaluating Psychological Well-Being in Nonhuman Primates. *Zoo Biology Supplement* **1**, 89-99.
- COOK N.J. (1997): Salivary Cortisol for the Assessment of Adrenal Activity in Domestic Animals. *Proceedings of the Symposium on the Analysis of Steroid Hormones from Unrestrained Animals: Methodology and Application of Non-invasive Techniques*. 27.-30.8.1997, Grünau, Austria. P. 8.
- COOK N.J., READ G.F., HARRIS B., RIAD-FAHMY D. (1987): Salivary cortisol for monitoring adrenal activity during marathon runs. *Hormone Research* **25**, 18-23.
- CRAWLEY J.N., NINAN P.T., PICKAR D., CHROUSOS G.P., LINNOILA M., SKOLNICK P., PAUL S.M. (1985): Neuropharmacologic antagonism of the b-carboline induced „anxiety“ response in rhesus monkeys. *Journal of Neuroscience* **5**, 474-486.
- CREEL S., CREEL N., MONFORT S. (1995): Social stress and dominance. *Nature* **379**, 212.
- CROCKETT C.M., BOWERS C.L., SACKETT G.P., BOWDEN D.M. (1993): Urinary Cortisol Responses of Longtailed Macaques to Five Cage Sizes, Tethering, Sedation, and Room Change. *American Journal of Primatology* **30**, 55-74.

- D'AGOSTINO J. (1998): Steroid metabolites as an indicator of chronic stress. *Advances in Ethology* **33**, 17.
- DANZER R., ARONE M., MORMEDE P. (1980): Effekts of Frustration on Behaviour and Plasma Corticosteroid Levels in Pigs. *Physiology & Behavior* **24**, 1-4.
- DATHE H.H., KUCKELKORN B., MINNEMANN D. (1992): Salivary Cortisol Assessment for Stress Detection in the Asian Elephant (*Elephas maximus*): A Pilot Study. *Zoo Biology* **11**, 285-289.
- DAUGHADAY W.H. (1958): Binding of corticosteroids by human plasma proteins. IV. The electrophoretic demonstration of corticosteroid binding globulin. *Journal of Clinical Investigation* **37**, 519-523.
- DAWKINS M.S. (1982): *Leiden und Wohlbefinden bei Tieren*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- DEHNHARD M., ROHLEDER M., KLEIN B., LECHNER-DOLL M., PALME R. (1998): Non-invasive monitoring of adrenocortical activity in the roe deer (*Capreolus capreolus*) by measuring faecal cortisol metabolites. *Advances in Ethology* **33**, 18.
- DITTRICH L. (1971): Beobachtungen zur Jugendentwicklung eines Breitmaulnashornes (*Ceratotherium s. simum*) im Zoo Hannover. *Zeitschrift des Kölner Zoo* **14**, 73-81.
- DITTRICH L. (1986): Tiergartenbiologische Kriterien gelungener Adaptation von Wildtieren an konkrete Haltungsverbedingungen. In: Militzer K. (Hrsg.): *Wege zur Beurteilung tiergerechter Haltung bei Labor-, Zoo- und Haustieren*. Paul Parey Verlag, Berlin. S. 21-33.
- DÖCKE F. (1994): *Veterinärmedizinische Endokrinologie*. 3. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Jena.
- DONALDSON E.M. (1981): The pituitary-interrenal axis as an indicator of stress in fish. In: Pickering A.D. (ed.): *Stress and fish*. Academic Press, London. Pp. 11-47.
- DUNCAN I.J.H., RUSHEN J., LAWRENCE A.B. (1993): Conclusions and Implications for Animal Welfare. In: Lawrence A.B., Rushen J. (eds.): *Stereotypic Animal Behaviour. Fundamentals and Applications to Welfare*. CAB International, Wallingford. Pp. 193-206.
- DUNN J.F., NISULA B.C., RODBARD D. (1981): Transport of steroid hormones: Binding of 21 endogenous steroids to both testosterone-binding globulin and corticosteroid-binding globulin in human plasma. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* **53**, 58-68.
- ECKERT R. (1993): *Tierphysiologie*. 2. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- EISENBERG J.F. (1966): The social organization of mammals. *Handbuch der Zoologie* **8/39**, 1-92.
- EKINS R. (1990): Measurement of free hormones in blood. *Endocrine Reviews* **11**, 5-46.

- ELVIDGE H., CHALLIS J.R.G., ROBINSON J.S., ROPER C., THORBURN G.D. (1976): Influence of handling and sedation on plasma cortisol in rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Journal of Endocrinology* **70**, 325-326.
- ELY D.L., HENRY J.P. (1978): Neuroendocrine response patterns in dominant and subordinate mice. *Hormones and Behavior* **10**, 156-169.
- EMSLIE R.H., ADCOCK K. (1997a): Bestandszahlen des Breitmaul-Nashorns. In: (ohne Hrsg.): *Die Nashörner. Begegnungen mit urzeitlichen Kolossen*. Filander Verlag, Fürth. S. 196-203.
- EMSLIE R.H., ADCOCK K. (1997b): Der Handel mit Nashornprodukten. In: (ohne Hrsg.): *Die Nashörner. Begegnungen mit urzeitlichen Kolossen*. Filander Verlag, Fürth. S. 204-218.
- ENDO H., MORIGAKI T., FUJISAWA M., YAMAGIWA D., SASAKI M., KIMURA J. (1999): Morphology of the intestinal tract in the white rhinoceros (*Ceratotherium simum*). *Anatomia, Histologia, Embryologia* **28**, 303-305.
- ENGEL J. (1997): *Signifikante Schule der schlichten Statistik*. Filander Verlag, Fürth.
- EXNER C., ZANELLA A.J. (1998): Detection of daily cortisol and catecholamine pattern in zoo elephants. *Advances in Ethology* **33**, 111.
- FELL L.R., SHUTT D.A. (1986): Use of salivary cortisol as an indicator of stress due to management practices in sheep and calves. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* **16**, 203-206.
- FELL L.R., SHUTT D.A., BENTLEY C.J. (1985): Development of a salivary cortisol method for detecting changes in plasma „free“ cortisol arising from acute stress in sheep. *The Australian Veterinary Journal* **62**, 403-406.
- FENSKE M. (1997): The use of salivary cortisol measurements for the non-invasive assessment of adrenal cortical function in guinea pigs. *Experimental & Clinical Endocrinology & Diabetes* **105**, 163-168.
- FERGUSON D.B., PRICE D.A., WALLACE S. (1980): Effects of physiological variables on the concentrations of cortisol in human saliva. *Advances of Physiological Sciences* **28**, 301-313.
- FERNANDEZ S., MEUNIER-SALAUN M., MORMEDE P. (1994): Agonistic behavior, plasma stress hormones and metabolites in response to dyadic encounters in domestic pigs: Interrelationships and effects of dominance status. *Physiology & Behavior* **56**, 841-847.
- FLESHNER M., DEAK T., SPENCER R.L., LAUDENSLAGER M.L., WATKINS L.R., MAIER S.F. (1995): A Long Term Increase in Basal Levels of Corticosterone and a Decrease in Corticosteroid-Binding Globulin after Acute Stressor Exposure. *Endocrinology* **136**, 5336-5342.

- FOOSE T.J., MILLER R.E. (1997): Nashörner im Zoo heute. In: (ohne Hrsg.): *Die Nashörner. Begegnungen mit urzeitlichen Kolossen*. Filander Verlag, Fürth. S. 229-236.
- FORDHAM D.P., LINCOLN G.A., SSEWANNYANA E., RODWAY R.G. (1989): Plasma β -endorphin and cortisol concentrations in lambs after handling, transport and slaughter. *Animal Production* **49**, 103-107.
- FOSTER J.B. (1967): The square-lipped rhino (*Ceratotherium simum cottoni* Lydekker) in Uganda. *East African Wildlife Journal* **5**, 167-171.
- FOSTER W.E. (1960): The square-lipped rhinoceros. *The Lammergeyer* **1**, 25-35.
- FRANK D. (1997): *Verhaltensbiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- FRASER A.F., BROOM D.M. (1990): *Farm Animal Behaviour and Welfare*. Baillière Tindall, London.
- FULKERSON W.J., TANG B.Y. (1979): Ultradian and circadian rhythms in the plasma concentration of cortisol in sheep. *Journal of Endocrinology* **81**, 135-141.
- GANSLOBER U. (1997): Das Nashorn und sein Körper - Körperbau und Körpergröße. In: (ohne Hrsg.): *Die Nashörner. Begegnungen mit urzeitlichen Kolossen*. Filander Verlag, Fürth. S. 33-38.
- GANSLOBER U., BRUNNER C. (1997): Influence of Food Distribution on Behavior in Captive Bongos, *Taurotragus euryceros*: An Experimental Investigation. *Zoo Biology* **16**, 237-245.
- GANSLOBER U., DELLERT B. (1997): Experimental alterations of food distribution in two species of captive equids (*Equus burchelli* and *E. hemionus kulan*). *Ethology, Ecology & Evolution* **9**, 1-17.
- GAYRARD V., ALVINERIE M., TOUTAIN P.L. (1996): Interspecies variations of corticosteroid-binding globulin parameters. *Domestic Animal Endocrinology* **13**, 35-45.
- GÖLTENBOTH R., GANSLOBER U., TOMASOVA C. (1995): Husbandry Guidelines for Rhinoceroses. In: Göltenboth, R., Ochs A. (Hrsg.): *Internationales Zuchtbuch für Afrikanische Nashörner* 6. Zoologischer Garten Berlin, Berlin. S. 1-17.
- GÖLTENBOTH R., OCHS A. (1999): *Internationales Zuchtbuch für Afrikanische Nashörner* 8. Zoologischer Garten Berlin, Berlin.
- GONCHAROV N.P., TANAROV A.G., ANTONICHEV A.V., GORLUSHKIN V.M., ASO T., CEKAN S.Z., DICZFALUSY E. (1979): Effect of stress on the profile of plasma steroids in baboons (*Papio hamadryas*). *Acta Endocrinologica* **90**, 372-384.
- GORE M.A. (1993): Effects of food distribution on foraging competition in rhesus monkeys, *Macaca mulata*, and hamadryas baboons, *Papio hamadryas*. *Animal Behaviour* **45**, 773-786.

- GOYMANN W. (1999): *Hormone Physiology and Life Historie of Spotted Hyenas, Crocuta crocuta*. Dissertation, Universität München.
- GOYMANN W., MÖSTEL E., VAN'T HOF T., EAST M.L., HOFER H. (1999): Noninvasive fecal monitoring of glucocorticoids in spotted hyenas, *Crocuta crocuta*. *General and Comparative Endocrinology* **114**, 340-348.
- GRAHAM L.H., BROWN J.L. (1996): Cortisol metabolism in the domestic cat and implications for non-invasive monitoring of adrenocortical function in endangered felids. *Zoo Biology* **15**, 71-82.
- GRANDIN T. (1997): Assessment of stress during handling and transport. *Journal of Animal Science* **75**, 249-257.
- GREENBERG N., CREWS D. (1990): Endocrine and behavioural responses to aggression and social dominance in the green anole lizard, *Anolis carolinensis*. *General and Comparative Endocrinology* **77**, 246-255.
- GREENWOOD P.L., SHUTT D.A. (1992): Salivary and plasma cortisol as an index of stress in goats. *The Australian Veterinary Journal* **69**, 161-163.
- GROVES C.P. (1997): Die Nashörner - Stammesgeschichte und Verwandtschaft. In: (ohne Hrsg.): *Die Nashörner. Begegnungen mit urzeitlichen Kolossen*. Filander Verlag, Fürth. S. 14-32.
- VAN GYSEGHEM R. (1984): Observations on the ecology and behaviour of the Northern White Rhinoceros (*Ceratotherium simum cottoni*). *Zeitschrift für Säugetierkunde* **49**, 348-358.
- HAAS P. (1998): *Die Nahrungsökologie des Breitmaulnashornes (Ceratotherium simum) im Itala Game Reserve*. Diplomarbeit, Universität Erlangen-Nürnberg.
- HAEMISCH A. (1990): Coping with social conflict, and short-term changes of plasma cortisol titers in familiar and unfamiliar environments. *Physiology & Behavior* **47**, 1265-1270.
- HALL C.S. (1934): Emotional behavior in the Rat. I. Defecation and Urination as Measures of Individual Differences in Emotionality. *Journal of Comparative Psychology* **18**, 385-403.
- HANDTRACK C. (1997): *Nahrungsökologie und Sozialverhalten des Breitmaulnashorns (Ceratotherium simum) im Itala National Park*. Diplomarbeit, Universität Erlangen-Nürnberg.
- HEDIGER H. (1942): *Wildtiere in Gefangenschaft. Ein Grundriß der Tiergartenbiologie*. Benno Schwabe Verlag, Basel.
- HEDIGER H. (1948): *Kleine Tropen-Zoologie*. Verlag für Recht und Gesellschaft, Basel.

- HEDIGER H. (1954): *Skizzen zu einer Tierpsychologie im Zoo und im Zirkus*. Europa Verlag, Stuttgart.
- HEDIGER H. (1966): Diet of Animals in Captivity. *International Zoo Yearbook* **6**, 37-58.
- VAN HEERDEN J., KEFFEN R.H., DAUTH J., DREYER M.J. (1985): Blood chemical parameters in free-living white rhinoceros, *Ceratotherium simum*. *Journal of the South African Veterinary Association* **56/4**, 187-189.
- VAN HEERDEN J., KEFFEN R.H., KUHN F., ROGERS P., MORKEL P., ATALIA N., RAATH J.P., KERNES D.J. (1994): Clinical pathology parameters in white, black and northern white rhinos. In: Penzhorn B.L., Kriek N.P.J. (eds.): *Proceedings of a Symposium on Rhinos as Game Ranch Animals*, 9.-10.09.1994, Onderstepoort, South Africa, Pp. 189-195.
- HEMMER H. (1983): *Domestikation. Verarmung der Merkwelt*. Friedrich Vieweg & Sohn Verlag, Braunschweig.
- HENNESSY J.W., HEYBACH J.P., VERNIKOS J., LEVINE S. (1979): Plasma corticosterone concentrations sensitively reflect levels of stimulus intensity in the rat. *Physiology & Behavior* **22**, 821-825.
- HENNESSY J.W., LEVINE S. (1979): Stress, arousal and the pituitary-adrenal system: A psychoendocrine hypothesis. *Progress in Psychobiology and Physiological Psychology* **8**, 133-178.
- HENRY J.P. (1982): The relation of social to biological processes in disease. *Social Science & Medicine* **16**, 369-380.
- HENRY J.P., STEPHENS P.M. (1977): *Stress, health, and the social environment. A sociobiologic approach to medicine*. Springer Verlag, New York.
- HILLMAN-SMITH K. (1997): Das Nördliche Breitmaul-Nashorn. In: (ohne Hrsg.): *Die Nashörner. Begegnungen mit urzeitlichen Kolossen*. Filander Verlag, Fürth. S. 173-183.
- HODGDEN R. (1988): Short-term separation and stress of mother and daughter southern white rhinoceroses at the North Carolina Zoological Park. *Applied Animal Behavior Science* **29**, 513.
- HOFER H., EAST M.L. (1998): Biological conservation and stress. *Advances in the Study of Behavior* **27**, 405-525.
- VON HOLST D. (1974): Artgenossen als schädigende Umwelt. In: Immelmann K. (Hrsg.): *Grzimeks Tierleben. Sonderband Verhaltensforschung*. Kindler Verlag, Zürich. S. 534-550.
- VON HOLST D. (1986): Psychosocial stress and its pathophysiological effects in tree shrews (*Tupaia belangeri*). In: Schmidt T.H., Dembrowsky T.M., Blümchen G. (eds.): *Biological and physiological factors in cardiovascular disease*. Springer Verlag, Berlin. Pp. 476-489.

- VON HOLST D. (1993): Zoologische Stressforschung - ein Bindeglied zwischen Psychologie und Medizin. *Spektrum der Wissenschaft* 5, 92-96.
- VON HOLST D. (1994): Auswirkungen sozialer Kontakte bei Säugetieren. *Biologie in unserer Zeit* 24, 164-174.
- VON HOLST D. (1998): The Concept of Stress and Its Relevance for Animal Behavior. *Advances in the Study of Behavior* 27, 1-131.
- HOOIJER D.A. (1969): Pleistocene east african rhinoceroese. In: Leakey L.B. (ed.): *Fossil vertebrates of africa I*. Academic Press, London.
- IMMELMANN K. (1982): *Wörterbuch der Verhaltensforschung*. Paul Parey Verlag, Berlin.
- IMMELMANN K., PRÖVE E., SOSSINKA R. (1996): *Einführung in die Verhaltensforschung*. Blackwell-Wissenschafts Verlag, Wien.
- INTERNATIONAL RHINO FOUNDATION (2000a): Rhino Information. White Rhinoceros (*Ceratotherium simum*). Online: <http://www.rhinos-irf.org/rhinos/white.html>.
- INTERNATIONAL RHINO FOUNDATION (2000b): Rhino Information. Southern White Rhinoceros (*Ceratotherium simum simum*). Online: <http://www.rhinos-irf.org/rhinos/southernwhite.html>.
- IRVINE C.H.G., ALEXANDER S.L. (1994): Factors affecting the circadian rhythm in plasma cortisol concentrations in the horse. *Domestic Animal Endocrinology* 11, 227-238.
- IUDZG, CBSG (1993) (The World Zoo Organisation, The Captive Breeding Specialist Group of IUCN/SSC): *The World Zoo Conservation Strategy. The Role of the Zoos and Aquaria of the World in Global Conservation*. Chicago Zoological Society, Brookfield.
- JEFFERY H. (1995): *Sexual and Social Behaviours of the Captive Southern White Rhinoceros (Ceratotherium simum simum). Implications for Management*. Thesis for the B.Sc. (Joint Honors) Zoology/Psychology, University of Reading, England.
- JOHNSON E.O., KAMILARIS T.C., CARTER C.S., CALOGERO A.E., GOLD P.W., CHROUSOS G.P. (1996): The biobehavioral consequences of psychogenic stress in a small, social primate (*Callithrix jacchus jacchus*). *Biological Psychiatry* 40, 317-337.
- JURKE M.H., CZEKALA N.M., LINDBURG D.G., MILLARD S.E. (1997): Fecal Corticoid Metabolite Measurement in the Cheetah (*Acinonyx jubatus*). *Zoo Biology* 16, 133-147.
- KAHN J.P., RUBINOW D.R., DAVIS C.L., KLING M., POST R.M. (1988): Salivary cortisol: a practical method for evaluation of adrenal function. *Biological Psychiatry* 23, 335-349.

- KAISER C. (1996): *Trennung physischer und psychischer Anteile sozialer Streßreaktionen bei männlichen Tupaia belangeri*. Dissertation, Universität Bayreuth.
- KALTHOFF A. (2000): *Der Einfluß von Besuchern auf Verhalten und Wohlergehen von Zootieren. Verhaltensendokrinologische Untersuchung an Breitmaulnashörnern (Ceratotherium simum simum) und Pinselohrschweinen (Potamochoerus porcus pictus) im Allwetterzoo Münster*. Diplomarbeit, Universität Münster.
- KEMNITZ P., PUSCHMANN W., SCHRÖPEL M., SCHÖNING R. (1991): Feingewebliche Untersuchungen zur Struktur und Ontogenese des Hornes von Nashörnern, Rhinocerotidae. Ein Atlas mit neuen Ansichten auf und über ein altes Problem. *Der Zoologische Garten N.F.* 61, 177-199.
- KERSCHER R. (1991): *Sozial- und Nahrungsaufnahmeverhalten unter zwei verschiedenen Futterverteilungen untersucht an einer Brillenlangurengruppe (Presbytis obscura) des Zoologischen Gartens Wuppertal*. Diplomarbeit, Universität Erlangen-Nürnberg.
- KERSCHER R., KAUMANN W. (1993): Nahrungsaufnahmeverhalten bei zwei unterschiedlichen Futterverteilungen untersucht an Brillenlanguren (*Presbytis obscura*) im Zoologischen Garten Wuppertal. *Der Zoologische Garten N.F.* 63, 209-221.
- KIRSCHBAUM C. (1991): *Cortisolmessung im Speichel - Eine Methode der Biologischen Psychologie*. Hans Huber Verlag, Bern.
- KIRSCHBAUM C., HELLHAMMER D.H. (1989): Salivary cortisol in psychobiological research: An overview. *Neuropsychobiology* 22, 150-169.
- KIRSCHBAUM C., HELLHAMMER D.H. (1994): Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: recent developments and applications. *Psychoneuroendocrinology* 19, 313-333.
- KLEIMAN D.G. (1992): Behavior Research in Zoos: Past, Present, and Future. *Zoo Biology* 11, 301-312.
- KLÖS H.G. (1968): Das Breitmaulnashorn. In: Grzimek B. (Hrsg.): *Grzimeks Tierleben. Enzyklopädie des Tierreichs XIII (Säugetiere 4)*. Kindler Verlag, Zürich. S. 70-76.
- KLÖS H.G., FREESE R. (1993): *Internationales Zuchtbuch für Afrikanische Nashörner 5*. Zoologischer Garten Berlin, Berlin.
- KNAPP R., MOORE M.C. (1997): Male morphs in tree lizards have different testosterone responses to elevated levels of corticosterone. *General and Comparative Endocrinology* 107, 273-279.
- KOCK M.D., MORKEL P., ATKINSON M., FOGGIN C. (1995): Chemical immobilization of free-ranging white rhinoceros (*Ceratotherium simum simum*) in Hwange and Matobo National Parks, Zimbabwe, using combinations of etorphine (M99), fentanyl, xylazine, and detomidine. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 26, 207-219.

- KOENE P. (1997): Co-operation between Zoological Gardens and the International Society for Applied Ethology (ISAE). In: Holst B. (ed): *Proceedings of the second international conference on Environmental Enrichment*. Copenhagen Zoo, Copenhagen. Pp. 314-320. Online: <http://www.zod.wau.nl/~www-vh/etho/ISAE-ZOO.html>.
- KUHN G., LICHTWALD K., HARDEGG W., ABEL H.H. (1991): Reaktionen von Corticoiden, Enzymaktivitäten und hämatologischen Parametern auf Transportstress bei Hunden. *Journal of Experimental Animal Science* **34**, 99-104.
- KÜNZL C., SACHSER N. (1999): The behavioural endocrinology of domestication: a comparison between the domestic guinea pig (*Cavia aperea* f. *porcellus*) and its wild ancestor, the cavy (*Cavia aperea*). *Hormones and Behavior* **35**, 28-37.
- LAMPRECHT J. (1992): *Biologische Forschung: Von der Planung bis zur Publikation*. Paul Parey Verlag, Berlin.
- LANDON J., SMITH D.S., PERRY L.A., AL-ANSARI A.A.K. (1984): The assay of salivary cortisol. In: Read G.F., Riad-Fahmy D., Walker R.F., Griffith K. (eds.): *Immunoassays of steroids in saliva*. Alpha Omega, Cardiff. Pp. 300-307.
- LEBELT D., SCHÖNREITER S., ZANELLA A.J. (1996): Salivary cortisol in stallions: the relationship with plasma levels, daytime profile and changes in response to semen collection. *Pferdeheilkunde* **12**, 411-414.
- MAESTRIPIERI D., SCHINO G., AURELIS F., TROISI A. (1992): A modest proposal: displacement activities as an indicator of emotions in primates. *Animal Behaviour* **44**, 967-979.
- MALINOWSKA K.W., NATHANIELSZ P.W. (1974): Plasma aldosterone, cortisol and corticosterone concentrations in the new born guinea pig. *Journal of Physiology* **236**, 83-93.
- MANNING A., DAWKINS M.S. (1992): *An introduction to animal behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge.
- MANSER C.E. (1992): *The assessment of stress in laboratory animals*. RSPCS, Horsham.
- MAPLE T.L., PERKINS L.A. (1996): Enclosure Furnishings and Structural Environmental Enrichment. In: Kleiman D.G., Allen M.E., Thompson K.V., Lumpkin S. (eds.): *Wild Mammals in Captivity. Principles and Techniques*. University of Chicago Press, Chicago. Pp. 212-222.
- MARKOWITZ H. (1982): *Behavioral Enrichment in the Zoo*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- MARTIN P., BATESON P. (1994): *Measuring behaviour - An introductory guide*. Cambridge University Press, Cambridge.
- MASON G.J. (1991a): Stereotypies: a critical review. *Animal Behaviour* **41**, 1015-1037.

- MASON G.J. (1991b): Stereotypies and suffering. *Behavioural Processes* **25**, 103-115.
- MASON J.W. (1968a): A review of psychoendocrine research on the pituitary-adrenal cortical system. *Psychosomatic Medicine* **30**, 576-607.
- MASON J.W. (1968b): „Over-all“ hormonal balance as a key to endocrine organization. *Psychosomatic Medicine* **30**, 791-808.
- MCFARLAND D. (1965): Hunger, thirst and displacement pecking in the Barbary dove. *Animal Behaviour* **13**, 293-300.
- MCFARLAND D. (1989): *Biologie des Verhaltens. Evolution, Physiologie, Psychobiologie*. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.
- MEISTER J. (1997a): *Untersuchungen zum Sozial- und Reproduktionsverhalten von Breitmaulnashörnern (Ceratotherium simum simum) in Zoologischen Einrichtungen*. Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg.
- MEISTER J. (1997b): Die Nashörner - Verhalten im Vergleich. In: (ohne Hrsg.): *Die Nashörner. Begegnungen mit urzeitlichen Kolossen*. Filander Verlag, Fürth. S. 39-56.
- MEISTER J., OWEN-SMITH N. (1997): Das Breitmaulnashorn. In: (ohne Hrsg.): *Die Nashörner. Begegnungen mit urzeitlichen Kolossen*. Filander Verlag, Fürth. S. 163-172.
- MELLEN J.D. (1994): Survey and interzoo studies used to address husbandry problems in some zoo vertebrates. *Zoo Biology* **13**, 459-470.
- MENDEL C.M. (1989): The free hormone hypothesis: a physiologically based mathematical model. *Endocrine Reviews* **10**, 232-274.
- MEBMANN S. (1998): *Bestimmung der Konzentration von Kortisolmetaboliten im Kot von Pferd und Schwein als Parameter für die Kortisolkonzentration im Blut*. Dissertation, Veterinärmedizinische Universität Wien.
- MEULENBERG P.M.M., HOFMAN J.A. (1990): Differences between Concentrations of Salivary Cortisol and Cortisone and of Free Cortisol and Cortisone in Plasma during Pregnancy and Postpartum. *Clinical Chemistry* **36**, 70-75.
- MEYER-HOLZAPFEL M. (1968): Abnormal behavior in zoo animals. In: Fox M.W. (ed.): *Abnormal behaviour in animals*. W.B. Saunders, Philadelphia. Pp. 476-503.
- MEYER-HOLZAPFEL M. (1988): Automutilation bei Zootieren - Ein ungelöstes Problem. *Der Zoologische Garten N.F.* **58**, 47-54.
- MICHEL A., ILLIG M. (1995): Training as a Tool for Routine Collection of Blood from a Black Rhinoceros (*Diceros bicornis*). *Animal Keepers Forum* **22**, 294-300.

- MIKULICA V. (1991): Social Behaviour in Two Captive Groups of White Rhinoceros (*Ceratotherium simum simum* and *Ceratotherium simum cottoni*). *Der Zoologische Garten N.F.* **61**, 365-385.
- MISSLIN R., HERZOG F., KOCH B., ROPARTZ P. (1982): Effects of isolation, handling and novelty on the pituitary-adrenal response in the mouse. *Psychoneuroendocrinology* **7**, 217-221.
- MONFORT S.L., BROWN J.L., WILDT D.E. (1993): Episodic and seasonal rhythms of cortisol secretion in male Eld's deer (*Cervus eldi thamin*). *Journal of Endocrinology* **138**, 41-49.
- MORRIS D. (1964): The response of animals to a restricted environment. *Symposium of the Zoological Society of London* **13**, 99-118.
- VAN MOURIK S., STELMAIAK T., OUTCH K.H. (1985): Changes in plasma levels of cortisol and corticosterone after acute ACTH stimulation in Rusa deer, *Cervus rusa timorensis*. *Comparative Biochemistry & Physiology A* **81**, 545-550.
- MÜHLING P. (1996): Neue Wege in der Haltung und Zucht von Wildtieren. In: Ganslöber U. (Hrsg.): *Kurs Tiergartenbiologie*. Filander Verlag, Fürth. S. 7-22.
- MUNCK A., GUYRE P.M., HOLBROOK N.J. (1984): Physiological Functions of Glucocorticoids in Stress and Their Relation to Pharmacological Actions. *Endocrine Reviews* **5**, 25-44.
- NEUSCHULZ N., MEISTER J. (1998): *Nashörnern auf der Spur*. Verein der Zooparkfreunde Erfurt, Erfurt.
- NWE T.M., HORI E., MANDA M., WATANABE S. (1996): Significance of catecholamines and cortisol levels in blood during transportation stress in goats. *Small Ruminant Research* **20**, 129-135.
- O'CONNOR S.M. (1982): *The behavioural ecology of the white rhinoceros, Ceratotherium simum simum, at Whipsnade Zoological Park*. Thesis for the Master of Philosophy, University of Cambridge, England.
- O'CONNOR S.M. (1986): Activity cycles of the Southern white rhinoceros *Ceratotherium s. simum* in captivity: implications for management. *International Zoo Yearbook* **24/25**, 297-303.
- OFTEDAL O.T., ALLEN M.E. (1996): Nutrition and Dietary Evaluation in Zoos. In: Kleiman D.G., Allen M.E., Thompson K.V., Lumpkin S. (eds.): *Wild Mammals in Captivity. Principles and Techniques*. University of Chicago Press, Chicago. Pp. 109-116.
- OWEN-SMITH N. (1971): Territoriality in the White Rhinoceros (*Ceratotherium simum*) Burchell. *Nature* **231**, 294-296.
- OWEN-SMITH N. (1972): Territoriality: The example of the White Rhinoceros. *Zoologica Africana* **7**, 273-280.

- OWEN-SMITH N. (1973): *The behavioural ecology of the white rhinoceros*. PhD thesis, University of Wisconsin, USA.
- OWEN-SMITH N. (1975): The Social Ethology of the White Rhinoceros *Ceratotherium simum* (Burchell 1817). *Zeitschrift für Tierpsychologie* **38**, 337-348.
- OWEN-SMITH N. (1988): *Megaherbivores. The influence of very large body size on ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- PALME R., MÖSTL E. (1997): Measurement of cortisol metabolites in faeces of sheep as a parameter of cortisol concentration in blood. *International Journal of Mammalian Biology* **62** (Suppl. II), 192-197.
- PALME R., ROBIA C., BAUMGARTNER W., MÖSTL E. (2000): Transport stress in cattle as reflected by an increase in faecal cortisol metabolite concentrations. *The Veterinary Record* **146**, 108-109.
- PALME R., ROBIA C., MESSMANN S., HOFER J., MÖSTL E. (1999): Measurement of faecal cortisol metabolites in ruminants: A non-invasive parameter of adrenocortical function. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* **86**, 237-241.
- PARROTT R.F., MISSON B.H. (1989): Changes in pig salivary cortisol in response to transport simulation, food and water deprivation, and mixing. *The British Veterinary Journal* **145**, 501-505.
- PFISTER P.H. (1979): The glucocorticosterone response to novelty as a psychological stressor. *Physiology & Behavior* **23**, 649-652.
- PFLEIDERER M., LEYHAUSEN P. (1995): „Passives Abwehrsyndrom“ und der Begriff des Wohlbefindens. In: KTBL (Hrsg.): *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1994*. KTBL Verlag, Darmstadt. S. 75-84.
- PIENAAR U.V. (1970): The recolonisation history of the square-lipped (white) rhinoceros *Ceratotherium simum simum* in the Kruger National Park (October 1961 - November 1969). *Koedoe* **13**, 157-169.
- PLAYER I.C., FEELY J.M. (1960): A preliminary report on the square-lipped rhinoceros (*Ceratotherium simum simum*). *The Lammergeyer* **1**, 3-24.
- RACHLOW J.L., BERGER J. (1997): Conservation Implications of Pattern of Horn Regeneration in Dehorned White Rhinos. *Conservation Biology* **11**, 84-91.
- RADCLIFFE R.W. (1998): Hypotheses on Infertility in Captive White Rhinoceros (*Ceratotherium simum*): Thoughts on Normal and Abnormal Biology. In: Patton L., Czekala N. (eds.): *Proceedings of the Workshop on Problems Associated With the Low Rate of Reproduction Among Captive-born Female Southern White Rhinoceros (Ceratotherium simum simum)*. 29.-31.10.1998, San Diego, USA. Pp. 22-25.
- RADEMACHER U. (1997): *Sozialverhalten von Grevyzebras in Zoologischen Gärten*. Dissertation, Universität Bielefeld.

- RALSTON J.M., STENHOUSE A.M., STENHOUSE N.S., BUCK G.J., LUCKS S.F., REYNOLDS J.A., BOLTON J.R. (1988): Cortisol concentrations in blood and urine of horses. *The Australian Veterinary Journal* **65**, 1-5.
- RATCLIFFE H.L. (1940): Diets for a zoological garden: Some results during a test period of five years. *Zoologica* **25**, 463-472.
- REINHARDT V., COWLEY D., SCHEFFLER J., VERTEIN R., WEGNER F. (1990): Cortisol response of female rhesus monkeys to venipuncture in restraint apparatus. *Journal of Medical Primatology* **19**, 601-606.
- REYNOLDS R.J. (1960): White rhinos in captivity. *International Zoo Yearbook* **2**, 42-43.
- RIAD-FAHMY D., READ G.F., WALKER R.F., GRIFFITHS K. (1982): Steroids in Saliva for Assessing Endocrine Function. *Endocrine Reviews* **3**, 367-395.
- RIECHES R. (1998): Concerns With Breeding F1 White Rhinoceros In Zoological Institutions. *Proceedings of the Workshop on Problems Associated With the Low Rate of Reproduction Among Captive-born Female Southern White Rhinoceros (Ceratotherium simum simum)*. 29.-31.10.1998, San Diego, USA. Pp. 4-5.
- ROBBINS J., RALL J.E. (1957): The interaction of the thyroid hormones and protein in biological fluids. *Recent Progress in Hormone Research* **13**, 161-208.
- ROBIA C.B. (1998): *Bestimmung der Konzentration von Kortisolmetaboliten im Kot von Wiederkäuern als Parameter für die Kortisolkonzentration im Blut*. Dissertation, Veterinärmedizinische Universität Wien.
- ROOKMAAKER L.C. (1985): Additional Data on Rhinoceroses in Captivity. *Der Zoologische Garten N.F.* **55**, 129-158.
- ROOKMAAKER L.C. (1998): *The Rhinoceros in Captivity*. SPB Academic Publishing, Hague.
- ROSENTHAL K.L., PETERSON M.E., QUESENBERRY K.E., LOTHROP C.D. (1993): Evaluation of plasma cortisol and corticosterone responses to synthetic adrenocorticotropic hormone administration in ferrets. *American Journal of Veterinary Research* **54**, 29-31.
- ROSENTHAL N.R., MASON J.W. (1959): Urinary 17-hydroxycorticosteroid excretion in the normal rhesus monkey. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine* **53**, 720-728.
- ROSNER W. (1990): The functions of corticosteroid globulin and sex hormone binding globulin: Recent advances. *Endocrine Reviews* **11**, 80-91.
- ROWELL T.E., OLSON D.K. (1983): Alternative mechanisms of social organization in monkeys. *Behaviour* **86**, 31-54.

- RUEMPLER G. (1991): Haltung und Zucht von Breitmaulnashörnern (*Ceratotherium simum simum*) im Allwetterzoo Münster. *Zeitschrift des Kölner Zoo* **34**, 91-102.
- RUIS M.A.W., TE BRAKE J. H.A., ENGEL B., EKKEL E.D., BUIST W.G., BLOKHUIS H.J., KOOLHAAS J.M. (1997): The Circadian Rhythm of Salivary Cortisol in Growing Pigs: Effects of Age, Gender, and Stress. *Physiology & Behavior* **62**, 623-630.
- SACHS L. (1999): *Angewandte Statistik - Anwendung statistischer Methoden*. Springer Verlag, Berlin.
- SACHSER N. (1983): Soziale Beziehungen, räumliche Organisation und Verteilung agonistischer Interaktionen in einer Gruppe von Hausmeerschweinchen (*Cavia aparea f. porcellus*). *Zeitschrift für Säugetierkunde* **48**, 100-109.
- SACHSER N. (1987): Short-term responses of plasma norepinephrine, epinephrine, glucocorticoid and testosterone titers to social and non-social stressors in male guinea pigs of different social status. *Physiology & Behavior* **39**, 11-20.
- SACHSER N. (1993): Verhalten als Anpassungsleistung aus Sicht der ethologischen Grundlagenforschung. In: KTBL (Hrsg.): *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1992*. KTBL Verlag, Darmstadt. S. 21-31.
- SACHSER N. (1994a): *Sozialphysiologische Untersuchungen an Hausmeerschweinchen*. Paul Parey Verlag, Berlin.
- SACHSER N. (1994b): Social stratification and health in non-human mammals: A case study in guinea pigs. In: Ellis L. (ed.): *Social stratification and socioeconomic inequality*. Vol. 2, Praeger, Westport. Pp. 113-121.
- SACHSER N., LICK C. (1989): Social stress in guinea pigs. *Physiology & Behavior* **46**, 137-144.
- SACHSER N., LICK C. (1991): Social experience, behavior, and stress in guinea pigs. *Physiology & Behavior* **50**, 83-90.
- SAMBRAUS H.H. (1982): Ethologische Grundlagen einer tiergerechten Nutztierhaltung. In: Fölsch D.W., Nabholz A. (Hrsg.): *Ethologische Aussagen zur artgerechten Nutztierhaltung*. Birkhäuser Verlag, Basel. S. 23-41.
- SAMBRAUS H.H. (1993): Was ist über die Ursachen von Verhaltensstörungen bekannt? In: Buchholtz C., Goetschel A.F., Hassenstein B., Loeffler K., von Loeper E., Martin G., Rohrmoser G., Sambraus H.H., Tschanz B., Wechsler B., Wolff M. (Hrsg.): *Leiden und Verhaltensstörungen bei Tieren. Grundlagen zur Erfassung und Bewertung von Verhaltensabweichungen*. Birkhäuser Verlag, Basel. S. 38-49.
- SAPOLSKY R.M. (1982): The endocrine stress-response and social status in the wild baboon. *Hormones and Behavior* **16**, 279-292.
- SAPOLSKY R.M. (1986): Endocrine and behavioral correlates of drought in the wild baboon. *American Journal of Primatology* **11**, 217-228.

- SAPOLSKY R.M. (1992a): Neuroendocrinology of the stress response. In: Becker J.B., Breedlove S.M., Crews D. (eds.): *Behavioral Endocrinology*. MIT Press, Cambridge. Pp. 287-324.
- SAPOLSKY R.M. (1992b): Cortisol concentrations and the social significance of rank instability among wild baboons. *Psychoneuroendocrinology* **17**, 701-709.
- SASSEN RATH E.N. (1970): Increased adrenal responsiveness related to social stress in rhesus monkeys. *Hormones and Behavior* **1**, 283-298.
- VAN SCHAIK C.P. (1989): The ecology of social relationships among female primates. In: Standen V., Foley R.A. (eds.): *Comparative socioecology. The behavioural ecology of human and other mammals*. Blackwell, Oxford. Pp. 195-218.
- SCHENKEL R., LANG E.M. (1969): Das Verhalten der Nashörner. *Handbuch der Zoologie* **8/46**, 1-56.
- SCHENKEL R., SCHENKEL-HULLIGER L. (1969): *Ecology and Behaviour of the Black Rhinoceros (Diceros bicornis L.) A Field Study*. Paul Parey Verlag, Berlin.
- SCHMIDT C. (1995): *Verhaltensbiologische Untersuchungen an Breitmaulnashörnern (Ceratotherium simum simum Burchell, 1817) im Allwetterzoo Münster*. Diplomarbeit, Universität Münster.
- SCHOMBER H.W. (1959): Weiße Nashörner: Aussterbende Giganten. *Orion* **14**, 548-553.
- SCHOMBER H.W. (1966): Die Verbreitung und der Bestand des zentralafrikanischen Breitmaulnashorns, *Ceratotherium simum cottoni*. *Säugetierkundliche Mitteilungen* **14**, 214-227.
- SCHROEDER 1999: *Behavioural Enrichment bei Breitmaulnashörnern im Osnabrücker Zoo*. Examensarbeit, Universität Osnabrück.
- SCHWARZENBERGER F., KOLTER L., ZIMMERMANN W., RIETSCHEL W., MATERN B., BIRCHER P., LEUS K. (1998): Faecal cortisol metabolite measurement in the okapi (*Okapia johnstoni*). *Advances in Ethology* **33**, 28.
- SCHWARZ-WEIG E. (1998): *Paarungs- und Sozialstrategien männlicher und weiblicher Wieselmeerschweinchen*. Dissertation, Universität Bayreuth.
- SEAL U.L., DOE R.P. (1966): Corticosteroid-binding globulin: Biochemistry, physiology and phylogeny. In: Pincus P., Nakao T., Tait J.F. (eds.): *Steroid dynamics*. Academic Press, New York. Pp. 63-90.
- SEAL U.S., BARTON R., MATHER L., GRAY C.W. (1976): Baseline laboratory data for the white rhinoceros (*Ceratotherium simum simum*). *Journal of Zoo Animal Medicine* **7**, 11-16.
- SELYE H. (1936): A Syndrome produced by Diverse Noxious Agents. *Nature* **138**, 32.

- SELYE H. (1988): *Stress - Bewältigung und Lebensgewinn*. 2. Aufl., Piper Verlag, München.
- SHEPHERDSON D.J., MELLEN J.D., HUTCHINS M. (1998): *Second Nature. Environmental Enrichment for Captive Animals*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- SHINO G., TROISI A., PERRETTA G., MONACO V. (1991): Measuring anxiety in nonhuman primates: effects of lorazepam on macaque scratching. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* **38**, 889-891.
- SIEGEL S. (1985): *Nichtparametrische statistische Methoden*. Fachbuchhandlung für Psychologie, Eschborn.
- SILVERIN B. (1997): The stress-response and autumn dispersal behavior in willow tits. *Animal Behaviour* **53**, 451-459.
- SMITH B.L., JONES J.H., HORNOF W.J., MILES J.A., LONGWORTH K.E., WILLITS N.H. (1996): Effects of road transport on indices of stress in horses. *Equine Veterinary Journal* **28**, 446-454.
- SMITH C.J., NORMAN R.L. (1987): Influence of gonads on cortisol secretion in female rhesus macaques. *Endocrinology* **121**, 2192-2198.
- SMITH J.H., BUBENIK G.A. (1990): Plasma concentrations of glucocorticoids in white-tailed deer. The effect of acute ACTH and dexamethasone administration. *Canadian Journal of Zoology* **68**, 2123-2129.
- SMITH T.E., MCGREER-WHITWORTH B., FRENCH J.A. (1998): Close Proximity of the Heterosexual Partner Reduces the Physiological and Behavioral Consequences of Novel-Cage Housing in Black Tufted-Ear Marmosets (*Callithrix kuhli*). *Hormones and Behavior* **34**, 211-222.
- SOUSA M.B.C., ZIEGLER T.E. (1998): Diurnal variation on the excretion patterns of fecal steroids in common marmosets (*Callithrix jacchus*) females. *American Journal of Primatology* **46**, 105-117.
- SPINDLER K.D. (1997): *Vergleichende Endokrinologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- STAHL D. (1998): *Food competition in captive sooty mangabeys (Cercocebus torquatus atys)*. Dissertation, Universität Tübingen.
- STEWART P.M., KROZOWSKI Z.S. (1999): 11 β -Hydroxysteroid Dehydrogenase. *Vitamins and Hormones* **57**, 249-324.
- STOINSKY T.S., LUKAS K.E., MAPLE T.E. (1998): A Survey of Research in North American Zoos and Aquariums. *Zoo Biology* **17**, 167-180.
- STOLBA A., BAKER N., WOOD-GUSH D.G.M. (1983): The characterisation of stereotyped behaviour in stalled sows by informational redundancy. *Behaviour* **87**, 157-182.

- STOLZE M. (1998): *Einfluß der Fütterung auf das Verhalten von in Zoologischen Gärten gehaltenen Steppengiraffen (Giraffa camelopardis)*. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- STRYER L. (1990): *Biochemie*. Verlag Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg.
- TAROU L.R., BASHAW M.J., MAPLE T.L. (2000): Social attachment in giraffe: Response to social separation. *Zoo Biology* **19**, 41-51.
- THENIUS E. (1969): Stammesgeschichte der Säugetiere. *Handbuch der Zoologie* **8**, 369-722.
- THERMANN P. (1996): *Nahrungsökologie bei Damwild (Dama dama Linné, 1758) in Gehegehaltung*. Diplomarbeit, Universität Erlangen-Nürnberg.
- THUN R., EGGENBERGER E., ZEROBIN K., LÜSCHER T., VETTER W. (1981): Twenty-Four-Hour Secretory Pattern of Cortisol in the Bull: Evidence of Episodic Secretion and Circadian Rhythm. *Endocrinology* **109**, 2208-2212.
- TINBERGEN N. (1940): Die Übersprungbewegung. *Zeitschrift für Tierpsychologie* **4**, 1-40.
- TINBERGEN N. (1951): *The Study of Instinct*. Oxford University Press, Oxford.
- DU TOIT K. (1998): *Rhino Ranching. A Manual for Owners of White Rhinos*. Africa Publisher, Pretoria.
- TUDGE C. (1993): *Letzte Zuflucht Zoo. Die Erhaltung bedrohter Arten in Zoologischen Gärten*. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin.
- UMEDA T., HIRAMATSU R., IWAOKA T., SHIMADA T., MIURA F., SATO T. (1981): Use of saliva for monitoring unbound free cortisol levels in serum. *Clinica Chimica Acta* **110**, 245-253.
- URSIN H., OLFF M. (1993): The stress response. In: Stanford S.C., Salmon P. (eds.): *From the Synapse to the Syndrom*. Academic Press, London. Pp. 3-22.
- VENKATASESHU G.K., ESTERGREEN V.L. (1970): Cortisol and Corticosterone in bovine plasma and the effect of adrenocorticotropin. *Journal of Dairy Science* **53**, 480.
- VIGNE L., BRADLEY-MARTIN E. (1994): Will the main rhino markets ever close? *Swara* **17**, 24-27.
- VINCENT I.C., MICHELL A.R. (1992): Comparison of cortisol concentrations in saliva and plasma of dogs. *Research in Veterinary Science* **53**, 342-345.
- VINING R.F., MCGINLEY R.A. (1986): Hormones in saliva. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Science* **23**, 95-146.

- VINING R.F., MCGINLEY R.A. (1984): Transport of Steroids from Blood to Saliva. In: Read G.F., Riad-Fahmy D., Walker R.F., Griffith K. (eds.): *Immunoassays of steroids in saliva*. Alpha Omega, Cardiff. Pp. 56-63.
- VINING R.F., MCGINLEY R.A., MAKSVYTIS J.J., HO K.Y. (1983a): Salivary cortisol: a better measure of adrenal cortical function than serum cortisol. *Annals of Clinical Biochemistry* **20**, 329-335.
- VINING R.F., MCGINLEY R.A., SYMONS R.G. (1983b): Hormones in saliva: Mode of entry and consequent implications for clinical interpretation. *Clinical Chemistry* **29**, 1752-1756.
- WAAS J.R., INGRAM J.R., MATTHEWS L.R. (1999): Real-time physiological responses of red deer to translocations. *Journal of Wildlife Management* **63**, 1152-1162.
- WALLNER B., MÖSTL E., DITTAMI J. (1997): Analysis of fecal cortisol-equivalents: An applied method to evaluate stress in female Barbary macaques (*Macaca sylvanus*). *Proceedings of the Symposium on the Analysis of Steroid Hormones from Unrestrained Animals: Methodology and Application of Non-invasive Techniques*. 27.-30.8.1997, Grünau, Austria. P. 10.
- WALZER C. (1998): Dermal anesthesia in the white rhinoceros (*Ceratotherium simum simum*) using a eutetic mixture of lidocaine and prilocaine. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* **29/3**, 300-302.
- WEINBERG J., WONG R. (1985): Adrenocortical responsiveness to novelty in the hamster. *Physiology & Behavior* **37**, 669-672.
- WEITZMANN E.D., FUKUSHIMA D., NOGEIRE C., ROFFWARG G., GALLAGHER T.F., HELLMAN L. (1971): Twenty-four hour pattern of the episodic secretion of cortisol in normal subjects. *Endocrinology* **33**, 14-22.
- WESTPHAL U. (1983): Steroid-protein interaction: from past to present. *Journal of Steroid Biochemistry* **19**, 1-15.
- WHITTEN P.L., STAVISKY R., AURELI F., RUSSELL E. (1997): Response of fecal cortisol to stress in captive chimpanzees (*Pan troglodytes*). *American Journal of Primatology* **44**, 57-69.
- WIDUCH M. (1999): *Vergleich verschiedener Haltungsbedingungen und deren Auswirkungen auf das Verhalten bei Rhinoceros unicornis (Indisches Panzer-nashorn)*. Diplomarbeit, Universität Erlangen-Nürnberg.
- WIEPKEMA P.R. (1985): Abnormal behaviours in farm animals: ethological implications. *Netherlands Journal of Zoology* **35**, 279-299.
- WINGFIELD J.C., MANEY D.L., BREUNER C.W., JACOBS J.D., LYNN S., RAMENOFKY M., RICHARDSON R.D. (1998): Ecological bases of hormone-behavior interactions: The „emergency life history stage“. *American Zoologist* **38**, 191-206.

- WINGFIELD J.C., O'REILLY K.M., ASTHEIMER L.B. (1995): Modulation of the adrenocortical responses to acute stress in arctic birds: a possible ecological basis. *American Zoologist* **35**, 285-294.
- WOLF-KALTENHÄUSER K. (1996): *Futterverteilung und intraspezifisches Konkurrenzverhalten bei Hirschziegentilopen (Antilope cervicapra)*. Diplomarbeit, Universität Erlangen-Nürnberg.
- WRANGHAM R.W. (1980): An ecological model of female-bonded primate groups. *Behaviour* **75**, 262-300.
- ZANELLA A.J., BRUNNER P., SCHÖNREITER S., LEBELT D., EXNER C., UNSHELM J. (1997): The usefulness of glucocorticoid hormones measurement in saliva of domestic and zoo animals. *Proceedings of the Symposium on the Analysis of Steroid Hormones from Unrestrained Animals: Methodology and Application of Non-invasive Techniques*. 27.-30.8.1997, Grünau, Austria. P. 6.
- ZESSIN W., KIRSTEN F., SCHNEIDER M. (2000): Neue Vergesellschaftung. Löwen, Fuchsmangusten und Erdmännchen im Zoo Schwerin. *Tiergarten Rundbrief Raubtiere* **1**, 23-28.

DANKSAGUNG

Diese Dissertation wäre nicht möglich gewesen ohne die Unterstützung zahlreicher Personen. Einigen möchte ich im Folgenden besonders danken. Aber auch denjenigen, die hier nicht ausdrücklich erwähnt sind, schulde ich für ihre Hilfe Dank.

Vor allem danke ich Herrn Prof. Dr. Norbert Sachser, dem Leiter der Abteilung für Verhaltensbiologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Er stellte mir einen Arbeitsplatz am Computer sowie im Labor zur Verfügung, begeisterte sich für meine Vorstellungen und unterstützte mich in vielfältiger Weise. Bei ihm fand ich stets kompetente Antworten auf fachliche und menschliche Fragen.

Ein Großteil dieser Arbeit fand im Allwetterzoo Münster statt. Ich danke dem Direktor H. Jörg Adler für die Möglichkeit der Durchführung der Studie. Besonders danke ich dem zoologischen Assistenten und Zootierarzt Dr. Karl Schaller. Er löste verlässlich so manches Problem und unterstützte mich bei den Blutentnahmen. Auch den Tierpflegern des Elefantenhauses sei hier sehr gedankt. Sie nahmen mich freundlich in ihrem Revier auf, zeigten Interesse an meinen Ideen und richteten geduldig einen Teil ihres Arbeitsablaufes nach meinen Wünschen aus.

Die Entnahme weiterer Blut- und Speichelproben erfolgte in den Zoos von Arnhem, Berlin, Erfurt, Poznan und Schwerin. Den Direktoren der genannten Zoologischen Gärten danke ich für die Erlaubnis zur Probenentnahme. Ermöglicht wurde die Entnahme der Proben durch Tom de Jongh, Dr. Christian Walzer, Dr. Reinhard Göldenboth, Rudi Toll, Pawel Botko und Uta Ricker - dafür danke ich sehr. Herrn Dr. Norbert Neuschulz danke ich zudem für anregende Diskussionen und die Unterbringung auf dem Gelände des Erfurter Zoos.

Herrn Dr. Christian Walzer, Zootierarzt im Salzburger Tiergarten Hellbrunn, danke ich für die Überlassung der Methode zur Blutentnahme nach lokaler Anästhesie.

Für die Einführung in die Stärken und Schwächen eines Radioimmunoassays danke ich Frau Dr. Sylvia Kaiser. Frau Inge Zerenner-Fritzsche, vom Lehrstuhl Tierphysiologie der Universität Bayreuth (Leiter: Prof. Dr. Dietrich von Holst), half mir den RIA weiterzuentwickeln und an die speziellen Umstände anzupassen - meinen Dank dafür.

Mein Wissen im Bereich der Endokrinologie erweiterten Prof. Dr. Erich Möstl, Prof. Dr. Rupert Palme und Prof. Dr. Franz Schwarzenberger von der Veterinärmedizinischen Universität Wien sowie Dr. Michael Heistermann vom Deutschen Primatenzentrum Göttingen und Dr. Wolfgang Goymann von der MPG-Forschungsstelle für Ornithologie. Danke für die fruchtbaren Diskussionen und zahlreichen Literaturtipps.

Herrn PD Dr. Udo Ganslößer von der Universität Erlangen-Nürnberg sowie Herrn Nick Lindsay, Kurator im Whipsnade Wild Animal Park, danke ich für die Bereitstellung diverser Literatur.

Den Mitgliedern der Abteilung für Verhaltensbiologie danke ich für die angenehme Arbeitsatmosphäre, hilfreiche Diskussionen sowie für die Toleranz gegenüber dem eingeschleppten Nashorngeruch. Insbesondere den zahlreichen Helfern bei der Gewinnung und Aufbereitung der Proben möchte ich herzlich danken. Hervorheben möchte ich neben Dipl. Biol. Andreas Kalthoff vor allem Dipl. Biol. Chadi Touma, der mir stets eine große Hilfe war.

Danke auch an Anja Hebeke und Armin Bruder, die sich durch die Rohfassungen meiner Arbeit kämpften.

Sehr dankbar bin ich meinen Eltern. Ihr Vertrauen und ihre kompromisslose Unterstützung gaben und geben mir sehr viel Kraft.

Mein größter Dank geht an meine Frau Maike, die mit mir die Höhen und Tiefen dieser Arbeit durchlebte, mich immer wieder aufrichtete und an die Zukunft glauben lässt.

Diese Dissertation wurde von der Graduiertenförderung der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster und von der Studienstiftung des deutschen Volkes finanziell unterstützt.