

Untersuchungen zum visuellen Diskriminationslernen von Zwergziegen

Kognitive Leistungen und Auswirkungen kognitiver Herausforderungen auf Verhalten und Physiologie

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Rostock

vorgelegt von

Dipl.-Biologin Susann Meyer

geb. am 21.09.1985 in Arnstadt

Rostock, 29. Juni 2012

Gutachter:

Prof. Dr. Birger Puppe

Universität Rostock
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Professur Verhaltenskunde
und
Leibniz Institut für Nutztierbiologie
Forschungsbereich Verhaltensphysiologie

Prof. Dr. Guido Dehnhardt

Universität Rostock
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Institut für Biowissenschaften
Lehrstuhl für sensorische und kognitive Ökologie

Termin der Abgabe: 29.06.2012

Termin der Verteidigung: 07.12.2012

„Ziegen sind wie Frauen - elegant, liebenswürdig und neugierig,

mit einer Neigung zum Meckern“

Carl Roesch

(ehemaliger Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft der Landesverbände Deutscher Ziegenzüchter e.V.)

INHALTSVERZEICHNIS

1. Allgemeine Einleitung	1
1.1 Lernen	1
1.1.1 Hintergrund	1
1.1.2 Lernversuche bei Nutztieren	4
1.1.3 Visuelles Lernen beim Nutztier Zwergziege	7
1.2 Umweltanreicherungen bei Nutztieren	8
1.3 Fragestellungen und Ziele der Arbeit	9
2. Tiere, Material und Methoden allgemein	11
2.1 Versuchstiere und Haltung	11
2.2 Lernautomat	11
2.3 Anlernen allgemein	14
2.4 Allgemeine Datenanalyse und statistische Auswertung	15
3. Experiment 1: Untersuchungen zum Erlernen offener Kategorien auf der Basis von abstrakten geometrischen Symbolen	16
3.1 Einleitung	17
3.1.1 Generalisierung und Kategorisierung	17
3.1.2 Zielsetzung	20
3.2 Material und Methoden	21
3.2.1 Anlernen	21
3.2.2 Training	21
3.2.3 Transfer-Test 1	22
3.2.4 Transfer-Test 2	24
3.2.5 Datenanalyse und statistische Auswertung	25
3.3 Ergebnisse	27
3.3.1 Training	27
3.3.2 Transfer-Test 1	30
3.3.3 Transfer-Test 2	32
3.4 Diskussion	35
3.4.1 Methoden	35
3.4.2 Ergebnisse	35

4. Experiment 2: Soziales Lernen visueller Diskriminationsaufgaben von erfahrenen Demonstratoren	40
4.1 Einleitung	41
4.1.1 Soziales Lernen	41
4.1.2 Zielsetzung	44
4.2 Material und Methoden	45
4.2.1 Versuchsgruppen und Anlernen	45
4.2.2 Test	45
4.2.3 Datenanalyse und statistische Auswertung	47
4.3 Ergebnisse	48
4.3.1 Lernerfolg	48
4.3.2 Einfluss der Beobachtung erfahrener Demonstratoren	49
4.4 Diskussion	53
4.4.1 Methoden	53
4.4.2 Ergebnisse	55
5. Experiment 3: Auswirkungen struktureller und kognitiver Umweltanreicherungen auf Lernleistung, Verhalten und Physiologie	59
5.1 Einleitung	60
5.1.1 Umweltanreicherung allgemein	60
5.1.2 Formen von Umweltanreicherung	62
5.1.2.1 Strukturelle Anreicherung	62
5.1.2.2 Kognitive Anreicherung	63
5.1.3 Zielsetzung	64
5.2 Material und Methoden	65
5.2.1 Anlernen	65
5.2.2 Training	65
5.2.3 Verhaltenstest	66
5.2.4 Räumliches Lernen im Labyrinth	69
5.2.5 Datenanalyse und statistische Auswertung	71
5.3 Ergebnisse	74
5.3.1 Diskriminationslernen der Ziegen aus kognitiv angereichertenhaltungen	74
5.3.2 Verhaltenstest	75
5.3.3 Räumliches Lernen im Labyrinth	84
5.4 Diskussion	85
5.4.1 Methoden	85
5.4.2 Ergebnisse	86

6. Zusammenfassende Diskussion und Schlussfolgerung	91
7. Zusammenfassung	97
8. Summary	99
9. Literatur	101
10. Anhang	124
Ergebnisse	125
Abbildungsverzeichnis	128
Tabellenverzeichnis	131
Danksagung	133
Lebenslauf	135
Selbständigkeitserklärung	138

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

±	-	plus-minus
~	-	ungefähr
<	-	kleiner als
≤	-	kleiner gleich
>	-	größer als
×	-	mal
%	-	Prozent
bzw.	-	beziehungsweise
ca.	-	lat.: <i>circa</i> , dt.: ungefähr
cm	-	Zentimeter
db	-	Dezibel
d. h.	-	das heißt
dt.	-	deutsch
engl.	-	englisch
et al.	-	lat.: <i>et alii</i> , dt.: und andere
g	-	Gramm
HR	-	engl.: <i>heart rate</i> , dt.: Herzfrequenz
Hrsg.	-	Herausgeber
HRV	-	engl.: <i>heart rate variability</i> , dt.: Herzfrequenzvariabilität
Hz	-	Hertz
IBI	-	engl.: <i>inter beat interval</i> , dt.: Zwischenschlagintervall
l	-	Liter
lat.:	-	lateinisch
LCD	-	engl.: <i>liquid crystal display</i> , dt.: Flüssigkristallanzeige
LSM	-	engl.: <i>least square means</i> , dt.: gewichtete quadratische Mittelwerte
m	-	Meter
Mio.	-	Millionen
ml	-	Milliliter

ms	-	Millisekunde
n	-	Stichprobengröße
NVG	-	Nach-Versuchsgruppe
P	-	engl.: <i>probability</i> , dt.: Wahrscheinlichkeit; Signifikanzwert
PVC	-	Polyvenylchlorid
RMSSD	-	engl.: <i>root mean square of successive differences</i> , dt.: Wurzel des Mittelwerts der quadrierten Differenzen aufeinander folgender Herzschläge
s	-	Sekunde
S ⁺	-	belohntes Symbol
S ⁻	-	unbelohntes Symbol
SAS	-	engl: <i>Statistical Analysis System</i> , dt.: System zur statistischen Auswertung
SDNN	-	engl.: <i>standard deviation of normal-to-normal</i> , dt.: Standardabweichung der Herzschläge
SE	-	engl.: <i>standard error</i> , dt.: Standardfehler
u. a.	-	unter anderem
usw.	-	und so weiter
VG	-	Versuchsgruppe
vs.	-	lat.: <i>versus</i> , dt.: im Vergleich zu
z. B.	-	zum Beispiel

1. ALLGEMEINE EINLEITUNG

1.1 LERNEN

1.1.1 HINTERGRUND

Nach TEMBROCK (1978) versteht man unter dem Begriff „Lernen“ eine Verhaltensoptimierung auf Grund von individuellen Erfahrungen. Lernen beinhaltet dabei die aktive oder passive Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung von Informationen im Gedächtnis. Bei höheren Wirbeltieren wird Lernen durch eine aktive Lernbereitschaft in Form von Neugier, Spielverhalten oder Werkzeuggebrauch, als auch durch soziale Anregung wie z. B. das Lernen durch Beobachtung charakterisiert (WEINANDY 2006b). Anders als angeborene Anpassungen, die von Generation zu Generation durch Vererbung weitergegeben werden, sind erlernte Anpassungen im zentralen Nervensystem von einzelnen Individuen programmiert. Diese können zwar beispielsweise durch soziales Lernen kopiert werden, müssen aber von jeder Generation neu erworben werden (FRANK 1997). Lernprozesse sind dabei reversibel, d. h. bei sich ständig verändernden Umweltbedingungen kann sich das Tier immer wieder anpassen. Im Gegensatz zu angeborenen Verhaltensweisen kann Gelerntes allerdings vergessen werden. Grundsätzlich wird angenommen, dass bei verschiedenen Tierarten keine unterschiedlichen Mechanismen des Lernens vorkommen (MACPHAIL UND BOLHUIS 2001). Lernleistungen hingegen sind speziesspezifisch, sodass eine objektive Vergleichbarkeit schlecht möglich ist (SHETTLEWORTH 1998). Beispielsweise kann man das Lernen von Diskriminationen von Ratten und Tauben nicht direkt miteinander vergleichen. Während Ratten, die wenig ausgeprägte visuelle sensorische Fähigkeiten haben, nachtaktiv sind und sich dabei sehr auf ihre olfaktorische Wahrnehmung verlassen, besitzen Tauben als tagaktive fliegende Tiere ein hervorragendes Sehvermögen (MARTIN ET AL. 2006).

Die meisten Arbeiten zu Lernleistung und -verhalten werden mit Labortieren zur Untersuchung ihrer sensorischer Fähigkeiten durchgeführt. Um die kognitiven Leistungen von verschiedenen Tierarten vergleichen zu können, werden unterschiedliche Ansätze benötigt. Kognition bezeichnet dabei alle mentalen Prozesse auf Grundlage von Leistungsfähigkeit und Funktionalität des Gehirns, wie beispielsweise Gedächtnis, Erinnerung, Denkprozesse, Aufmerksamkeit, Lernfähigkeit, Erwartung, Planung oder Problemlösung, d. h. alle Prozesse der Informationsaufnahme, -verarbeitung und -speicherung, die zukünftige Verhaltensreaktionen beeinflussen (SHETTLEWORTH 2001, WEINANDY 2006a). Einer der wichtigsten Ansätze, die kognitiven Fähigkeiten von verschiedenen Arten zu messen, wurde von HARLOW (1949) angeregt. Er schlug dabei praktische Maßnahmen vor, um die Befähigung von Tieren einzuschätzen, ob sie Lernen zu Lernen (engl.: *learning to learn*). Insbesondere kann man diese Lernleistung vergleichend für verschiedene Modalitäten (z. B. sehen, hören, schmecken) betrachten. Sind die Tiere in der Lage, ein sogenanntes ‚*learning set*‘ zu erarbeiten, nutzen sie zuvor gelernte Erfahrungen, um nachfolgendes Lernen zu

erleichtern. Werden Tiere beispielsweise in einer Reihe von ähnlichen Diskriminationsaufgaben getestet, in denen sie ihre Leistung im Laufe der Aufgaben signifikant steigern, liegt es nahe, dass die Tiere gelernt haben zu lernen. Durch die Erfassung einer generellen Regel oder Strategie können die Tiere das Gelernte auf spätere Aufgaben gleicher Art übertragen und diese schneller lösen. Dabei werden die ersten Aufgaben noch durch Versuch und Irrtum (engl.: *trial and error-learning*) gelöst. Doch durch bestimmte aufgabenspezifische Lösungsstrategien wie z. B. ‚*win-stay/lose-shift*‘ (dt.: ‚gewinne-bleib/verliere-wechsel‘; LEVINE 1959) können im Laufe mehrerer Aufgaben ‚*learning sets*‘ entwickelt werden. Bei Nutztieren wurde die Fähigkeit des Lernens zu Lernen erst wenig untersucht. Die meisten Studien wurden dabei mit Pferden durchgeführt, die visuelle Diskriminationsaufgaben lösen mussten. Die Tiere reduzierten z. B. im Laufe aufeinanderfolgender Aufgaben ihre Versuche bis zum Erreichen eines Kriteriums deutlich (DIXON 1970, HANGGI 1999). Neben Pferden wurde das Lernen zu Lernen u. a. auch bei Hühnern (ALPERT ET AL. 1962) und Zwergziegen (LANGBEIN ET AL. 2007a) untersucht.

BITTERMAN (1965) schlug einen weiteren Ansatz vor, um die kognitiven Fähigkeiten verschiedener Arten zu bewerten. Dabei werden die Möglichkeiten von Tieren untersucht, wie diese über die Umkehrung von Diskriminationen lernen zu lernen. Bei diesem Umkehrlernen (engl.: *reversal learning*) wird ein Tier auf eine Diskriminationsaufgabe trainiert. Daraufhin werden der positive und der negative Stimulus umgekehrt, anschließend erneut umgekehrt und nochmals umgekehrt, jedes Mal wieder, bis sich die Leistung erneut stabilisiert hat (BITTERMAN 1975). Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass man die spätere Leistung eines Tieres mit seiner eigenen ursprünglichen Leistung vergleichen kann (MARTIN ET AL. 2006). Bei Nutztieren liegen Untersuchungen zum Umkehrlernen beispielsweise bei Pferden (SAPPINGTON ET AL. 1997, MARTIN ET AL. 2006), Hühnern (BROOKSHI ET AL. 1961) und Schweinen (LIEN UND KLOPFER 1978) vor.

Mit Hilfe solcher Ansätze lassen sich die Lernleistungen von verschiedenen Tierarten identifizieren. Nach THOMAS (1996) können acht Ebenen des Lernens unterschieden werden, die äquivalent zu den acht Stufen kognitiver Fähigkeiten sind (Tabelle 1.1). Dabei sind Prozesse aus niedrigeren Ebenen Voraussetzung für Prozesse aus höheren Ebenen (GAGNE 1970, THOMAS 1980). Die ersten fünf Ebenen umfassen assoziative Prozesse, in denen Wiederholungen des Stimulus und verstärkende Assoziationen eine Rolle spielen und die auswendig gelernt werden können. Die Ebenen 6 bis 8 hingegen umfassen Konzeptlernen. Auch wenn die Prozesse hierarchisch aufgetragen sind, nutzt ein Tier alle ihm möglichen Prozesse gleichzeitig oder auch nacheinander (THOMAS 1996).

Tabelle 1.1: Lern-Intelligenz-Hierarchie nach THOMAS (1996). Hierarchie grundlegender kognitiver Prozesse verbunden mit Lernvermögen und Intelligenz.

Ebene	Kategorie
8	Relationskonzepte II: Erfassen von bikonditionalen Klassenkonzepten
7	Relationskonzepte I: Erfassen von konditionalen Klassenkonzepten
6	Klassenkonzepte (absolut/relativ)
5	Konkurrierendes Diskriminationslernen: parallele Reiz-Reaktions-Einheiten
4	Verknüpfungsketten: serielle Reiz-Reaktions-Einheiten
3	Reiz-Reaktions-Lernen: operante Konditionierung
2	Signallernen: klassische Konditionierung
1	Habituation, Sensitivierung

Die einfachste Form des Lernens betrifft die Habituation und Sensitivierung (Ebene 1). Ist die Reaktion auf eine wiederholte Stimulation vermindert, hat sich das Tier an diesen Reiz habituiert (HARRIS 1943, BAKER 1997). Sensitivierung hingegen bezeichnet eine Erhöhung der Reaktivität auf den wiederholt präsentierten Stimulus. Die klassische Konditionierung (Ebene 2) wurde durch Untersuchungen von PAWLOW (1927) zur Speichelsekretion bei Futterpräsentation an Hunden geprägt. Während eines Trainings führt ein unbedingter Reiz (Futter) zu einer unbedingten Reaktion (Speichelfluss). Wird der unbedingte Reiz zusätzlich mit einem neutralen Reiz (Glocke) wiederholt präsentiert, wird dieser zu einem bedingten Reiz und führt auch bei alleiniger Präsentation zu einer nun bedingten Reaktion (Speichelfluss). Bei der operanten Konditionierung (Ebene 3) wird eine Verbindung zwischen einem ursprünglich neutralen motorischen Muster und einer Belohnung hergestellt. Untersuchungen von SKINNER (1959) führten zu zahlreichen Studien mit sogenannten Skinner-Boxen. Dabei wird ein Tier in eine für es unbekannte Umgebung gesetzt. Dort führt es daraufhin verschiedene motorische Muster aus. Bei der Ausführung einer bestimmten Verhaltensweise (z. B. Betätigung eines Hebels) wird Futter ausgegeben, welches als positive Verstärkung dient und das Verhalten somit wiederholt ausgeführt wird. Auf Basis der vierten Ebene nach THOMAS wird untersucht, wie viele Reiz-Reaktions-Einheiten ein Tier nacheinander (seriell) lernen kann. Ein serielles Training von mehreren Diskriminationsaufgaben spielt eine Rolle bei artübergreifenden Untersuchungen zu grundlegenden Lernmechanismen, Lernleistung und Gedächtniskapazität (THOMAS 1986). Im Gegensatz zum seriellen Lernen sind Tiere mit kognitiven Fähigkeiten auf Ebene 5 in der Lage, mehrere solcher Reiz-Reaktions-Einheiten gleichzeitig (konkurrierend) zu lernen und auch wieder abzurufen (z. B. LANGBEIN ET AL. 2008).

Absolute und relative Klassenkonzepte sind auf Ebene 6 nach THOMAS (1996) zusammengefasst. Auf Basis absoluter Klassenkonzepte sind Individuen fähig, beispielsweise die Kategorien „Baum“ und „Vogel“ zu konzeptualisieren und daraufhin eine unbegrenzte Anzahl an Bäumen vs. Vögeln, Bäumen vs. alles andere, usw. zu diskriminieren (THOMAS 1996). In relativen Klassenkonzepten hingegen müssen Stimuli verglichen werden. Sind Tiere in der Lage relative Klassenkonzepte zu bilden, müssen sie entscheiden, welche Objekte sich von anderen unterscheiden (*odddity task*,

same-different-task: z. B. THOMAS UND NOBLE 1988, MERCADO ET AL. 2000, HILLE ET AL. 2006), welche größer sind (z. B. HANGGI 2003) oder auch welcher Stimuli entsprechend dem Muster ist (*matching-to-sample task*: z. B. MAUCK UND DEHNHARDT 2005, BODILY ET AL. 2008). Bei der Erfassung konditionaler Klassenkonzepte (Ebene 7) müssen Individuen komplexere Aufgaben, wie beispielsweise „wenn-dann“, lösen können. In einer Studie wurden Totenkopffächchen entweder Dreieck- oder Vierecke präsentiert. Wurde den Tieren ein Dreieck gezeigt, dann war dies für die Tiere der Hinweis, unter den angebotenen Paaren jenes zu wählen, welches zwei gleiche Stimuli zeigte. Wurde allerdings ein Viereck präsentiert, sollten sie das Paar mit zwei unterschiedlichen Stimuli wählen (BURDYN UND THOMAS 1984). Kognitive Prozesse auf Basis von Ebene 8 konnten bisher für nichtmenschliche Tiere nicht nachgewiesen werden.

1.1.2 LERNVERSUCHE BEI NUTZTIEREN

Die Nutztierhaltung ist in Deutschland von hoher Bedeutung. Insgesamt beträgt der Viehbestand mehr als 172 Millionen Tiere (STATISTISCHES BUNDESAMT 2011; Stand: 01. März 2010). Neben Rindern (~ 13 Mio.), Schweinen (~ 27,6 Mio.), Hühnern (~ 114,1 Mio.) und Geflügel wie Enten, Gänse, Truthähne (~ 14,8 Mio.) wurden auch Schafe (~ 2,1 Mio.), Ziegen (~ 150.000) und Einhufer wie beispielsweise Pferde (~ 460.000) mit einbezogen. In den letzten Jahren war ein Prozess zu erkennen, in dem sich das Bewusstsein vieler Verbraucher gegenüber Nutztieren änderte. Artgerechte Haltungsbedingungen, Tiergesundheit und Wohlbefinden rücken immer mehr in den Vordergrund des Interesses der Verbraucher (NAPOLITANO ET AL. 2010), was sich oft nicht mit der intensiven Massentierhaltung in Einklang bringen lässt. Während ihres Lebens sind Nutztiere großen Änderungen in ihrer Umgebung ausgesetzt, wie beispielsweise durch neue Haltungssysteme, neues Futter oder die Neugruppierung mit unbekanntem Artgenossen. Dabei spielen Lernprozesse, welche die Ungewissheit in solchen Situationen reduzieren, eine wichtige Rolle, da sie entscheidend für das tierische Wohlbefinden und die Leistung sind (WECHSLER UND LEA 2007). Eine aktuell vorgeschlagene Definition beschreibt dabei Wohlbefinden als einen „Zustand physischer und psychischer Gesundheit, der sich – vor dem Hintergrund individueller, auch kognitiver Ansprüche und Fähigkeiten – aus dem Prozess der ethologischen und physiologischen Adaptation bei der Bewältigung von Herausforderungen durch die Umwelt und den dabei gemachten subjektiven Erfahrungen und emotionalen Bewertungen ergibt“ (PUPPE ET AL. 2012). Die Aneignung von Kenntnissen über die kognitiven Lernleistungen von Nutztieren kann sich stark darauf auswirken, wie die Haltung der Tiere positiv beeinflusst werden kann (BATESON 1991, MASON UND MENDEL 1993). Somit können durch das Überdenken der Haltung auch diverse Situationen, die zu Schmerz, Langeweile oder Frustrationen führen, verhindert werden (SNOWDON 1989, DAWKINS 1990, DUNCAN UND POOLE 1990, MASON 1991).

Durch den Einsatz einer immer mehr steigenden Automatisierung in der Tierhaltung werden immer höhere kognitive Anforderungen an die Nutztiere gestellt (WECHSLER UND LEA 2007). Die Tiere müssen sich mit in der Haltung eingesetzten elektronischen Futterstationen oder automatischen Melksystemen auseinandersetzen. Um Frustrationen und Stress zu vermeiden, sollten vor dem Einsatz automatischer Systeme in die Tierhaltung die kognitiven Fähigkeiten der jeweiligen Tiere überprüft werden. Speziell auf diese Fähigkeiten angepasste Lernaufgaben können anschließend gezielt dazu eingesetzt werden, das Management der Tiere zu verbessern. Die Bereit-

stellung von angemessenen und lösbaren Herausforderungen kann für die Tiere zu einer gewissen Kontrolle über einige Aspekte ihrer Haltungsumwelt führen, die kognitiven Fähigkeiten fördern und zudem die Langeweile im Stallalltag mindern, was sich alles nachweisbar positiv auf das tierische Wohlbefinden auswirken kann (DANTZER 2002, BOISSY ET AL. 2007, MEEHAN UND MENCH 2007, PUPPE ET AL. 2007, MANTEUFFEL ET AL. 2009b). Domestizierte Tiere eignen sich dabei sehr gut als Versuchstiere für kognitive Untersuchungen unter den für sie natürlichen Bedingungen, da sie relativ einfach zu halten und zu beobachten sind (LANGBEIN ET AL. 2007a). Nachdem zunächst operante Techniken angewandt wurden, um die generellen sensorischen Fähigkeiten von Tieren zu untersuchen (ARAVE 1996), betrachtete man anschließend genauere Aspekte des Lernverhaltens von Nutztieren.

Da das räumliche Lernen für sozial gehaltene Nutztiere in der Landwirtschaft von großer Bedeutung ist, wurden zahlreiche Untersuchungen zu diesem Aspekt durchgeführt. Gerade bei sehr großen Tierzahlen in einem Stall können Tiere unter Anwendung ihres räumlichen Gedächtnisses präferierte Liegeplätze wiederfinden oder Bereiche vermeiden, in denen sich gewöhnlich dominante oder unbekannte Artgenossen aufhalten (MENDL ET AL. 1997b). Es ist ebenfalls wichtig, die Stellen zu lernen, die als Kotplätze vorgesehen sind, um so Verschmutzungen des Stalls und des Tieres sowie eine erhöhte Ammoniakkonzentration im Stall zu vermeiden (AARNINK ET AL. 1997). In einer Arbeit mit Rindern wurde mit einem strahlenförmigen und einem parallel-armigen Labyrinth herausgefunden, dass die Tiere scheinbar die Fähigkeit haben, verschiedene Orte mit Futterquellen zu verbinden und sich an diese Orte bis zu acht Stunden erinnern (BAILEY ET AL. 1989). In einer weiteren Studie konnten sich Rinder sogar mindestens 48 Tage an Futterstellen erinnern (KSIKSI UND LACA 2002). Schafe konnten sich ebenfalls an die räumlichen Positionen von Stellen erinnern, an denen sie vor 12 und 24 Stunden Futter fanden, wobei sich die Leistung sogar nach 72 Stunden nicht verschlechterte (EDWARDS ET AL. 1996, DUMONT UND PETIT 1998). Junge Hühner wurden darauf trainiert, durch Scharren am Boden im Zentrum einer quadratischen geschlossenen Arena Futter zu finden. Anschließend wurden sie in ähnlichen Arenen, die sich allerdings in ihren Formen unterschieden, getestet. Die Tiere zeigten lokalisiertes Suchverhalten in der eckigen Arena und zeigten dieses Verhalten ebenfalls, wenn sie in runde oder dreieckige Arenen gesetzt wurden (TOMMASI ET AL. 1997).

Das soziale Lernen ist bei Nutztieren sehr wichtig, da sie meist in größeren Gruppen gehalten werden (für ausführliche Informationen zum sozialen Lernen siehe Abschnitt 4.1.1). Lämmer beispielsweise lernen durch Beobachtung von sowohl trocken stehenden Mutterschafen, als auch von den eigenen Müttern mehr gesunde Nahrung und stattdessen weniger Pelletfutter, das Lithiumchlorid enthält, aufzunehmen (THORHALLSDOTTIR ET AL. 1990). Bereits einen Tag alte Hühnerküken vermeiden das Picken aversiver Stimuli nach der Beobachtung von Abscheureaktionen anderer Küken (JOHNSTON ET AL. 1998).

Nutztiere besitzen eine gut ausgeprägte akustische Wahrnehmung. Diese Tatsache kann und wird bereits dazu eingesetzt, Managementsysteme zu vereinfachen, aber auch tierischen Stress zu vermeiden und das Wohlbefinden zu steigern. Für Schweine wurde beispielsweise ein sogenannter Ton-Schalter-Futterautomat entwickelt (ERNST ET AL. 2005, ZEBUNKE ET AL. 2011). Statt wie in der Nutztierhaltung üblichen, konventionellen Fütterung, wurden die Schweine, nachdem jedes Tier einen eigenen Ton gelernt hatte, individuell zum Futterautomaten gerufen. Nicht aufgerufene Tiere in derselben Gruppe zeigten keine Reaktion auf den fremden Ton, was sich u. a. durch Herzfrequenzvariabilitätsanalysen nachweisen ließ. Durch diese Form der Fütterung

kann zum einen die Aggression am Trog verhindert und zum anderen durch die kognitive Herausforderung das tierische Wohlbefinden gesteigert werden. In einer anderen Studie wurde Rindern ebenfalls durch operante Konditionierung individuell ein Ton beigebracht (WREDLE ET AL. 2006). Nach einer definierten Zeitspanne konnten die Tiere dann zu einer automatischen Melkstation gerufen werden, um somit lange Wartezeiten zu umgehen. Dabei spielt die Ausgabe einer Belohnung nach einem richtigen Besuch eine entscheidende Rolle.

Auch die olfaktorische Erkennung spielt bei Nutztieren eine Rolle. So können Schafe beispielsweise schnell zwischen Gerüchen von Wolle, Fäkalien und Speichel verschiedener Individuen unterscheiden (BALDWIN UND MEESE 1977). Böcke erkennen zudem mit Hilfe ihres Geruchssinns, ob sich Mutterschafe im Östrus befinden oder nicht (BLISSETT ET AL. 1990). Bei Studien zum olfaktorischen Lernen bei Ziegen und Kälbern zeigte BALDWIN (1977), dass die Tiere ihre Artgenossen anhand vom Geruch des Urins unterscheiden können.

Für die meisten durchgeführten Versuche spielen allerdings auch die visuellen Fähigkeiten der Tiere eine entscheidende Rolle. Speziell zum visuellen Diskriminationslernen bei Nutztieren existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Untersuchungen. Dabei werden sowohl natürliche Objekte oder Abbildungen solcher, als auch verschiedenste künstliche Stimuli wie z. B. geometrische Symbole eingesetzt (vergleiche Abschnitt 3.1.1). Meist wird für die Untersuchungen ein zwei- bis vierfach-Wahldesign zur Diskrimination eingesetzt. Bei Schafen ist die Lerngeschwindigkeit für natürliche Objekte wie Futter oder Gesichter deutlich höher im Gegensatz zu geometrischen Symbolen oder Objekten, die keinerlei Bedeutung für die Tiere haben (KENDRICK 1998). Ein Schaf kann durch visuelle Erkennung eine neue genießbare Futterquelle in ein bis zwei Versuchen lernen und dieses Wissen für drei Monate oder länger behalten. Lämmer erinnerten sich sogar für über drei Jahre an die gelernte Information über eine ungenießbare Futterquelle (GREENE ET AL. 1984). Im Gegensatz dazu benötigen Schafe 10 bis 40 Versuche, um geometrische Symbole zu lernen, die dann oft nur für wenige Tage oder sogar nur für Stunden behalten werden (KENDRICK 1992, KENDRICK ET AL. 1996).

In der Lernforschung wird oft nur eine geringe Anzahl an Versuchstieren eingesetzt, sodass sich die Frage stellt, ob die Ergebnisse zu verschiedenen kognitiven Fähigkeiten daraufhin für die gesamte Art gelten. Es wird jedoch postuliert, dass ungeachtet der Trainingsmethoden oder der Vorgeschichte der Tiere, positive Ergebnisse als Begabung innerhalb der Fähigkeiten dieser Art bedeuten (PEPPERBERG UND BREZINSKY 1991). Zudem werden die Versuchstiere vorwiegend einzeln gehalten. Das Training erfolgt in speziellen unbekanntem Lernumgebungen, meist unter menschlicher Beaufsichtigung. Das experimentelle Design ist dabei oft sehr eingeschränkt, da sowohl die Zeiten des Trainings als auch die Anzahl an Wahlen pro Trainingsperiode vordefiniert sind. Gerade für sozial lebende Tiere stellt dies völlig untypische Lernbedingungen dar. Im Gegensatz dazu wurden allerdings schon erste Ansätze für Schweine und Zwergziegen entwickelt, in denen ein komplett automatischer Lernautomat in die normale Haltungsumwelt der Tiere integriert wurde. Dabei stand der Automat den Tieren während des Lernens 24 Stunden am Tag zur Verfügung. Nachdem die Schweine einen individuellen Ton gelernt hatten, konnten sie durch diesen einzeln von den Automaten aufgerufen werden und dort ihr Futter abrufen (ERNST ET AL. 2005). Die Zwergziegen konnten frei entscheiden, wann sie den Lernautomaten aufsuchen wollten und demzufolge unbegrenzt Wahlen am Automaten durchführen (LANGBEIN ET AL. 2006). In beiden Ansätzen lernten die Tiere selbständig ohne die Anwesenheit eines Menschen.

1.1.3 VISUELLES LERNEN BEIM NUTZTIER ZWERGZIEGE

Es wird angenommen, dass Ziegen die ersten Huftiere waren, die durch Menschen bereits vor mindestens 10.000 Jahren domestiziert wurden (ZEUNER 1967, LUIKART ET AL. 2001). Während es vor dem ersten Weltkrieg noch fünf Millionen Ziegen in Deutschland gab, sank diese Zahl bis heute drastisch auf nur noch 120.000 Mutterziegen (RAHMANN 2010). Auch bekannt als die „Kuh des armen Mannes“ spielt die Ziege heute hauptsächlich in den Entwicklungsländern eine entscheidende Rolle (DWYER 2009), wird aber auch häufig beispielsweise in Zoos im Streichelgehege eingesetzt. Ziegen gehören zu den Wiederkäuern und der Familie der Hornträger (Bovidae) an. An der Afrikanischen Zwergziege (*Capra aegagrus hircus* L.) wurden bereits verschiedene Aspekte der Lernfähigkeit untersucht. Durch das problemlose Handling und ihre Größe eignen sich Zwergziegen sehr gut als Versuchstiere, die ebenfalls als Modelltiere für sozial lebende Wiederkäuer angesehen werden können. Bereits BALDWIN (1979) zeigte, dass sich die Zwergziege als Versuchstier gut für visuelle Diskriminationsaufgaben eignet, da die Tiere große, gut entwickelte Augen besitzen und ihr Verhalten in der Wildnis auf eine hohe Sehkraft hinweist. Zusätzlich konnten frühere Studien zeigen, dass Zwergziegen in der Lage sind, eine große Vielzahl an Formen unterschiedlicher Komplexität zu diskriminieren (BALDWIN 1979, BLAKEMAN UND FRIEND 1986).

Im Forschungsbereich Verhaltensphysiologie des Leibniz Instituts für Nutztierbiologie wurden verschiedene Lernversuche mit Afrikanischen Zwergziegen durchgeführt. Wissenschaftlich innovativ und gleichzeitig praktikabel erwies sich die individuelle Untersuchung von Tieren, die sich unter natürlichen Bedingungen und in Gruppenhaltung befanden. Dafür stand den Tieren ein eigens konzipierter Lernautomat zur Verfügung (FRANZ UND REICHART 1999; Abschnitt 2.2). Als Belohnung für eine richtige Wahl in den angebotenen vierfach-Diskriminationsaufgaben wurde den Ziegen Trinkwasser ausgegeben, welches nur am Lernautomaten für die Tiere zur Verfügung stand. Dabei wurde festgestellt, dass Zwergziegen in der Lage sind, verschiedene Farbtöne auseinanderzuhalten. Sie unterscheiden die Farbreize „rot“, „grün“ und „blau“ mit mindestens 68 % Richtigwahl und die Farbreize „gelb“, „türkis“ und „violett“ zu mindestens 60 % Richtigwahl von „grau“. Zwergziegen werden aus diesem Grund zu den Trichromaten gezählt, da der von den Photorezeptoren aufgespannte Farbreizdiskriminationsraum dreidimensional ist (SIEMERS 2003). Weiterhin wurde die generelle Fähigkeit der Tiere untersucht, verschiedene visuelle Symbole in den vierfach-Aufgaben zu diskriminieren. Während die Tiere in einer ersten Aufgabe noch im Mittel 420 Wahlen bis zum Erreichen eines Lernkriteriums benötigten, nahm diese Anzahl an Wahlen im Laufe mehrerer hintereinander angebotenen Aufgaben ab (LANGBEIN ET AL. 2007a). Die Ziegen lernten zu lernen, indem sie vorangegangene Erfahrungen mit vorherigen Aufgaben dazu verwendeten, ihre Lerngeschwindigkeit in nachfolgenden Aufgaben zu steigern. Mit Hilfe dieser Bildung eines ‚learning sets‘ (HARLOW 1949) können die Ziegen schnell verschiedene Aufgaben hintereinander aber auch konkurrierend lernen. Die Lernleistung ließ sich zudem mit einem sekundären Verstärker in Form eines akustischen Signals verbessern (LANGBEIN ET AL. 2007b). Auch nach mehreren Wochen konnten die Zwergziegen selbst bei konkurrierender Präsentation mehrerer zuvor gelernter Aufgaben diese richtig diskriminieren (LANGBEIN ET AL. 2008), was auf ein gutes Langzeit-Gedächtnis der Tiere hinweist. Eine Umstallung sowie die soziale Umwelt beeinträchtigte die Lernleistung dabei nur unwesentlich (BAYMANN ET AL. 2007). Zudem konnte nachgewiesen werden, dass die Zwergziegen den Lernautomaten nutzten, auch wenn Wasser frei zur Verfügung stand

(LANGBEIN ET AL. 2009). Dieses als ‚*Contrafreeloading*‘ bezeichnete Phänomen (OSBORNE 1977) zeigt, dass die Ziegen die kognitive Herausforderung suchen, auch über die Motivation hinaus eine Belohnung zu bekommen. Zudem konnten KEIL ET AL. (2012) zeigen, dass Ziegen gut zwischen Artgenossen der eigenen und einer anderen Gruppe unterscheiden können, selbst wenn die Köpfe der Stimulus-Tiere nicht sichtbar waren.

1.2 UMWELTANREICHERUNGEN BEI NUTZTIEREN

Die Bedingungen der Aufzucht sowie die Gestaltung des Haltungssystems können sich erheblich auf das Verhalten und die Physiologie von domestizierten Tieren auswirken (KRAUSE ET AL. 2006). In den meisten Fällen bieten die bereitgestellten Haltungsumwelten für landwirtschaftliche Nutztiere kaum Beschäftigungsmöglichkeiten, Abwechslungen oder Herausforderungen, sodass sie nur eingeschränkt ihr artspezifisches Verhalten ausüben können. Trotz der Domestikation ist das arteigene Verhaltensrepertoire allerdings grundsätzlich erhalten geblieben (PRICE 1998). Neben Langeweile und Frustration, kann es zum Auftreten von Stereotypen und anderen Verhaltensstörungen kommen (WEMELSFELDER 1993, MENDL 1999, MASON ET AL. 2007), die sich negativ auf das tierische Wohlbefinden auswirken können. Damit die Tiere ihr gesamtes Verhaltensrepertoire ausüben können, sind verschiedene Bedingungen nötig. Neben der physischen Möglichkeit zur Ausübung ihres Verhaltens, müssen geeignetes Material oder Reize, genauso wie angemessene Lernmöglichkeiten, zur Verfügung stehen. Des Weiteren müssen die Tiere die körperlichen Fähigkeiten besitzen, um ihre Haltungsumgebung artgemäß zu nutzen (KNIERIM 2001). Aus diesem Grund werden seit einigen Jahren verschiedenste Formen von Umweltanreicherungen im Haltungsalltag eingesetzt (ausführliche Informationen zur Umweltanreicherung siehe Abschnitt 5.1.1). Das Ziel besteht dabei in der Erhöhung der biologischen Relevanz von Stallumgebungen, um somit eine größere Verhaltensvielfalt zuzulassen (NEWBERRY 1995) und das psychologische und physiologische Wohlbefinden der Tiere zu erhöhen (SHEPHERDSON 1998).

Am häufigsten eingesetzt werden dabei Formen von struktureller Anreicherung. Durch den Einsatz verschiedenster Elemente wird den Tieren die Möglichkeit geboten, sich mit diesen auseinanderzusetzen. Allerdings kommt es oft nach anfänglich positiven Ergebnissen zu einer schnellen Habituation und einer entsprechend sinkenden Motivation, sich mit den Elementen zu beschäftigen. Andere Formen der Anreicherung werden in der Landwirtschaft kaum eingesetzt. Die biologische Relevanz von Stimuli zur sensorischen Anreicherung wird in Frage gestellt (NEWBERRY 1995) und soziale Anreicherung spielt bei in Gruppen lebenden Tieren nur eine untergeordnete Rolle. Erst wenig untersucht, aber mit einem großen Potential sich positiv auf das Wohlbefinden von Nutztieren auszuwirken, sind kognitive Umweltanreicherungen. Dauerhaft herausfordernde Lernaufgaben, die zusätzlich noch mit einer Belohnung verknüpft waren, wurden beispielsweise bereits bei Schweinen (PUPPE ET AL. 2007, ZEBUNKE ET AL. 2011) und Zwergziegen (LANGBEIN ET AL. 2009) eingesetzt.

1.3 FRAGESTELLUNGEN UND ZIELE DER ARBEIT

Die vorliegende Arbeit setzt sich mit zwei getrennten Komplexen auseinander. Der erste Komplex befasst sich mit grundlegenden Erkenntnissen zu kognitiven Fähigkeiten von Nutztieren unter realen Haltungsbedingungen, während der zweite Komplex mehr praktisch orientiert ist und Aussagen zu verschiedenen Haltungsbedingungen getroffen werden sollen. Im Detail wurden im Komplex 1 spezifische Lernprozesse von Nutztieren auf den Gebieten Kategoriebildung (Experiment 1) und sozialem Lernen (Experiment 2) untersucht. Der zweite Komplex beschäftigte sich mit den Auswirkungen von langfristiger Umwultanreicherungen auf das Verhalten und die Physiologie der Tiere (Experiment 3). Die Versuche wurden an Afrikanischen Zwergziegen (*Capra hircus*) durchgeführt, die als Modelltiere für sozial lebende Wiederkäuer eingesetzt wurden.

Auf Grund der Vielzahl an Informationen in einer sich ständig ändernden Umgebung, ist es hilfreich Strategien zu entwickeln, um diese Informationen zusammenfassen und daraufhin schneller verarbeiten zu können. Ob verschiedene Tierarten dazu in der Lage sind, kann mit unterschiedlichen Wahldesigns und mit Hilfe natürlicher oder künstlicher Stimuli überprüft werden. Im **Experiment 1** wurde die Fähigkeit von Zwergziegen überprüft, offene Kategorien anhand künstlicher Symbole zu erarbeiten. Die Tiere sollten selbständig mit Hilfe von visuellen vierfach-Diskriminationsaufgaben zwei verschiedene Kategorien lernen. In einem anschließenden Transfer-Test sollte mit neuen Symbolen überprüft werden, ob auch diese korrekt generalisiert und in die gebildeten Kategorien eingeordnet werden. Bisherige Studien an z. B. Pferden und Zwergziegen zeigten, dass diese Tiere abstrakte Konzepte lernen können sowie eine große Anzahl visueller Symbole diskriminieren und über lange Zeiträume speichern. Aus diesem Grund wird angenommen, dass Zwergziegen ebenfalls offene Kategorien basierend auf künstlichen Symbolen erarbeiten und auch neue Symbole generalisieren sowie den gebildeten Kategorien zuordnen können.

Soziales Lernen hat bei in Gruppen lebenden Wiederkäuern eine wichtige Funktion bei der Konditionierung auf neue Umweltreize. Das Beobachten und anschließende Nachahmen von Verhaltensweisen von anderen Organismen ermöglicht es Individuen, schneller Lösungsstrategien von Herausforderungen zu erlangen, als sich diese selbst in einem möglicherweise langen Prozess durch Versuch und Irrtum anzueignen. Das **Experiment 2** beschäftigt sich von daher mit der Frage, ob Zwergziegen, denen die Möglichkeit zur Beobachtung erfahrener Demonstratoren gegeben wurde, in visuellen Diskriminationsaufgaben ihren Lernerfolg schneller steigern, als Ziegen ohne Beobachtungsmöglichkeiten. Es wurde dabei unterschieden, ob die Beobachtung der erfahrener Demonstratoren direkt live durch eine Plexiglasscheibe oder aber live auf einem Flachbildschirm erfolgte. Zusätzlich wurde eine Kontrollgruppe eingesetzt, die ohne eine Beeinflussung der Demonstratoren lernte. Die Hypothese bestand darin, dass sich die Beobachtung erfahrener Demonstratoren bei der Lösung visueller Diskriminationsaufgaben positiv auf die Lernleistung auswirkt, sodass Tiere mit der Möglichkeit zur Beobachtung der Demonstratoren (sowohl direkt live als auch über den Bildschirm) schneller lernten, als Ziegen der Kontrollgruppe ohne Beobachtungsmöglichkeit.

Strukturelle Anreicherungen der Haltungsumwelt werden bereits vermehrt bei Zoo-, aber auch bei Nutztieren in verschiedensten Formen eingesetzt. Die Auswirkungen der Integration von kognitiven Herausforderungen in den Haltungsalltag wurden

bisher erst wenig untersucht. Im **Experiment 3** wurde der Frage nachgegangen, welchen Einfluss sowohl strukturelle, als auch kognitive Umwelthanreicherung auf die Lernleistung in visuellen Diskriminationsaufgaben, auf das räumliche Lernen in einem Labyrinth, als auch auf das Verhalten und die Physiologie in externen Belastungssituationen von Zwergziegen haben. Für die Ergebnisse dieses Experiments wurde angenommen, dass sich strukturelle Umwelthanreicherung auf die Lernleistung als auch auf die Aktivität der Ziegen im Verhaltenstest positiv auswirkt. Eine weitere Hypothese bestand darin, dass Unterschiede zwischen den Zwergziegen aus angereicherten und denen aus nicht angereicherten Haltungsbedingungen im Verhalten, in den Cortisolwerten und in der Herzfrequenzvariabilität auftreten. Es wurde davon ausgegangen, dass ein visuelles kognitives Training die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Tiere stimuliert und somit die räumliche Lernleistung bei Ziegen aus angereicherten Haltungsbedingungen verbessert ist.

2. TIERE, MATERIAL UND METHODEN ALLGEMEIN

2.1 VERSUCHSTIERE UND HALTUNG

Die Versuche der vorliegenden Arbeit wurden mit Afrikanischen Zwergziegen (*Capra hircus*) aus der institutseigenen Zucht des Leibniz-Instituts für Nutztierbiologie (FBN Dummerstorf) durchgeführt. Insgesamt standen 99 Versuchstiere zur Verfügung. Die Anzahl der Tiere in den einzelnen durchgeführten Versuchen variierte und wird in den jeweiligen Abschnitten (Experiment 1 bis Experiment 3) angegeben. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden nur weibliche Tiere eingesetzt.

Sofern in den einzelnen Versuchsabschnitten nicht anders angegeben, wurden alle Zwergziegen in Gruppen à 8 bis 13 Tiere in identischen Haltungsabteilen (~ 12 m²) eingestallt. Diese Abteile waren ausgestattet mit Stroheinstreu, einer Raufe mit Heu *ad libitum*, einer zweistufigen Kletterpyramide aus Holz sowie einer an der Decke befestigten, frei schwingenden Futterrampe. In den Anlernphasen (Abschnitt 2.3) bekamen die Ziegen 200 g Futter pro Tag und Tier, während der Trainingsphasen 300 g pro Tag und Tier (Vollkraft, Mischfutterwerk GmbH, Güstrow, Deutschland). Ihren täglichen Wasserbedarf konnten die Versuchstiere nur über einen in das Haltungsabteil integrierten Lernautomaten (Abschnitt 2.2) decken, der ihnen 24 Stunden am Tag zur Verfügung stand. Tagsüber gelangte über Fenster natürliches Licht in alle Abteile, zusätzlich regelte eine Zeitschaltuhr die künstliche Beleuchtung (Licht an zwischen 06:00 und 18:00 Uhr). Um auch bei Dunkelheit Aktionen am Lernautomaten zu ermöglichen, befand sich eine dauerhafte Lichtquelle über diesem Abschnitt des Haltungsabteils. Die Durchführung aller Versuchsabschnitte wurde durch das Landesveterinär- und Lebensmitteluntersuchungsamt des Landes Mecklenburg-Vorpommern genehmigt (LALLF M-V/TSD/7221.3-2.1-016/08).

2.2 LERNAUTOMAT

Der eigens für die Zwergziegen konzipierte Lernautomat wurde am FBN Dummerstorf entwickelt (Abbildung 2.1) und bereits in einigen früheren Studien eingesetzt (z. B. FRANZ UND REICHART 1999, FRANZ ET AL. 2002, LANGBEIN ET AL. 2006, 2007a, 2009). Die Steuerungssoftware wurde gemeinsam mit der Firma Vetec (Rostock, Deutschland, Software: „Felder-Monitor“) entwickelt. Der Lernautomat befand sich jeweils in einem separaten Abschnitt des Versuchsabteils und konnte immer nur von einer Ziege betreten werden. Auf Grund blickdichter Seitenwände konnte ein Beobachten der Aktionen im Lernautomaten durch die anderen Tiere ausgeschlossen werden. Jedes Versuchstier trug einen am Halsband befestigten Responder (NEDAP, Groenlo, Niederlande), sodass es durch eine Antenne im Lernautomaten individuell erkannt wurde und dem Tier alle Aktionen am Lernautomaten zugeordnet werden konnten. Im Inneren des Lernauto-

maten wurden den Ziegen auf einem durch eine Plexiglasscheibe geschützten 15-Zoll LCD-Monitor (Philips, Amsterdam, Niederlande) vierfach-Diskriminationsaufgaben präsentiert. Die Aufgaben bestanden aus verschiedenen schwarzen, zweidimensionalen Symbolen (Größe $\sim 7 \text{ cm}^2$), denen ein daneben angebrachter Druckschalter (Pegelschalter mit Druckfeder und PVC-Abdeckung; Conrad Electronic, Hirschau, Deutschland) zugeordnet war. Die Druckschalter konnten mit dem Nasenrücken betätigt werden, um ein Symbol auszuwählen. Eines der vier angebotenen Symbole wurde jeweils als das Belohnte (S^+) definiert. Nach Druck des zugehörigen Schalters erhielt das Tier als Belohnung eine kleine Portion Trinkwasser ($\sim 30 \text{ ml}$). Da akustische Signale als sekundäre Verstärker das visuelle Diskriminationslernen bei Zwergziegen unterstützen (LANGBEIN ET AL. 2007b), wurde bei jeder Wahl des belohnten Symbols (S^+) der Kammerton A (440 Hz; 80 db) über einen Lautsprecher abgespielt, der sich direkt über dem Lernautomaten befand. Bei jeder Wahl eines der drei anderen Symbole (S^-) erfolgte keine Belohnung und eine Dissonanz aus den Tönen BCD (entsprechend 980, 1039, 1166 Hz; 80 db) wurde abgespielt. Nach jeder Aktion erschien der Monitor für mehrere Sekunden schwarz (*inter-trial interval*, dt.: Intervall zwischen den einzelnen Wahlen). In dieser Zeit konnten zwar die Druckschalter betätigt werden, es wurde aber weder eine Belohnung ausgegeben, noch der sekundäre Verstärker abgespielt. Dieses Intervall gab den Ziegen nach Wahl des belohnten Symbols die Zeit, ihre Belohnung in Form von Wasser zu trinken bzw. bedeutete für die Tiere nach Wahl des unbelohnten Symbols eine Wartezeit, in der sie keine möglicherweise belohnten Aktionen durchführen konnten. Im Anschluss an das ‚*inter-trial interval*‘ wurden dieselben Symbole in einer anderen Anordnung auf dem Monitor präsentiert. Bei vier verschiedenen Symbolen und vier möglichen Positionen auf dem Monitor ergeben sich 24 mögliche Symbolkombinationen. Zur Darstellung dieser verschiedenen Symbolkombinationen wurden unterschiedliche Pseudo-Zufallsreihen entwickelt. Für jede Aufgabe wurden jeweils zwei verschiedene dieser Zufallsreihen kombiniert, sodass eine Reihe von 48 Symbolkombinationen entstand. Da Zwergziegen eine hohe Gedächtniskapazität aufweisen (LANGBEIN ET AL. 2008), sollte mit einer erhöhten Anzahl an Kombinationen ein Auswendiglernen erschwert werden. Hatte ein Tier 48 Aktionen am Lernautomaten durchgeführt, so begann die Reihe wieder von vorn. Jeder Ziege wurden die verschiedenen Symbolkombinationen nach derselben Zufallsreihe angeboten, aber je nach Anzahl an durchgeführten Wahlen, durchliefen einige Ziegen die Reihe schneller als andere. Zusätzlich enthielt die Steuerungssoftware ein Korrekturprogramm gegen Seitenstetigkeit (FRANZ 2001). Nach 24 Aktionen am Lernautomaten registrierte das Programm, ob mehr als 76 % aller Wahlen nur an den beiden linken, den beiden rechten, den beiden oberen oder den beiden unteren Druckschaltern erfolgten. Trat dieser Fall im Versuch auf, schaltete sich ein sogenannter Unterplan ein. Dadurch wurde dem Tier auf seiner präferierten Seite das belohnte Symbol nicht mehr angeboten. Erzielte die Ziege daraufhin eine Erfolgsrate von über 25 % auf der Gegenseite, schaltete sich der Unterplan wieder aus und die vier Symbole wurden wieder auf allen vier möglichen Positionen angeboten. In jedem der drei durchgeführten Experimente wurden den Ziegen nacheinander verschiedene Diskriminationsaufgaben präsentiert. Nach Beendigung einer Aufgabe startete die Steuerungssoftware automatisch jede neue Aufgabe exakt um 00:00 Uhr.

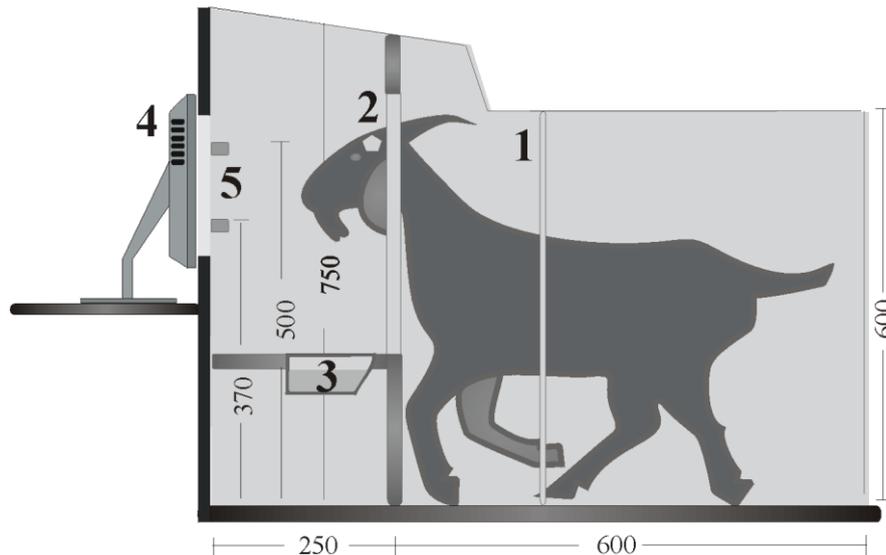


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung des Lernautomaten unter Angabe der Maße (mm). 1 = Antennenbereich zur individuellen Tiererkennung; 2 = Trennwand mit Öffnung, durch die nur der Kopf einer Ziege passt, um ein Umdrehen im Lernautomaten zu verhindern; 3 = Wasserschale zur Ausgabe der Belohnung; 4 = Computermonitor für die Präsentation der visuellen Symbole, geschützt durch eine Plexiglasscheibe; 5 = Druckschalter, jeweils einer zugehörig zu einem Symbol auf dem Monitor, konnten mit dem Nasenrücken betätigt werden. Der Lernautomat ist durch blickdichte Seitenwände begrenzt, um eine Beobachtung von Aktionen im Lernautomaten durch die anderen Ziegen zu verhindern.

Aus früheren Studien an Zwergziegen ist bekannt, dass mehr als 80 % der Tiere lernen, die Diskriminationsaufgaben zu lösen (LANGBEIN ET AL. 2006). Allerdings entwickeln einige Tiere auch alternative Strategien, um an die Belohnung, in diesem Fall in Form von Trinkwasser, zu gelangen. Einzelne Ziegen betätigen die Schalter in stark erhöhter Frequenz in zufälliger Reihenfolge. Sie wählen bis zu dreimal häufiger als erfolgreiche Lerner, ohne dabei ihren Lernerfolg zu erhöhen. Durch die tägliche Auswertung der Lerndaten konnten diese Tiere anhand ihrer vielen Wahlen und ihres gleichbleibend niedrigen Lernerfolgs identifiziert werden. Eine weitere Strategie, um an das Trinkwasser zu gelangen, besteht in der Verdrängung eines erfolgreichen Lerners aus dem Lernautomaten nach Ausgabe der Belohnung. Obwohl diese Ziegen den Lernautomaten dadurch etwa viermal häufiger aufsuchen, weisen sie keine Schalterbetätigungen auf. Die Tiere lernen es nicht, die Diskriminationsaufgabe zu lösen. Stattdessen lernen sie den Ton des sekundären Verstärkers für die Wahl des belohnten Symbols zu erkennen. Sobald dieser ertönt, verdrängen sie die Ziege im Lernautomaten und trinken das restliche Wasser in der Tränkschale (LANGBEIN ET AL. 2006). Aus diesem Grund leerte sich in allen Experimenten der vorliegenden Arbeit die Tränkschale automatisch, sobald ein Versuchstier den Lernautomaten verließ.

Alle im Versuch verwendeten Symbole stammen aus dem Programm Corel Draw 5.0 (Clip-Art Bibliothek, Corel, Ottawa, Ontario, Kanada). Um auszuschließen, dass allein der Schwarzanteil von S^+ für die Ziegen als Hinweis auf das belohnte Symbol diene bzw. dass die Tiere ihre Wahlen nur auf Grund der insgesamt beleuchteten Fläche ausführten (LEA UND RYAN 1983), wurde darauf geachtet, dass der Anteil schwarzer Pixel der verschiedenen Symbole in den einzelnen Aufgaben etwa gleich verteilt war. Das jeweils belohnte Symbol hatte in einigen Aufgaben den größten, in anderen den geringsten und in weiteren Aufgaben einen intermediären Anteil an schwarzen Pixeln im Vergleich zu den anderen Symbolen. Um sicherzustellen, dass die individuelle Wasseraufnahme jedes Tieres in allen Versuchsabschnitten gesichert war,

wurden bei der täglichen Auswertung die Aktionen jedes einzelnen Tieres am Lernautomaten kontrolliert und auf Grund der Anzahl an Richtigwahlen die aufgenommene Wassermenge überprüft. Bei Zwergziegen liegt der Erhaltungsbedarf in diesem Alter zwischen 1,1 bis 1,3 l pro Tag und Tier (BAYMANN 2007). Durch den unbegrenzten Zugang ist der Wasserbedarf selbst bei niedriger Lernleistung durch Erhöhung der Aktionen am Lernautomaten gewährleistet. Die täglich konsumierte Wassermenge bleibt dabei relativ konstant. Schwankungen können allerdings am ersten Tag bei der Präsentation neuer Aufgaben oder bei der Veränderung sozialer Umstände, wie beispielsweise beim Umställen, auftreten. Durch das Phänomen des ‚*attention-shifting*‘ (dt.: Verschiebung der Aufmerksamkeit; LAUGHLIN ET AL. 1999) kann auf Grund eines Stressors die Aufmerksamkeit der Tiere von der Lernaufgabe abgelenkt werden, sodass ihnen vermehrt Fehler bei ihren Wahlen unterlaufen.

Die Besonderheit des Versuchsaufbaus besteht generell darin, dass die Ziegen in allen Phasen der Experimente selbständig unter natürlichen Bedingungen und ohne menschliche Aufsicht in einem sogenannten ‚*closed-economy approach*‘ (dt.: Ansatz einer geschlossenen Ökonomie; HURSH 1980) lernen können. In den meisten Lernversuchen werden Tiere aus ihrer gewohnten Umgebung genommen und in festgelegten Anzahlen an Durchgängen und Wahlen pro Durchgang trainiert. Die Integration des Lernautomaten in die natürliche Haltungsumwelt im vorliegenden Ansatz ermöglichte es den Tieren, unter verhältnismäßig realistischen Bedingungen zu lernen. Durch den unbegrenzten Zugang konnten die Zwergziegen den Lernautomaten 24 Stunden am Tag aufsuchen und somit eine unbegrenzte Anzahl an Wahlen durchführen. Mit Hilfe dieses Versuchsdesigns ist es möglich, das individuelle Lernverhalten einer größeren Gruppe an Tieren gleichzeitig zu untersuchen.

2.3 ANLERNEN ALLGEMEIN

Etwa fünf Wochen nach der Geburt bzw. bei einer Körpermasse von über fünf Kilogramm wurden die Ziegenlämmer von der Mutter abgesetzt und gleichmäßig auf Anlernabteile verteilt. Dies geschah unter der Prämisse, dass sich keine Vollgeschwister zusammen in einer Gruppe befanden. Die Wasserversorgung wurde nicht durch eine gewöhnliche Tränke gewährleistet, sondern fand schon hier, wie nachfolgend beschrieben, über einen vereinfachten Lernautomaten statt, welcher eigens für die Ziegenlämmer modifiziert wurde. Über fünf verschiedene Anlernphasen lernten die Tiere Druckschalter zu betätigen, um als Belohnung Trinkwasser zu erhalten. In der ersten, einwöchigen Phase war ein Schwimmerschalter in der Tränkschale des Lernautomaten angebracht, der zur automatischen Steuerung von Füllständen eingesetzt wird. Dadurch befand sich zu jeder Zeit Wasser in der Tränkschale. Zusätzlich wurde ein Druckschalter dicht über der Schale angebracht, wodurch er leicht beim Trinken zufällig durch ein Tier gedrückt werden konnte. Nach Betätigung des Druckschalters wurde zusätzlich eine Portion Wasser (~ 30 ml) in die Schale ausgegeben. In der zweiten, einwöchigen Phase wurde der Schwimmerschalter entfernt. Somit bekamen die Tiere nur nach einem Schalterdruck Wasser. Anschließend wurde in der dritten Phase der Druckschalter für acht Tage 10 cm nach oben gesetzt, sodass die Tiere ihn bewusst drücken mussten, um Wasser als Belohnung zu erhalten. Im vierten Schritt wurden in horizontaler Ausrichtung zwei Druckschalter angebracht. Zunächst wurde für drei Tage nur nach Druck des linken Schalters Wasser ausgegeben, im Anschluss drei Tage lang

nur nach Drücken des Rechten. Es schloss sich eine letzte, zweiwöchige Phase an, in der die Seite des belohnten Druckschalters täglich wechselte. Sobald zwei Schalter eingesetzt wurden, kam der sekundäre Verstärker in Form akustischer Signale (siehe Abschnitt 2.2) zum Einsatz. Insgesamt verlief das Anlernen über etwa sechs Wochen. Diese relativ lange Zeitspanne begründet sich darin, dass die Ziegen jeden Schritt des Anlernens nur durch Ausprobieren selbständig, ohne die Hilfe eines Experimentators, erlernen mussten.

2.4 ALLGEMEINE DATENANALYSE UND STATISTISCHE AUSWERTUNG

Mit Hilfe des Responders am Halsband zur individuellen Tiererkennung wurden alle Aktionen der Einzeltiere am Lernautomaten rund um die Uhr aufgenommen und durch einen Computer aufgezeichnet. Dabei wurden Datum, Uhrzeit, Tiernummer, Anzahl richtiger Wahlen, Anzahl falscher Wahlen sowie Wahlen bei schwarzem Monitor (*inter-trial interval*) aufgenommen. Die Auswertung der Lerndaten erfolgte täglich.

Für die generelle Auswertung der Lernversuche wurde ein Lernkriterium berechnet. Dafür wurden jeweils Sequenzen à 20 Wahlen berücksichtigt (vergleiche HANGGI 1999). Nach dem Binomialtest ($P < 0,05$; $n = 20$; $P_0 = 0,25$) wurde 46 % Richtigwahl als allgemeines Lernkriterium definiert, ab dessen Erreichen sich die Lernleistung signifikant von der Zufallswahrscheinlichkeit einer vierfach-Diskriminationsaufgabe unterscheidet. Zur Auswertung der Tageslernleistung wurde dasselbe Lernkriterium herangezogen, da die Tiere pro Tag stets mehr als 20 Wahlen am Lernautomaten ausführen. In einer früheren Arbeit mit Zwergziegen konnte gezeigt werden, dass die Tiere relativ konstant 1,1-1,3 l Wasser pro Tier und Tag über den Lernautomaten aufnehmen (BAYMANN ET AL. 2007). Umgerechnet auf die einzelnen Aktionen bei 30 ml Wasser als Belohnung, entspricht dies etwa 40 korrekten Wahlen. Die prozentuale tägliche Erfolgsrate als relative Lernleistung wurde aus dem Quotienten der richtigen Wahlen zu den täglichen Gesamtwahlen berechnet und für jedes Tier getrennt analysiert.

Für die statistische Auswertung der Daten wurde das Programm SAS[®] 9.2 für Windows (SAS Institute Incorporated, Cary, North Carolina, USA) angewendet. Die Berechnung erfolgte durch die Modelle MIXED (gemischtes lineares Modell), GLIMMIX (generalisiertes lineares gemischtes Modell) und FREQ (Häufigkeitstabellen für qualitative und quantitative Merkmale) und ist in den entsprechenden Versuchsabschnitten detailliert erläutert. Traten signifikante Interaktionen zwischen den berechneten Hauptfaktoren auf, wurden die einzelnen Faktoren nicht mehr betrachtet (ENGQVIST 2005).

Alle Ergebnisse aus den statistischen Analysen wurden in Form von LSM (*least square means*, dt.: gewichtete quadratische Mittelwerte) \pm dem Standardfehler angegeben. Paarweise Vergleiche zwischen den LSM wurden mit Hilfe des multiplen Tukey-Kramer-Tests für alle Modelle berechnet, in denen signifikante Haupteffekte gefunden wurden. Es wurde für alle Ergebnisse dieser Arbeit festgelegt, dass Werte statistisch signifikant sind, wenn $P \leq 0,001$ (***), $P > 0,001 - P \leq 0,01$ (**) oder $P > 0,01 - P \leq 0,05$ (*). Tendenzielle Unterschiede traten auf, wenn $P > 0,05 - P \leq 0,10$ (†). In den Ergebnisgraphiken für alle drei Experimente stehen unterschiedliche Buchstaben über den Balken für signifikante Unterschiede/Tendenzen zwischen diesen.

3. EXPERIMENT 1

UNTERSUCHUNGEN ZUM ERLERNEN OFFENER KATEGORIEN AUF DER BASIS VON ABSTRAKTEN GEOMETRISCHEN SYMBOLEN

3.1 EINLEITUNG

3.1.1 GENERALISIERUNG UND KATEGORISIERUNG

Die meisten Tiere leben in sehr komplexen Umwelten, in denen extrem viele sensorische Einflüsse vorherrschen und kaum ein Stimuli oder Ereignis in exakt derselben Weise zweimal auftaucht (HANGGI 1999, STACH 2003). Um allerdings auch auf neue Stimuli auf der Basis von Ähnlichkeitskriterien adaptiv reagieren zu können, liegen zwei verschiedene Strategien vor: Stimulus-Generalisierung und Kategorisierung (BENARD ET AL. 2006). Generalisierung bezeichnet eine kognitive Fähigkeit, bei der ein Tier sein Verhalten als Reaktion auf einen Stimulus etabliert hat und anschließend bei der Präsentation neuer, ähnlicher Stimuli dieselbe Reaktion auslöst (GHIRLANDA UND ENQUIST 2003). Dabei wird die Ähnlichkeit zwischen der gegenwärtig aufgenommenen Information mit vorangegangenen Erfahrungen beurteilt (BENARD ET AL. 2006). Stimuli, die dabei auf einer Wahrnehmungsskala nah beieinander liegen, werden als gleich behandelt (SPENCE 1937b, SHEPHARD 1958), allerdings nicht in spezifische Klassen eingruppiert. Bei der Kategorisierung hingegen erfolgt eine Klassifizierung von wahrgenommenen Informationen in definierte funktionelle Gruppen. Kategorisierung ist dabei wichtig bei der Wahrnehmung, dem Denken und spielt zudem meist eine entscheidende Rolle bei motorischen Leistungen (HARNAD 1987). Sie stellt damit eine der grundlegendsten Möglichkeiten dar, sein Wissen zu organisieren (SMITH UND MEDIN 1981). Die Fähigkeit Kategorien bilden zu können, erlaubt es einem Individuum, unterscheidbare Objekte und Ereignisse auf Grund von physischen, assoziativen oder relationalen Gemeinsamkeiten zusammenzufassen und Stimuli als Teil einer speziellen Klasse zu identifizieren (WASSERMAN 1993, HUBER 1995, URCUIOLI 2001, ZENTALL ET AL. 2008). Prädatoren, Artgenossen, Futterquellen oder Habitate können dadurch schnell auf Grund gemeinsamer Eigenschaften erkannt werden (SCHLUESSEL ET AL. 2012). Die Fähigkeit Invarianzen zu entdecken, die grundlegende Eigenschaften von Objekten oder Ereignissen widerspiegeln, ist wesentlich für die Wahrnehmung und essentiell, um sich an eine ständig ändernde Umgebung anzupassen (HANGGI UND INGERSOLL 2009). Trotz der gewaltigen Informationsmenge in einer komplexen Umwelt, kann ein Individuum auf der Basis von Generalisierung und Kategorisierung mit reduziertem kognitiven Aufwand auf Stimuli effizient reagieren (ZAYAN UND VAUCLAIR 1998, GHIRLANDA UND ENQUIST 2003, LOMBARDI 2008). Auch wenn Generalisierung und Kategorisierung unterschiedliche Prozesse darstellen, werden sie oft stark vermischt, da eine eindeutige Abtrennung sehr schwierig ist (ESTES 1994, ZENTALL ET AL. 2002).

Nach HERRNSTEIN (1990) ist die Kontrolle von Stimuli, die einen Organismus umgeben, festgelegt durch verschiedene Faktoren, u. a. durch physische Variationen des Stimulus, die sensomotorische Ausstattung des Organismus und die funktionalen Konsequenzen für einen Organismus, wenn ein beliebiges Verhalten ausgeführt wird. Aus dem Zusammenspiel dieser Faktoren hat HERRNSTEIN (1990) fünf Level der Stimulus-Kontrolle oder auch Kategorisierung unterschieden, die aufsteigend in ihrer Komplexität sind: 1) Die einfachste Form ist die Diskrimination zwischen zwei unterscheidbaren Stimuli. 2) Begrenzte Kategorien beschreiben Klassen, welche eine limitierte Anzahl an Stimuli enthalten, die vom Organismus auswendig gelernt werden können, wie z. B. alle Karten eines Kartenspiels. Dieses Level erfordert die Diskrimination und die Speicherung einer beliebigen Liste an Stimuli. Einige Arten weisen dabei eine hervorragende Gedächtniskapazität auf. Beispielsweise sind Tauben

in der Lage, 320 Photographien, die zufällig auf zwei Gruppen aufgeteilt wurden, aber keiner kategorischen Regel folgten, auswendig zu lernen (VAUGHAN UND GREEN 1984).

3) Im Gegensatz zu Kategorien, deren Stimuli die auswendig gelernt werden können, beruhen offene Kategorien auf der Wahrnehmung von Ähnlichkeiten zwischen Einzelnen, die zu einer bestimmten Klasse gehören. Offene Kategorien beinhalten eine unbegrenzte Anzahl an Stimuli, sodass es unwahrscheinlich ist, dass die Tiere diese auswendig lernen können. Beispielsweise unterscheiden sich alle Guinea-Paviane untereinander, aber alle haben dieselben Merkmale, die sie von anderen Pavian-Unterarten unterscheidbar machen. Dieses Ähnlichkeitsprinzip, das durch eine Reihe von Exemplaren erworben wurde, sollte sich auch auf neue Elemente derselben Art generalisieren lassen (ZAYAN UND VAUCLAIR 1998). In verschiedenen Studien mit Tauben, bei denen projizierte Photographien als Stimuli verwendet wurden, konnten die Tiere nach einem Training durch operante Konditionierung anschließend unbekannte Bilder von Kategorien wie Menschen (HERRNSTEIN UND LOVELAND 1964), Tauben (HERRNSTEIN 1990), Bäumen (HERRNSTEIN ET AL. 1976) oder anderen Objekten (DELIUS 1992) richtig klassifizieren.

4) Das nächste Level umfasst Konzepte. Zwei Kriterien werden von den meisten Autoren (z. B. HERRNSTEIN 1990) genannt, um konzeptionelle Kategorien zu definieren. Das erste Kriterium ist erfüllt, wenn man eine schnelle Generalisierung von Gruppenmitgliedern beobachten kann. Das zweite Kriterium beinhaltet Fähigkeiten zur Kategorisierung, die über die Ähnlichkeit von Exemplaren einer Klasse hinausgehen. Objekte können beispielsweise auf Grund ihrer funktionalen Ähnlichkeit klassifiziert werden. Die Unterscheidung etwa zwischen „Futter“ vs. „Werkzeug“ (SAVAGE-RUMBAUGH ET AL. 1980, GARDNER UND GARDNER 1984) kann als konzeptionelles Verhalten bezeichnet werden. Allerdings ist die Unterscheidung zwischen offenen Kategorien und Konzepten nur sehr schwer zu treffen (HERRNSTEIN 1990, THOMPSON 1995).

5) Das letzte Level der Kategorisierung befasst sich nicht mit einzelnen Stimuli, sondern mit abstrakten Beziehungen zwischen Konzepten, die die Zugehörigkeit eines Stimulus in eine Klasse definieren (HERRNSTEIN 1990). Die am weitesten verbreitete Methode, um Fähigkeiten dieses Levels zu demonstrieren sind ‚*matching-to-sample*‘ (dt.: entsprechend des Muster) und ‚*odddity*‘ (dt.: Ungleichheit) Aufgaben (ZAYAN UND VAUCLAIR 1998). Tiere werden dabei beispielsweise mit einer begrenzten Anzahl an Stimuli (z. B. blaue und rote Objekte) trainiert, bis die Lernleistung ein konstant hohes Niveau erreicht hat. Anschließend wird das Versuchstier mit neuen Stimuli konfrontiert. Dabei waren Tauben und Affen in der Lage, auf visuelle Stimuli basierend auf Gleichheit der Farben („dieselbe Farbe wie“, ZENTALL UND HOGAN 1976) oder Formen (D’AMATO ET AL. 1985) zu reagieren.

Bei den unterschiedlichen Studien zur Kategorisierung wurden zwei verschiedene Arten von Stimuli eingesetzt. Einige Untersuchungen verwendeten natürliche Kategorien, wie die Präsentation von Bäumen (HERRNSTEIN ET AL. 1976) oder Affen (SCHRIER ET AL. 1984). Die soziale Erkennung von Artgenossen wird dabei als Sonderfall der Kategoriebildung verstanden. Andere Arbeiten setzten hingegen künstliche Kategorien ein, bei denen die Versuchstiere beispielsweise zwischen Buchstaben, Zahlen oder anderen geometrischen Symbolen diskriminieren mussten (MORGAN ET AL. 1976, JITSUMORI 1993, VAUCLAIR UND FAGOT 1996). Nach einem Training verschiedener Diskriminationsaufgaben wird in vielen Studien ein sogenannter Transfer-Test durchgeführt. Die Überprüfung der Bildung von Kategorien erfolgt mittels der Präsentation komplett neuer Stimuli und der Untersuchung zur Fähigkeit der Generalisierung. Viele Arbeiten setzen solche Transfer-Tests ein, da die erfolgreiche Generalisierung neuer Stimuli darauf hinweist, dass die Tiere die Trainingsstimuli und

deren Auswirkungen nicht nur auswendig gelernt haben (HUBER 2001). Entweder werden die Stimuli dabei unter Extinktionsbedingungen präsentiert, d. h. keines der angebotenen Stimuli wird belohnt. Somit soll eine Verbindung zwischen den neuen Stimuli und der Belohnung vermieden werden. Oder es wird nur die jeweils erste Wahl für jeden Stimuli betrachtet, um Fähigkeiten zur Generalisierung nachzuweisen (ZAYAN UND VAUCLAIR 1998).

Bisherige Studien zur Kategorisierung bei Nutztieren wurden durchgeführt, um zu untersuchen, was die Tiere wahrnehmen können. Beispielsweise existieren Studien bei Pferden zur Kategorisierung mit Hilfe geometrischer Symbole (SAPPINGTON UND GOLDMAN 1994, HANGGI 1999). Die Pferde wurden mit zweifach-Diskriminationsaufgaben mit Futter als Belohnung konfrontiert. In einer Untersuchung wurden zwei Tiere auf Paare von Stimuli getestet, in denen eines schwarz gefüllt (unbelohnt) und das andere jeweils mit einem weißen offenen Zentrum (belohnt) präsentiert wurde. Nachdem die Pferde die erste Aufgabe durch einfache Musterdiskrimination lösten, zeigten sie in den folgenden Aufgaben Hinweise für die Entwicklung von Kategorien. Wurden in einem Transfer-Test neue Paare von Stimuli, die denselben Kategorien zugeordnet werden konnten, präsentiert, konnten auch diese zu einem Großteil generalisiert und den gebildeten Kategorien zugeordnet werden (HANGGI 1999). SAPPINGTON UND GOLDMAN (1994) testeten drei Pferde in sechs Diskriminationsaufgaben. Die ersten vier Aufgaben stellten einfache Diskriminationen zwischen jeweils zwei Stimuli dar. Die beiden darauffolgenden Aufgaben umfassten ein Konzept von Dreiecken, in dem die Tiere aus unterschiedlichen Sets von Stimuli immer denjenigen wählen mussten, der eine dreieckige Form präsentierte. Die Ergebnisse demonstrierten die Fähigkeit der Tiere, komplexe Diskriminationen zu lösen und geben Hinweise dazu, dass Pferde Konzepte bilden und diese nutzen, um Probleme zu lösen (SAPPINGTON UND GOLDMAN 1994). Allerdings wurde von den Autoren kein Transfer-Test durchgeführt, um die Ergebnisse auch mit neuen Stimuli zu überprüfen. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass Pferde sowohl für Kategorien, als auch für Konzepte ein Langzeit-Gedächtnis haben und das Wissen bis zu zehn Jahre nach den ursprünglichen Untersuchungen abrufen können (HANGGI UND INGERSOLL 2009). Stimuli basierend auf dem relativen-Größen-Konzept (engl.: *relative size concept*) können Pferde ebenfalls kategorisieren (HANGGI 2003). Die Tiere wurden mit sechs Reihen zweidimensionaler Stimuli darauf trainiert, entweder immer den größeren bzw. immer den kleineren Stimuli zu wählen. Anschließend wurden sowohl kleinere und größere neue Stimuli, als auch neue dreidimensionale Objekte eingesetzt, die jeweils in vier verschiedenen Größen angeboten werden konnten. Die Pferde konnten über die Situation hinweg generalisieren und die Aufgaben basierend auf dem relativen-Größen-Konzept lösen, ungeachtet der neuen Dimension oder der neuen Kombination.

Auch Hühner sind in der Lage, zwischen multidimensionalen geometrischen Figuren zu unterscheiden. Die Tiere wurden darauf trainiert, zwischen geometrischen Abbildungen zu diskriminieren, die sich über vier integrale Dimensionen unterschieden. Dabei bedeutete nur eine Dimension die Ausgabe von Futter: die Wahl der Kategorie „eckige Abbildungen“ wurde belohnt, während die Kategorie „runde Abbildungen“ unbelohnt blieb. Anschließend wurde zudem die Transferleistung mit neuen Paaren von Abbildungen getestet. Dabei zeigte sich, dass je höher die Anzahl an gelernten Paaren war, desto niedriger war die Transferleistung (WERNER UND REHKÄMPER 1999). Dieses Ergebnis war überraschend, da Übertraining die gezielte Aufmerksamkeit gegenüber der verstärkten Dimension eines Stimulus erhöht (z. B. MACKINTOSH 1965). In einer weiteren Studie wurde mit drei Hühnern gezeigt, dass diese in einem Y-Labyrinth

zwischen zwei bekannten Artgenossen aus der eigenen sozialen Gruppe unterscheiden konnten (BRADSHAW 1991). Zudem wurde in einer weiterführenden Untersuchung gezeigt, dass Hühner in einem fünf-armigen Labyrinth ebenfalls zwischen bekannten und unbekanntem Artgenossen diskriminieren können (BRADSHAW 1992). Die Tiere hatten sich also die Kategorien bekannt und unbekannt gebildet, mit deren Hilfe sie die präsentierten Artgenossen schnell unterscheiden konnten.

In einer Arbeit mit Schafen konnten KENDRICK ET AL. (1996) zeigen, dass die Tiere anhand von schwarz-weiß Photographien in einem Y-Labyrinth zwischen adulten Artgenossen diskriminieren können. Die Diskriminationsleistung nahm sowohl bei unbekanntem Artgenossen, als auch bei Photographien von Lämmern ab. Photographien von Artgenossen wurden allerdings schneller unterschieden, als einfache geometrische Symbole (KENDRICK ET AL. 1996). Die Tiere konnten also Stimuli, mit denen sie im täglichen Leben zu tun haben, besser diskriminieren, als für sie weniger relevante Stimuli wie Symbole. Sie haben anhand bestimmter Merkmale Kategorien gebildet, durch die sie die Stimuli einteilen konnten. Mit Hilfe desselben Labyrinths und schwarz-weiß Photographien von Gesichtern von Artgenossen, Menschen und anderen Arten konnte gezeigt werden, dass Schafe bestimmte Merkmale des Gesichts nutzen, um zwischen den Kategorien „Arten“ und „Rassen“ sowie zwischen „männlichen“ und „weiblichen Tieren“ zu unterscheiden (KENDRICK ET AL. 1995).

In einem Y-Labyrinth mit angebundenen Herdenmitgliedern als unterschiedliche Stimuli wurde untersucht, ob Rinder zwischen bekannten Artgenossen unterscheiden können. Die Ergebnisse zeigten, dass die Tiere die Diskriminationsaufgaben schnell lernen und zwischen einzelnen bekannten Artgenossen unterscheiden. Allerdings wird die Lerngeschwindigkeit dabei von der Identität der einzelnen als Stimuli eingesetzten Individuen beeinflusst (HAGEN UND BROOM 2003). Mussten sich Rinder zwischen jeweils zwei farbigen zweidimensionalen Bildern von Artgenossen entscheiden, konnten sie zwischen den Kategorien „bekanntem“ und „unbekanntem Artgenossen“ diskriminieren und auch neue Bilder von Artgenossen spontan richtig generalisieren (COULON ET AL. 2011). Neben der Diskrimination bekannter Artgenossen sind Rinder ebenfalls in der Lage, auch unbekannte Tiere derselben, aber auch anderer Rassen anhand von Photographien zu unterscheiden. Allerdings steigert die soziale Vertrautheit die Ergebnisse (COULON ET AL. 2009).

3.1.2 ZIELSETZUNG

In bisherigen Untersuchungen zur Lernfähigkeit von Zwergziegen konnte demonstriert werden, dass die Tiere fähig sind, eine Vielzahl von künstlichen, zweidimensionalen Symbolen zu unterscheiden (LANGBEIN ET AL. 2007a, 2008). Im vorliegenden Ansatz wurden die Zwergziegen auf verschiedene Diskriminationsaufgaben, bestehend aus je vier Symbolen, trainiert. Die verwendeten Symbole konnten dabei zwei verschiedenen Kategorien zugeordnet werden. Es sollte untersucht werden, ob die Tiere in der Lage sind, offene Kategorien bilden zu können (Level 3 nach HERRNSTEIN 1990). Als Methode die Kategoriefähigkeit nachzuweisen, wurde ein Transfer-Test durchgeführt, der zusätzlich klären sollte, ob die Ziegen auch über neue Symbole generalisieren (HUBER 2001, RANGE ET AL. 2008).

3.2 MATERIAL UND METHODEN

3.2.1 ANLERNEN

Die Ziegenlämmer wurden im Februar 2009 geboren. Nach etwa fünf Wochen wurden 26 weibliche Tiere von der Mutter abgesetzt und in zwei Anlernabteile eingestallt, sodass zwei gleich große Versuchsgruppen zur Verfügung standen. Zur Eingewöhnung an den Versuchsablauf wurden den Zwergziegen nach dem generellen Anlernen (siehe Abschnitt 2.3) nacheinander zwei verschiedene visuelle vierfach-Diskriminationsaufgaben über 14 bzw. 10 Tage lang angeboten (A01 und A02, Abbildung 3.1). Diese beiden Aufgaben dienten ausschließlich dazu, den Tieren den Übergang vom Anlernen mit zwei Druckschaltern zum Lernautomaten mit vier Schaltern und zusätzlichen Symbolen zu erleichtern und wurden aus diesem Grund nicht statistisch ausgewertet. Die hierbei eingesetzten Symbole folgten dabei nicht den anschließend trainierten Kategorien. Durch die beiden Aufgaben sollte gewährleistet werden, dass sich die Ziegen nicht erst auf die Erlernung der Funktionalität des Lernautomaten, sondern sofort auf die Hinweise der angebotenen Kategorien konzentrieren konnten.

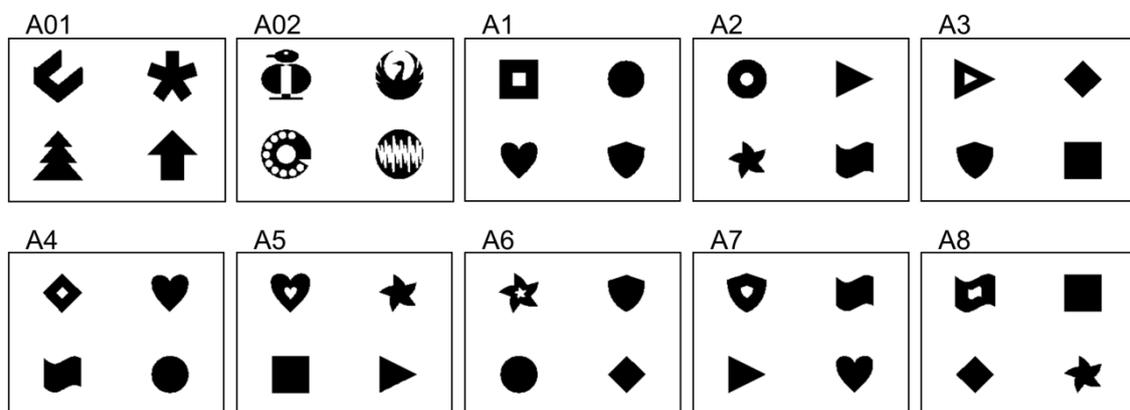


Abbildung 3.1: Verwendete visuelle vierfach-Diskriminationsaufgaben zur Eingewöhnung (A01, A02) und im Training (A1-A8). Das belohnte Symbol (S^+) befindet sich in dieser Abbildung in der jeweils oberen linken Ecke jeder Aufgabe. Nach jeder Aktion am Lernautomaten wechseln die Symbole ihre Position auf dem Monitor.

3.2.2 TRAINING

Die Versuchstiere wurden nacheinander auf acht verschiedene Diskriminationsaufgaben trainiert (A1-A8, Abbildung 3.1). Die dabei eingesetzten visuellen Symbole konnten zwei unterschiedlichen Kategorien zugeordnet werden. Während schwarz ausgefüllte geometrische Symbole die Kategorie „unbelohnt“ (S^-) bildeten, stellten schwarze Symbole, die zusätzlich ein weißes Zentrum aufwiesen, die Kategorie „belohnt“ (S^+) dar. Die Form des weißen Zentrums entsprach dabei immer der jeweiligen äußeren Kontur des Symbols. Ähnliche Symbole wurden bereits erfolgreich beim Nachweis der Kategoriebildung bei Pferden eingesetzt (HANGGI 1999). Insgesamt wurden im Training acht verschiedene Symbole verwendet, die sowohl als belohnte (weißes Zentrum), als auch als unbelohnte Symbole (ausgefüllt) in den einzelnen Aufgaben eingesetzt wurden. Jede Aufgabe enthielt ein unbelohntes Symbol, das in der nachfolgenden Aufgabe als

belohntes Symbol angeboten wurde (vergleiche Abbildung 3.1). Dadurch sollte den Tieren beim Training die Erfassung der Kategorien erleichtert werden, indem ihnen in den direkt aufeinander folgenden Trainingsaufgaben gezeigt wurde, dass nicht die äußere Form der Symbole den wesentlichen Hinweis auf die Kategorien liefert, sondern das innere weiße Zentrum. Die acht Trainingsaufgaben wurden den Tieren jeweils über fünf Tage präsentiert. Jeder Aufgabe ging ein eintägiger Vor-Test voraus (V1-V8, Abbildung 3.2). Es wurden dieselben Symbole gezeigt wie in der nachfolgenden Aufgabe, allerdings wurde jede Wahl belohnt. Im Vor-Test sollte untersucht werden, ob eines der Symbole bereits in dieser freien Präsentation von den Tieren präferiert wird. Dabei könnte es sich entweder um eine spontane Präferenz auf Grund spezifischer optischer Eigenschaften des Symbols handeln, oder aber um eine gelernte Präferenz auf Grund des vorangegangenen Trainings der jeweiligen Kategorien. Ab der zweiten Diskriminationsaufgabe wurde im Anschluss jeweils für einen Tag eine Misch-Serie (M12-M18, Abbildung 3.2) aller vorangegangener Aufgaben präsentiert. Das heißt, nach Aufgabe 2 wurden die ersten beiden Aufgaben in einer pseudorandomisierten Zufallsreihe gezeigt, nach Aufgabe 3 die ersten drei Aufgaben und so fort. Da generell die Möglichkeit bestand, dass die Tiere alle acht Trainingsaufgaben als einzelne Diskriminationsprobleme lernten, sollte mit der zeitnahen Präsentation von Symbolen gleicher äußerer Form als S^+ und S^- das Erkennen der zugrunde liegenden Kategorien forciert werden.

1 Tag	5 Tage	1 Tag	5 Tage	1 Tag	1 Tag
V1	A1	V2	A2	M12	V3
5 Tage	1 Tag	1 Tag	5 Tage	1 Tag	1 Tag
A3	M13	V4	A4	M14	V5
5 Tage	1 Tag	1 Tag	5 Tage	1 Tag	1 Tag
A5	M15	V6	A6	M16	V7
5 Tage	1 Tag	1 Tag	5 Tage	1 Tag	4 Tage
A7	M17	V8	A8	M18	Transfer-Test

Abbildung 3.2: Schematischer zeitlicher Ablauf des Versuchs. Die Zwergziegen wurden mit acht verschiedenen Diskriminationsaufgaben (A1-A8), die jeweils über fünf Tage angeboten wurden, trainiert. Jeder Aufgabe ging ein eintägiger Vor-Test (V1-V8) voraus. Ab der zweiten Aufgabe wurde nach jeder Aufgabe eine eintägige gemischte Serie (M12-M18) trainiert, die aus allen vorangegangenen Aufgaben bestand. Im Anschluss an die acht Trainingsaufgaben wurde ein Transfer-Test durchgeführt.

3.2.3 TRANSFER-TEST 1

Ob die Trainingsaufgaben als einzelne Diskriminationsprobleme gelöst wurden, oder die Zwergziegen diese mit Hilfe der Kenntnis über die beiden Kategorien beantworteten, wurde in einem Transfer-Test überprüft. In diesem Test wurden den Tieren neue Symbole angeboten, um ihre Fähigkeit zur Generalisierung zu untersuchen. Die Transfer-Serie bestand aus einer gemischten Serie, die alle acht zuvor trainierten Aufgaben enthielt. Jede Trainingsaufgabe wurde dabei viermal in unterschiedlichen

Symbolkombinationen präsentiert. In die erste Hälfte dieser Reihe wurden acht neue Aufgaben (N1-N8), bestehend aus acht verschiedenen Symbolen, eingestreut. Acht weitere neue Aufgaben (N9-N16), bestehend aus acht weiteren neuen Symbolen, wurden in die zweite Hälfte der Transfer-Serie eingestreut (Abbildung 3.3a). Die neuen Aufgaben wurden dabei jeweils nur einmal angeboten. In Anlehnung an das Design der Trainingsaufgaben, bildeten auch im Transfer-Test je acht neue Symbole acht Transfer-Aufgaben. Um die Anzahl an neuen Aufgaben zu erhöhen, wurden zwei Blöcke von neuen Aufgaben eingesetzt. Die 2×8 unbekanntenen Symbole folgten ebenfalls den beiden zuvor trainierten Kategorien (Abbildung 3.3b). In den je acht Transfer-Aufgaben wurde jedes Symbol jeweils einmal als belohntes (S^+ mit offenem Zentrum) und dreimal als unbelohntes Symbol (S^- mit ausgefülltem Zentrum) präsentiert. Für die Auswertung wurden nur die Ergebnisse der ersten Wahl für jede neue Aufgabe berücksichtigt. Um auch bei eventuell auftretenden geringen Anzahlen an Wahlen zu gewährleisten, dass Daten von allen Ziegen über eine gesamte Transfer-Serie vorliegen, wurde den Tieren diese Serie über vier Tage angeboten. Wie in allen bisherigen Aufgaben, begann die Transfer-Serie für eine Ziege von vorn, sobald diese 48 Aktionen am Lernautomaten durchgeführt hatte.

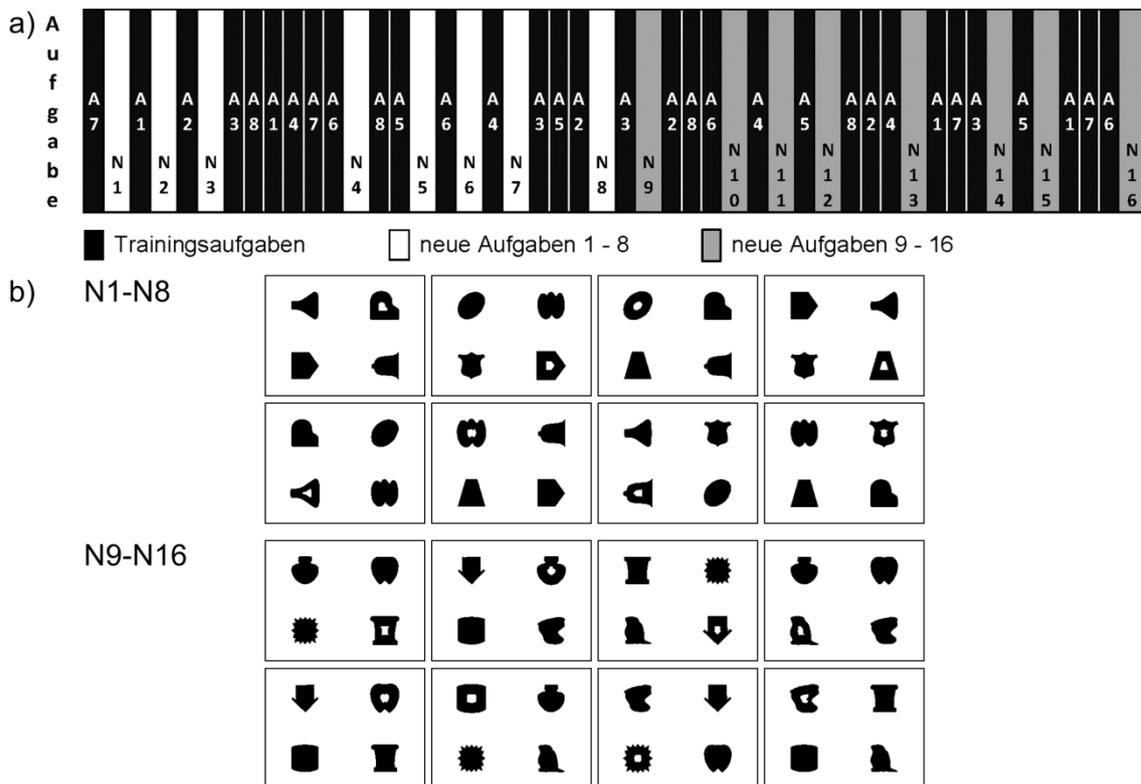


Abbildung 3.3: a) Transfer-Serie bestehend aus 48 Symbolkombinationen. Die ersten 24 Symbolkombinationen bestehen aus den Trainingsaufgaben (schwarz, A1-A8) in die acht neue Aufgaben eingestreut wurden (weiß, N1-N8). Die zweiten 24 Symbolkombinationen bestehen aus den Trainingsaufgaben (schwarz, A1-A8) und den zweiten acht neuen Aufgaben (grau, N9-N16). b) 2×8 verwendete visuelle vierfach-Diskriminationsaufgaben im Transfer-Test (N1-N8 und N9-N16). Das belohnte Symbol (S^+) jeder Aufgabe weist jeweils ein weißes Zentrum auf.

3.2.4 TRANSFER-TEST 2

Zwei Monate nach Beendigung des Hauptversuches wurde ein zweiter Transfer-Test mit denselben Zwergziegen durchgeführt. Die Tiere aus den ehemals zwei Versuchsgruppen wurden zufällig in drei neue Gruppen eingeteilt (Nach-Versuchsgruppen: NVG 1-3). Allen Ziegen wurde zu Beginn des Nachversuchs zur Erinnerung die Misch-Serie der acht Trainingsaufgaben (M18) über sieben Tage präsentiert. Im Anschluss wurde jede der drei Nach-Versuchsgruppen mit einem weiteren Transfer-Test konfrontiert. Den Ziegen der NVG 1 wurden dieselben Transfer-Aufgaben wie im Hauptversuch präsentiert. Die beiden Blöcke von je acht Aufgaben wurden allerdings in umgekehrter Reihenfolge angeboten, sodass die Aufgaben N9-N16 vor den Aufgaben N1-N8 präsentiert wurden (Abbildung 3.4a). Die Ziegen der NVG 2 wurden ebenfalls erneut mit den Transfer-Aufgaben des ersten Transfer-Tests konfrontiert. Diese wurden nicht mehr in Blöcken angeboten, sondern untereinander gemischt (Abbildung 3.4b). Die Transfer-Aufgaben N1-N16 sind im Transfer-Test 2 für die NVG 1 und NVG 2 nicht mehr neu. Mit Hilfe dieser beiden Versuchsgruppen wurde lediglich überprüft, ob die Ziegen generell Probleme mit einigen Symbolen, wie beispielsweise dem stark gezackten Stern (S^+ in N15) hatten.

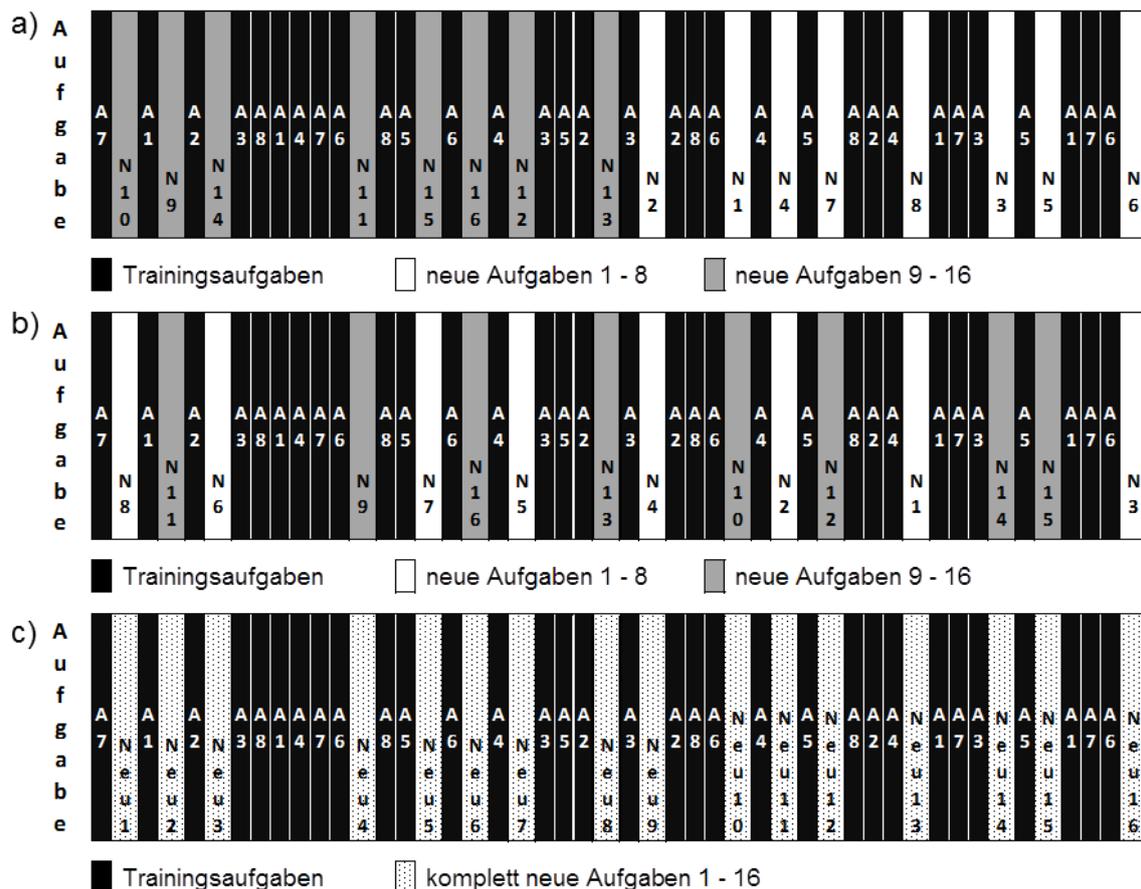


Abbildung 3.4: Transfer-Serien im Transfer-Test 2. In die Serie der bekannten Trainingsaufgaben (A1-A8, schwarz) wurden entweder die 2×8 neuen Aufgaben (N1-N8, weiß bzw. N9-N16, grau) des ersten Transfer-Tests oder 16 komplett neue Aufgaben (Neu1-Neu16, gepunktet) eingestreut. a) Den Zwergziegen aus der Nach-Versuchsgruppe 1 wurden die beiden Blöcke von je acht neuen Aufgaben umgekehrt präsentiert. b) Den Tieren aus der Nach-Versuchsgruppe 2 wurden die Aufgaben der beiden Blöcke von neuen Aufgaben untereinander gemischt angeboten. c) Den Ziegen der dritten Nach-Versuchsgruppe wurden komplett neue Aufgaben präsentiert.

Um spezifische Einflüsse, wie die Darstellung in Blöcken oder die wiederholte Darstellung von Symbolen auszuschließen, wurde eine weitere Versuchsgruppe eingesetzt. Den Ziegen dieser NVG 3 wurden statt der bekannten Transfer-Aufgaben, 16 noch nie gesehene Aufgaben in die Serie der bekannten Trainingsaufgaben eingestreut (Abbildung 3.4c). Hierfür wurden 64 neue Symbole eingesetzt, sodass kein Symbol mehrfach vorkam (Abbildung 3.5).

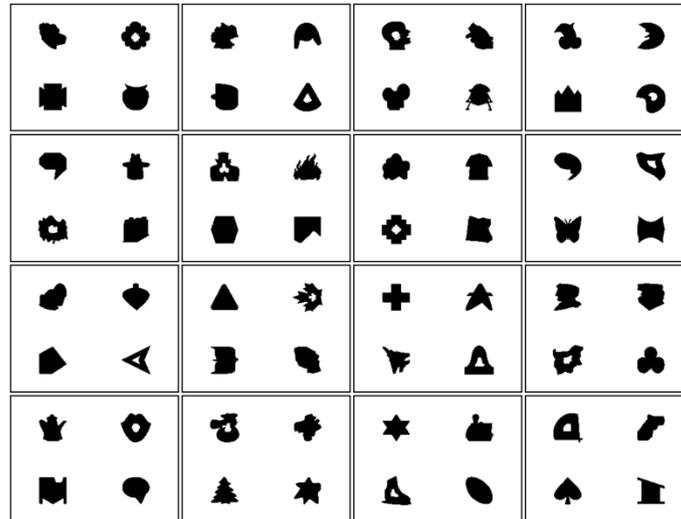


Abbildung 3.5: Visuelle vierfach-Diskriminationsaufgaben die in die gemischte Serie der dritten Nach-Versuchsgruppe eingestreut wurden. Kein Symbol trat wiederholt auf. Die hier eingesetzten Symbole folgen wiederum den zuvor trainierten Kategorien.

3.2.5 DATENANALYSE UND STATISTISCHE AUSWERTUNG

Der tägliche Lernerfolg im Training (Trainingsaufgaben und Misch-Serien) wurde als prozentualer Anteil an belohnten Aktionen, bezogen auf alle Wahlen und getrennt für jede Ziege und jede Aufgabe (A1-A8), berechnet. Das berechnete Lernkriterium lag bei 46 % Richtigwahl (Abschnitt 2.4). Als Index für den absoluten Lernerfolg wurde die Anzahl an Wahlen berechnet, die die Tiere brauchten, um das Lernkriterium zu erreichen. Dies wurde jeweils in zwei aufeinanderfolgenden Sequenzen à 20 Wahlen analysiert (vergleiche HANGGI 1999). Alle Wahlen einer Ziege wurden dazu in Sequenzen von je 20 aufeinander folgenden Wahlen zusammengefasst und berechnet, wann dieses Tier das Lernkriterium in zwei aufeinanderfolgenden Sequenzen überschritt. Je niedriger die Anzahl an Wahlen war, umso höher war der absolute Lernerfolg. Erreichte eine Ziege in einer Aufgabe das definierte Lernkriterium nicht, wurde ihr der Maximalwert der anderen Tiere zugewiesen. Für den eintägigen Präferenztest wurde der Prozentsatz an Wahlen berechnet, in dem die Ziegen das in der nachfolgenden Aufgabe belohnte Symbol wählten. In den verschiedenen Misch-Serien wurde der tägliche Lernerfolg einzeln für jede Aufgabe berechnet sowie der Lernerfolg über alle Aufgaben pro Misch-Serie. Im ersten Transfer-Test wurde zunächst für jede Aufgabe der Prozentsatz der Ziegen mit der richtigen ersten Wahl berechnet. Diese Ergebnisse wurden anschließend über vier verschiedene Blöcke von Aufgaben gemittelt: Block I: Trainingsaufgaben A1-A8 bei gemischter Präsentation mit den Transfer-Aufgaben N1-N8; Block II: Transfer-Aufgaben N1-N8; Block III: Trainingsaufgaben A1-A8 bei

gemischter Präsentation mit den Transfer-Aufgaben N9-N16; Block IV: Transfer-Aufgaben N9-N16. Obwohl im Transfer-Test nur die jeweils erste Wahl jeder Aufgabe berücksichtigt wurde, lag das Lernkriterium ebenfalls bei 46 %. Für jede Aufgabe gingen die Ergebnisse der ersten Wahl aller 26 Versuchstiere ein. Da der Wert 26 größer als der n-Wert im Binomialtest (Abschnitt 2.4) ist, konnte dieser ebenfalls eingesetzt werden. Im Transfer-Test 2 wurde wie im ersten Transfer-Test der Prozentsatz der Ziegen mit einer richtigen ersten Wahl pro Aufgabe berechnet und über die verschiedenen Blöcke von Aufgaben gemittelt. In den Nach-Versuchsgruppen 1 und 2 wurden die Blöcke mit den neuen Aufgaben (N1-N8 und N9-N16) mit den Trainingsaufgaben verglichen. In der dritten Nach-Versuchsgruppe wurde der Block mit den Trainingsaufgaben ausschließlich mit einem gesamten Block bestehend aus allen 16 komplett neuen Aufgaben verglichen.

Die Lerndaten während des Trainings wurden mit Hilfe einer Varianzanalyse im Programm SAS[®] mit Hilfe der Prozedur MIXED (gemischtes lineares Modell) berechnet. In einem drei-Faktoren Modell wurde der Einfluss der sich wiederholenden Faktoren ‚Versuchsgruppe‘, ‚Versuchstag‘ und ‚Aufgabe‘ auf den Lernerfolg untersucht. Um den Einfluss der Aufgabe auf die Anzahl an Wahlen bis zum Erreichen des Kriteriums und die Präferenz für das nachfolgend belohnte Symbol im Vor-Test zu untersuchen, wurden zwei verschiedene zwei-Faktoren Modelle mit der ‚Versuchsgruppe‘ und der ‚Aufgabe‘ als sich wiederholende Faktoren eingesetzt. Mit Hilfe eines zwei-Faktoren Modells wurde der Einfluss der sich wiederholenden Faktoren ‚Versuchsgruppe‘ und ‚Misch-Serie‘ auf den Lernerfolg in den gemischten Serien untersucht. Es wurde in jeder Analyse jeweils der Einfluss der einzelnen Faktoren als auch deren Interaktionen berechnet. Für alle Modelle in denen signifikante Haupteffekte auftraten, wurden paarweise Vergleiche zwischen den LSM mit Hilfe des multiplen Tukey-Kramer-Tests durchgeführt. Um die Ergebnisse der ersten Wahlen der Ziegen in den verschiedenen Blöcken der Trainings- und neuen Aufgaben in den beiden Transfer-Tests zu vergleichen, wurden 0- (falsch) und 1- Werte (richtig) analysiert. Innerhalb der GLIMMIX Prozedur (generalisiertes lineares gemischtes Modell, SAS[®]) wurden mit Hilfe einer Binärverteilung (0 und 1) und der ‚*logit link*‘ Funktion die Ergebnisse der ersten Wahlen berechnet. In diesem Modell wurde der ‚Block‘ als sich wiederholender Faktor eingesetzt. Die Lerndaten während des Trainings wurden als LSM \pm dem Standardfehler (\pm SE) aufgetragen. In den beiden Transfer-Tests sind die Originaldaten angegeben.

3.3 ERGEBNISSE

3.3.1 TRAINING

TÄGLICHER LERNERFOLG

Der mittlere tägliche Lernerfolg der zwei Versuchsgruppen wurde für die acht Diskriminationsaufgaben berechnet (Abbildung 3.6). Die Interaktion zwischen der Versuchsgruppe und der Diskriminationsaufgabe hatte einen signifikanten Einfluss auf den täglichen Lernerfolg ($F_{7,936} = 3,32$; $P < 0,01$). Generell wiesen die Ziegen aus Versuchsgruppe 1 an fast allen Versuchstagen einen höheren Lernerfolg auf, als die Tiere aus Versuchsgruppe 2. Im Laufe der acht Trainingsaufgaben wurde der Unterschied zwischen den beiden Gruppen größer. In den einzelnen Aufgaben konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen nur in Aufgabe 5 bestätigt werden ($P < 0,05$). Die Interaktion zwischen der Diskriminationsaufgabe und dem Versuchstag hatte ebenfalls einen Einfluss auf den Lernerfolg ($F_{28,936} = 9,33$; $P < 0,001$). In jeder Aufgabe stieg der Lernerfolg über die fünf Versuchstage an. Der Anstieg in den ersten Aufgaben war deutlich steiler und flachte in den letzten Aufgaben ab. Darüber hinaus war das Niveau des Lernerfolgs unabhängig vom Trainingstag in den späteren Aufgaben höher, im Gegensatz zu den ersten Aufgaben. In den ersten drei Aufgaben benötigten die Versuchstiere zwei bis vier Tage um das definierte Lernkriterium von 46 % zu überschreiten. Ab der vierten Aufgabe überschritten die Ziegen das Kriterium bereits am ersten Versuchstag.

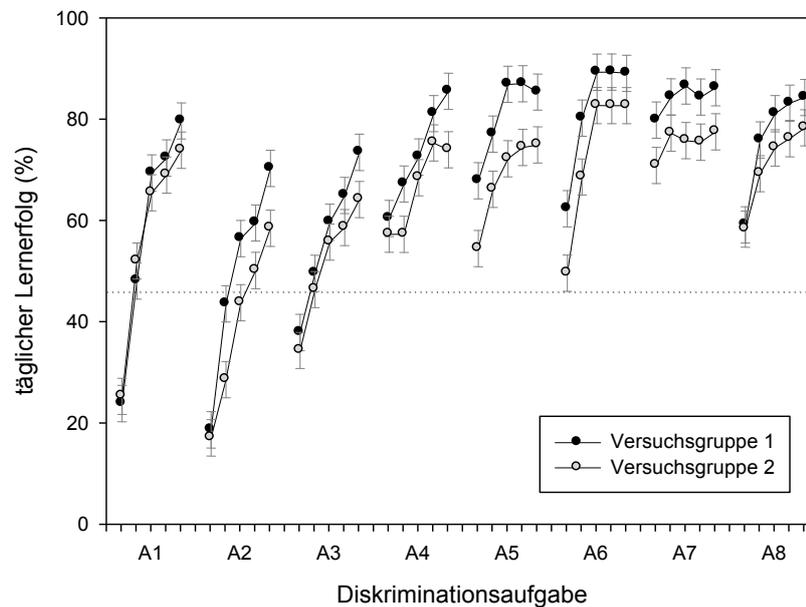


Abbildung 3.6: Mittlerer täglicher Lernerfolg (LSM \pm SE) der Zwergziegen aus zwei verschiedenen Versuchsgruppen (je $n = 13$) in acht verschiedenen Diskriminationsaufgaben (A1-A8), die jeweils über fünf Tage trainiert wurden. Die gestrichelte Linie markiert das Lernkriterium von 46 %, ab dessen Überschreiten sich die Lernleistung signifikant von der Zufallswahrscheinlichkeit unterscheidet.

ANZAHL WAHLEN BIS ZUM ERREICHEN DES LERNKRITERIUMS

Als Indikator für den absoluten Lernerfolg wurde für jede Aufgabe die Anzahl an Wahlen berechnet, welche die Versuchstiere benötigten, um das Lernkriterium zu überschreiten (Abbildung 3.7). Die Versuchsgruppe hatte keinen Einfluss auf die Anzahl an Wahlen bis zum Erreichen des Lernkriteriums. Mit Ausnahme von Aufgabe 2 (3 Ziegen) und Aufgabe 3 (1 Ziege), erreichten alle Versuchstiere das Lernkriterium in jeder Aufgabe. Die Diskriminationsaufgabe wirkte sich signifikant auf die Anzahl an Wahlen bis zum Erreichen des Lernkriteriums aus ($F_{7,168} = 99,39$; $P < 0,001$). Nach einem Anstieg an benötigten Wahlen von Aufgabe 1 zu 2 ($P < 0,001$), nahmen diese sowohl von Aufgabe 2 zu 3 als auch von Aufgabe 3 zu 4 ab (je $P < 0,001$). Die Anzahl an benötigten Wahlen bis zum Erreichen des Lernkriteriums unterschied sich zwischen den Aufgaben 4 bis 8 nicht, lag aber für jede dieser Aufgaben signifikant niedriger als in den Aufgaben 1 bis 3 (alle $P < 0,001$).

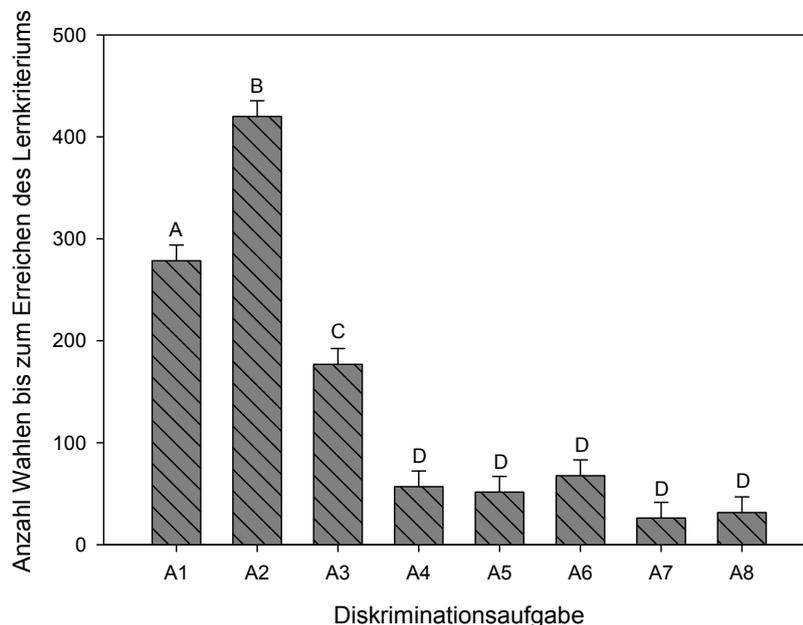


Abbildung 3.7: Anzahl an Wahlen (LSM ± SE), welche die Zwergziegen ($n = 26$) in den acht Diskriminationsaufgaben benötigten, um das Lernkriterium von 46 % zu überschreiten (basierend auf Sequenzen von je 20 Wahlen). Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede.

PRÄFERENZ FÜR DAS IN DER NACHFOLGENDEN AUFGABE BELOHNT E SYMBOL

Für jeden Vor-Test wurde der Prozentsatz an Wahlen für das später belohnte Symbol analysiert (Abbildung 3.8). Lag der Wert über dem Kriterium von 46 %, wurde dies als Präferenz für dieses Symbol angesehen. Die Interaktion zwischen der Versuchsgruppe und dem Vor-Test hatte einen signifikanten Einfluss auf die Präferenz des später belohnten Symbols ($F_{7,168} = 2,86$; $P < 0,01$). Ein Unterschied in den einzelnen Tests zwischen den beiden Gruppen konnte nur für den sechsten Vor-Test festgestellt werden. Im Gegensatz zu den Tieren aus Versuchsgruppe 2, zeigten die Ziegen aus Versuchsgruppe 1 in diesem Test eine signifikant höhere Präferenz, das in der nachfolgenden Aufgabe belohnte Symbol zu wählen ($P < 0,01$). In den ersten drei Tests lag die Präferenz für das in der nachfolgenden Aufgabe belohnte Symbol für beide Versuchsgruppen deutlich unter dem Lernkriterium von 46 %. In beiden Versuchsgruppen

unterschied sich zudem der zweite von dem dritten Vor-Test dahingehend, dass im Vor-Test 2 das später belohnte Symbol signifikant weniger gewählt wurde. Zusätzlich war in beiden Versuchsgruppen die Präferenz für das in der nachfolgenden Aufgabe belohnte Symbol in den drei ersten Vor-Tests signifikant niedriger im Vergleich zu allen folgenden Vor-Tests ($P < 0,01$ bis $P < 0,001$). Eine Ausnahme bildete nur der sechste Vor-Test in Versuchsgruppe 2, der sich nicht von Vor-Test 3 unterschied.

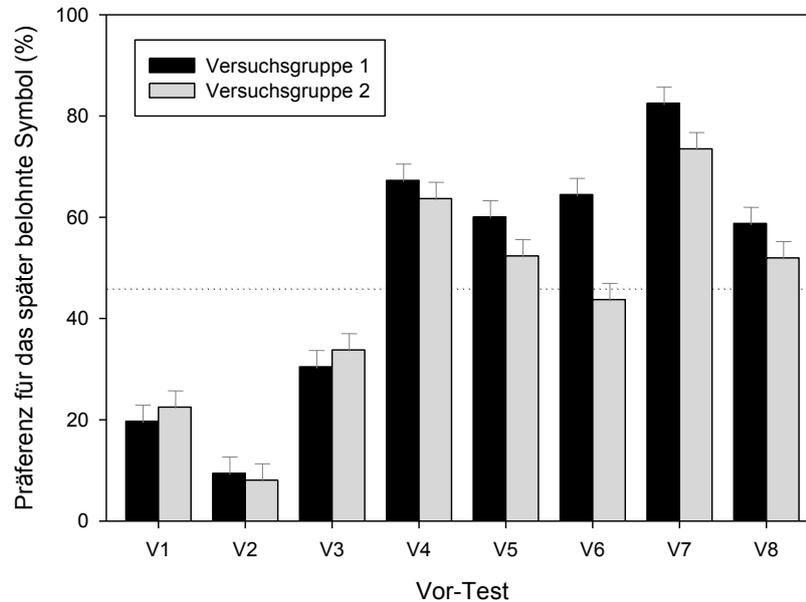


Abbildung 3.8: Präferenz der Zwergziegen aus zwei verschiedenen Versuchsgruppen (je $n = 13$) für das in der nachfolgenden Aufgabe belohnte Symbol (LSM \pm SE) im eintägigen Vor-Test, wenn alle Symbole gleichermaßen belohnt wurden. Die gestrichelte Linie markiert das Lernkriterium von 46 %, ab dessen Überschreiten eine signifikante Präferenz für das später belohnte Symbol angenommen wird.

LERNERFOLG IN DEN GEMISCHTEN SERIEN

In den gemischten Serien erzielten die Ziegen über alle Aufgaben Erfolgsraten zwischen 67,7 und 82,8 % (Abbildung 3.9). Diese Werte liegen deutlich über dem Lernkriterium. Die Versuchsgruppe hatte einen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg in den gemischten Serien ($F_{1,26.3} = 9,24$; $P < 0,01$). Die Ziegen aus Versuchsgruppe 1 wiesen in jeder Misch-Serie einen höheren Lernerfolg gegenüber der Versuchsgruppe 2 auf. In der letzten Misch-Serie war dieser Unterschied signifikant ($P < 0,01$). Gemittelt über alle Serien, erzielten die Ziegen aus Versuchsgruppe 1 einen 7,2 % höheren Lernerfolg. Die Misch-Serie wirkte sich ebenfalls auf den Lernerfolg der Zwergziegen aus ($F_{6,872} = 11,82$; $P < 0,001$). Über die acht Misch-Serien hinweg zeigte der Lernerfolg einen generellen Anstieg, obwohl die Anzahl der zu diskriminierenden Aufgaben im Laufe der einzelnen Misch-Serien zunahm.

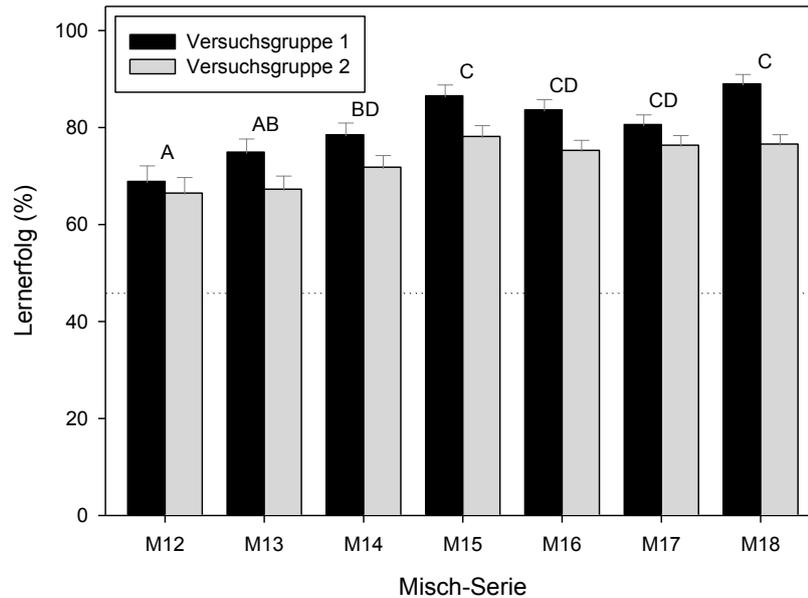


Abbildung 3.9: Mittlerer Lernerfolg der Zwergziegen aus zwei verschiedenen Versuchsgruppen (je $n = 13$) für die über einen Tag lang angebotenen Misch-Serien (LSM \pm SE). Die gestrichelte Linie markiert das Lernkriterium von 46 %. Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Misch-Serien.

3.3.2 TRANSFER-TEST I

Im Training wurden beide Versuchsgruppen getrennt betrachtet, wenn sich signifikante Unterschiede zwischen ihnen ergaben. Generell zeigten beide Gruppen allerdings die gleiche Lernleistung. Da das Ziel des Experiments nicht die Untersuchung von Unterschieden zwischen den Versuchsgruppen war, wurden diese für die Auswertung des Transfer-Tests zusammengefasst. Der Erfolg während des Transfer-Tests wurde über verschiedene Blöcke (Block I bis Block IV) von Aufgaben analysiert (Abbildung 3.10). Der Block hatte einen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate bei der jeweils ersten Wahl in den einzelnen Aufgaben ($F_{3,790.7} = 31,06$; $P < 0,001$). Die Erfolgsrate für die erste Wahl in Block I (Trainingsaufgaben A1-A8 bei gemischter Präsentation mit den Transfer-Aufgaben N1-N8) betrug, gemittelt über alle Aufgaben, 88 % und für Block III (Trainingsaufgaben A1-A8 bei gemischter Präsentation mit den Transfer-Aufgaben N9-N16) 80,8 %. Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen diesen Blöcken. Die Erfolgsraten waren vergleichbar mit den Werten am Ende des Trainings. Die ersten acht neuen Aufgaben (Block II, N1-N8) wurden mit einer Erfolgsrate von 89,4 % richtig diskriminiert. Diese Rate unterschied sich nicht von der vom zugehörigen Block I. Im Gegensatz dazu, lag die Erfolgsrate über die zweiten acht neuen Aufgaben (Block IV, N9-N16) bei 52,4 %, was sich signifikant von den Erfolgsraten von Block II und III (je $P < 0,001$) unterschied. In zwei Aufgaben des IV. Blocks (N11, N15) erreichten die Zwergziegen das Lernkriterium nicht.

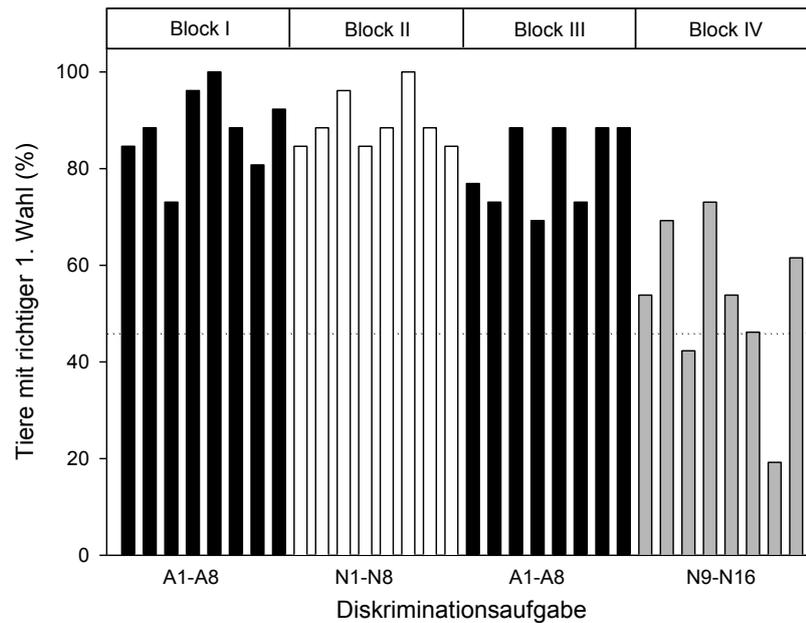


Abbildung 3.10: Ziegen ($n = 26$) mit richtiger 1. Wahl in allen Aufgaben des Transfer-Tests, aufgeteilt in verschiedene Blöcke. Block I (schwarz): A1-A8, Trainingsaufgaben bei gemischter Präsentation mit den Transfer-Aufgaben N1-N8. Block II (weiß): N1-N8, erste acht neue Transfer-Aufgaben. Block III (schwarz): A1-A8, Trainingsaufgaben bei gemischter Präsentation mit den Transfer-Aufgaben N9-N16. Block IV (grau): N9-N16, zweite acht neue Transfer-Aufgaben.

Um eventuelle Auswirkungen der Tageszeit auf den Lernerfolg zu überprüfen, wurde für die einzelnen Aufgaben in den verschiedenen Blöcken die mittlere Uhrzeit berechnet, zu welcher jede Diskriminationsaufgabe beantwortet wurde (Tabelle 3.1). Im Durchschnitt wurden die Aufgaben der Blöcke I und II bis zum frühen Nachmittag präsentiert, während die Aufgaben der beiden anderen Blöcke vom späten Nachmittag bis in den Abend desselben Tages diskriminiert wurden.

Tabelle 3.1: Mittlere Uhrzeit an der die Zwergziegen die einzelnen Aufgaben der vier verschiedenen Blöcke des Transfer-Tests beantworteten. * des nächsten Tages

Block I (A1-A8)	Block II (N1-N8)	Block III (A1-A8)	Block IV (N9-N16)
A7 08:39	N1 08:41	A3 15:54	N9 16:24
A1 08:45	N2 08:59	A2 16:25	N10 16:46
A2 09:01	N3 09:10	A8 16:44	N11 16:56
A3 09:14	N4 11:41	A6 16:45	N12 17:35
A8 09:16	N5 12:04	A4 16:46	N13 19:32
A4 09:24	N6 12:28	A5 17:35	N14 20:49
A6 09:31	N7 13:36	A1 19:34	N15 22:44
A1 12:02	N8 15:49	A7 19:34	N16 02:51*

3.3.3 TRANSFER-TEST 2

Auf Grund der unterschiedlichen Erfolgsraten in den ersten und zweiten acht neuen Aufgaben im ursprünglichen Transfer-Test, wurde ein zweiter Transfer-Test durchgeführt. Um verschiedene Punkte des Versuchsaufbaus zu überprüfen, wurden die Zwergziegen der anfänglich zwei Versuchsgruppen zufällig auf drei neue Nach-Versuchsgruppen (NVG) aufgeteilt. Den NVG 1 und 2 wurden dabei die ursprünglichen Transfer-Aufgaben, jetzt aber in geänderter Reihenfolge, präsentiert, während der NVG 3 komplett neue Transfer-Aufgaben angeboten wurden.

Der NVG 1 wurden die Blöcke mit den neuen Aufgaben aus Transfer-Test 1 in umgekehrter Reihenfolge präsentiert, sodass der Block mit den zweiten acht neuen Aufgaben vor dem Block mit den ersten acht neuen Aufgaben angeboten wurde. Anders als im Transfer-Test 1, zeigte sich kein Einfluss des Blockes auf die Erfolgsrate (Abbildung 3.11). Die Aufgaben aus Block I (Trainingsaufgaben A1-A8 bei gemischter Präsentation mit den Transfer-Aufgaben N9-N16) wurden im Mittel zu 75 %, die Aufgaben aus Block III (Trainingsaufgaben A1-A8 bei gemischter Präsentation mit Transfer-Aufgaben N1-N8) zu 78,1 % richtig diskriminiert. Die nun eher präsentierten zweiten acht neuen Aufgaben (Block IV: N9-N16) wurden mit einer mittleren Erfolgsrate von 85,9 % richtig beantwortet, die ersten acht neuen Aufgaben (Block II: N1-N8) mit 75 %. Es fällt auf, dass sowohl eine Aufgabe von Block I, als auch zwei Aufgaben von Block II deutlich schlechter als die anderen Aufgaben diskriminiert wurden. Im Gegensatz dazu wurden, anders als im ursprünglichen Transfer-Test, alle Aufgaben von Block IV mit über 60 % richtig beantwortet.

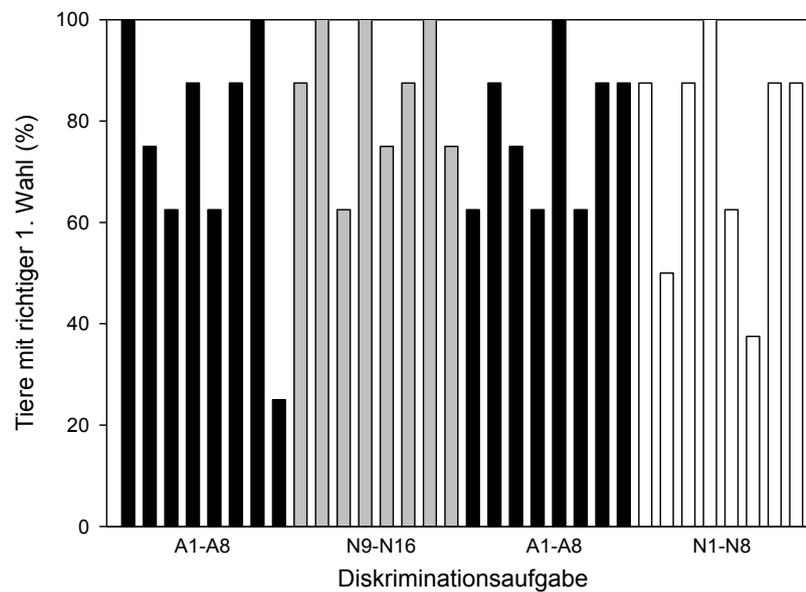


Abbildung 3.11: Ziegen ($n = 8$) der Nach-Versuchsgruppe 1 mit richtiger 1. Wahl in den Trainings- (A) und den neuen Aufgaben (N) im Transfer-Test 2. Schwarze Balken links: Block I, Trainingsaufgaben A1-A8 bei gemischter Präsentation mit den Transfer-Aufgaben N9-N16; bzw. schwarze Balken rechts: Block III, Trainingsaufgaben A1-A8 bei gemischter Präsentation mit den Transfer-Aufgaben N1-N8. Weiße Balken: Block II, N1-N8, erste acht neue Transfer-Aufgaben. Graue Balken: Block IV, N9-N16, zweite acht neue Transfer-Aufgaben.

Der NVG 2 wurden die Blöcke mit den neuen Aufgaben aus Transfer-Test 1 nicht hintereinander, sondern untereinander gemischt angeboten. Auch in dieser Gruppe fand sich kein Einfluss des Blockes auf die Erfolgsrate (Abbildung 3.12). Die bekannten Trainingsaufgaben (Block I: A1-A8) wurden bei der jeweils ersten Wahl im Mittel zu 77,8 % richtig diskriminiert. Die Blöcke II (N1-N8) und III (N9-N16) wurden zu 81,9 % bzw. 79,1 % erfolgreich beantwortet. Ähnlich den Ergebnissen des Transfer-Tests 1 wurden die zwei Aufgaben N14 und N15 aus Block IV deutlich schlechter als die anderen Aufgaben diskriminiert.

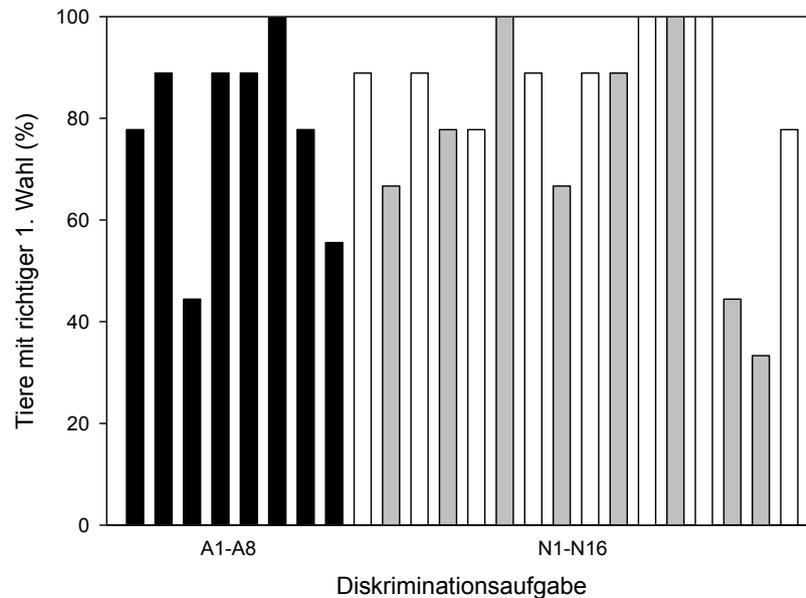


Abbildung 3.12: Ziegen ($n = 9$) der Nach-Versuchsgruppe 2 mit richtiger 1. Wahl in den Trainings- (A) und den neuen Aufgaben (N) im Transfer-Test 2. Block I (schwarz): Trainingsaufgaben A1-A8 bei gemischter Präsentation mit den Transfer-Aufgaben N1-N16. Block II (weiß): N1-N8, erste acht neue Transfer-Aufgaben. Block IV (grau): N9-N16, zweite acht neue Transfer-Aufgaben.

Auf Grund der uneinheitlichen Ergebnisse im Transfer-Test 1, wurde im Transfer-Test 2 eine dritte NVG untersucht. Mit dieser wurde wiederholt überprüft, ob Zwergziegen in der Lage sind, über neue Aufgaben zu generalisieren. Dafür wurden der dritten NVG 16 komplett neue Aufgaben präsentiert, die, anders als die ursprünglichen Transfer-Aufgaben, sich aus 64 neuen Symbolen zusammensetzten. Auch hier zeigte sich kein Einfluss des Blockes auf die Erfolgsrate der Tiere (Abbildung 3.13). Die Trainingsaufgaben (Block I: A1-A8) wurden im Mittel mit 84,7 % genauso gut diskriminiert wie die 16 komplett neuen Aufgaben (Block II: Neu1-Neu16), die zu 75 % richtig beantwortet wurden. Auch hier wurden, ähnlich wie im Transfer-Test 1, zwei Aufgaben (Neu3 und Neu16) von der Mehrheit der Tiere nicht richtig diskriminiert.

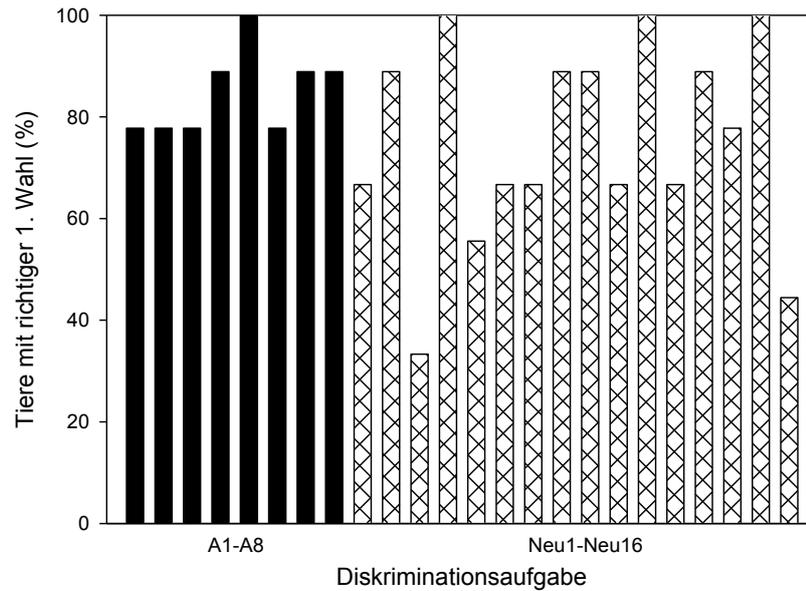


Abbildung 3.13: Ziegen ($n = 9$) der Nach-Versuchsgruppe 3 mit richtiger 1. Wahl in den Trainings- (A) und den komplett neuen Aufgaben (Neu) im Transfer-Tests 2. Schwarze Balken: Block I, Trainingsaufgaben A1-A8 bei gemischter Präsentation mit den komplett neuen Aufgaben Neu1-Neu16. Karierte Balken: Block II, Neu1-Neu16, neue Diskriminationsaufgaben bestehend aus komplett neuen Symbolen.

3.4 DISKUSSION

3.4.1 METHODEN

In Anlehnung an die Methode von HANGGI (1999) wurden schwarze zweidimensionale Symbole auf einem weißen Computermonitor verwendet. Die Symbole folgten einer von zwei verschiedenen Kategorien. Entweder waren sie ausgefüllt (unbelohnt) oder hatten ein weißes Zentrum, das die verkleinerte Form der äußeren Silhouette darstellte (belohnt). In früheren Studien konnte bereits gezeigt werden, dass Zwergziegen die nötige Sehschärfe haben, um sowohl einfache, als auch komplexe Symbole auf einem LCD-Monitor zu diskriminieren (LANGBEIN ET AL. 2007a, 2008). Anders als im Ansatz von HANGGI, wurden in dieser Untersuchung dieselben Symbole sowohl in gefüllter, als auch ungefüllter Form in aufeinander folgenden Trainingsaufgaben präsentiert. Dadurch sollte es für die Ziegen erleichtert werden, die äußere Form der Symbole zu ignorieren und stattdessen das Vorhandensein oder die Abwesenheit des offenen Zentrums als maßgeblichen Hinweis für die Kategoriezugehörigkeit zu nutzen. Die Misch-Serien während des Trainings wurden durchgeführt, um zusätzlich das Lernen der beiden Kategorien zu erleichtern. Durch die Präsentation verschiedener Trainingsaufgaben in einer gemischten Serie sollte die Aufmerksamkeit der Ziegen auf das offene Zentrum als wichtigster Hinweis für die Kategorie „belohnt“ gelenkt werden, sodass die Tiere die Symbole nicht einfach nur nacheinander auswendig lernen (HANGGI 1999). Sowohl im täglichen Lernerfolg, in der Präferenz für das in der nachfolgenden Aufgabe belohnte Symbol, als auch in den gemischten Serien traten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen auf. Da die Haltung, das Anlernen und das Training für beide Gruppen identisch war, konnte keine eindeutige Erklärung für diese Unterschiede gefunden werden. Möglicherweise wurden von Geburt aus bessere Lerner bei der zufälligen Verteilung der Versuchsgruppe 1 zugeordnet. Das Ziel der Studie bestand nicht darin, Unterschiede zwischen den Gruppen zu untersuchen. Stattdessen sollte mit einer möglichst großen Anzahl an Tieren die Erarbeitung offener Kategorien bei Zwergziegen nachgewiesen werden. Aus diesem Grund wurden für den Transfer-Test die Ergebnisse beider Versuchsgruppen zusammengefasst. Die neuen Symbole des Transfer-Tests wurden bewusst in zwei verschiedenen aufeinanderfolgenden Blöcken präsentiert. Analog zum Training wurde so jedes Symbol einmal als positiver und dreimal als negativer Stimulus in jedem Block eingesetzt. Im Nachversuch wurde schließlich in der dritten Nach-Versuchsgruppe das ursprüngliche Versuchsdesign, in dem die neuen Aufgaben in Blöcken präsentiert wurden, umgangen.

3.4.2 ERGEBNISSE

TRAINING

Der Lernerfolg der Zwergziegen erhöhte sich im Laufe der acht Trainingsaufgaben deutlich, sichtbar an den ansteigenden Lernkurven. Unverkennbar war dies auch an der Abnahme der Anzahl an Wahlen bis zum Erreichen des Lernkriteriums. Sowohl die Anzahl an Wahlen bis zum Erreichen des Lernkriteriums, als auch der Verlauf der Lernkurven sind vergleichbar mit den Ergebnissen aus Untersuchungen an Tauben (DELIUS 1992, MAKINO UND JITSUMORI 2007), Ziegen (LANGBEIN ET AL. 2006) und Pferden (HANGGI 1999). Diese Studien verwendeten ebenfalls geometrische Symbole. In der zweiten Diskriminationsaufgabe nahmen sowohl der tägliche Lernerfolg, als auch die

Präferenz für das später belohnte Symbol ab und die Wahlen bis zum Erreichen des Lernkriteriums stiegen deutlich an. In dieser Aufgabe trat zum ersten Mal auf, dass ein zuvor unbelohntes Symbol zu einem belohnten wurde, da das runde Symbol (als S^- in gefüllter Form in Aufgabe eins) nun mit einem offenen Zentrum das belohnte Symbol in Aufgabe zwei darstellte (vergleiche Abbildung 3.1). Der kurzzeitige Rückgang im Lernerfolg in der zweiten Aufgabe könnte ein Anzeichen dafür sein, dass die Ziegen nicht nur die positiven, sondern auch die negativen Symbole lernten, was auch schon bei Tauben gezeigt wurde (VON FERSEN UND DELIUS 1989). Obwohl der Wechsel von einem negativen Symbol zu seinem positiven Gegenstück auch in allen folgenden Trainingsaufgaben auftrat, kam es zu keinen weiteren Beeinträchtigungen des Lernerfolgs. Dies weist darauf hin, dass die Ziegen schnell gelernt haben, die äußere Form der Symbole zu ignorieren und stattdessen das Vorhandensein oder die Abwesenheit eines offenen Zentrums als maßgeblichen Hinweis für die Kategoriezugehörigkeit zu verwenden.

Im Laufe der Misch-Serien stieg der Lernerfolg an, obwohl immer mehr gelernte Aufgaben abgerufen werden mussten. Für jede Aufgabe innerhalb der Misch-Serien lag der Lernerfolg stets deutlich über dem Lernkriterium. Diese Ergebnisse lassen allerdings nicht zwangsläufig darauf schließen, dass die Kategorien zu diesem Zeitpunkt bereits gelernt wurden, da ähnliche Ergebnisse auch bei gleichzeitigem Abruf von nacheinander trainierten Aufgaben gefunden wurden (LANGBEIN ET AL. 2008). In diesem Versuch lernten die Zwergziegen verschiedene visuelle Diskriminationsaufgaben hintereinander. Anschließend wurden alle in einer gemischten Serie gleichzeitig präsentiert. Selbst Aufgaben, deren Präsentation mehrere Wochen zurück lagen, konnten die Tiere richtig diskriminieren. Solche gleichzeitig abgefragten Aufgabenstellungen können somit Informationen zur Langzeit-Gedächtniskapazität von Tieren geben und möglicherweise dazu dienen, Merkmale des Gedächtnisses zwischen verschiedenen Arten zu vergleichen (SANTUCCI UND TREICHLER 1990).

In der vierten Trainingsaufgabe stieg der Lernerfolg an und die Anzahl an Wahlen bis zum Erreichen des Lernkriteriums nahm signifikant ab. Dieser sprunghafte Anstieg bzw. deutliche Rückgang an Wahlen könnte ein Anzeichen dafür sein, dass die Ziegen schon in dieser Phase des Trainings die beiden Kategorien erfasst haben. In einer früheren Studie wurden Zwergziegen allerdings auf mehrere aufeinander folgende Diskriminationsaufgaben trainiert und waren dabei in der Lage, durch vorher gelernte Informationen das nachfolgende Lernen zu erleichtern. Sie fingen an sich ein ‚*learning set*‘ (dt.: lernen zu lernen; HARLOW 1949, Abschnitt 1.1) zu erarbeiten, anstatt jede neue Aufgabe als komplett neues Problem zu behandeln (LANGBEIN ET AL. 2007a). Die Ziegen könnten zu diesem Zeitpunkt auch eine andere, aufgabenspezifische Lösungsstrategie entwickelt haben, als die Merkmale der beiden Kategorien gelernt zu haben.

Einen eindeutigeren Hinweis darauf, dass die Kategorien möglicherweise bereits nach drei Trainingsaufgaben gelernt wurden, geben die Ergebnisse der Vor-Tests. Bis zum dritten Vor-Test zeigten die Ziegen keinerlei positive Präferenzen für das in der nachfolgenden Aufgabe belohnte Symbol. Da alle vier Symbole belohnt wurden, wurde erwartet, dass gemäß der Zufallswahrscheinlichkeit einer vierfach-Wahlaufgabe alle Symbole in etwa gleicher Frequenz gewählt wurden. Möglicherweise hätten auch Präferenzen für bestimmte Symbole auftreten können, welche die Tiere auf Grund bestimmter Merkmale bevorzugt gewählt hätten. Ab dem vierten Vor-Test zeigten die Tiere allerdings eine Präferenz für das in der nachfolgenden Aufgabe belohnte Symbol, trotz der Tatsache, dass alle vier Symbole gleichermaßen belohnt wurden. Obwohl die eigentliche Aufgabe noch nicht begann, realisierten die Ziegen möglicherweise schon

hier, dass das Symbol mit dem weißen Zentrum sie zu einer Belohnung führt. Diese Ergebnisse, zusammen mit dem plötzlichen Anstieg des Lernerfolgs, liefern starke Hinweise darauf, dass die Ziegen die speziellen Merkmale, die die Kategorien charakterisieren, schon nach drei Trainingsaufgaben realisiert hatten. In einigen Studien werden sogenannte Präferenz-Tests durchgeführt, um zu bestimmen, welche der Symbole als belohnte bzw. als unbelohnte Stimuli eingesetzt werden. Beispielsweise konfrontierte HANGGI (1999), die bei Pferden ebenfalls die Kategoriebildung mit offenen und gefüllten Symbolen untersuchte, die Tiere mit zwei Symbolen. Eines hatte ein offenes Zentrum, das andere war schwarz gefüllt. Beide untersuchten Pferde wählten das schwarz gefüllte Symbol. Um somit Symbolpräferenzen zu umgehen, wurden die Symbole mit einem offenen Zentrum als belohnte Stimuli definiert (HANGGI 1999). Die meisten Untersuchungen, die ebenfalls mit ähnlichen Stimuli arbeiteten, verzichteten allerdings auf solche Voruntersuchungen.

TRANSFER-TEST 1

Die Ergebnisse des Transfer-Tests bestätigen, dass die Zwergziegen nicht nur einen deutlich gesteigerten Lernerfolg und eine starke Präferenz für das in der nachfolgenden Aufgabe belohnte Symbol im Vor-Test nach nur drei Trainingsaufgaben aufweisen, sondern dass sie dieses Wissen auch auf neue Symbole übertragen können, die sie nie zuvor gesehen haben. Für die Planung der neuen Symbole und des Transfer-Tests wurden verschiedenen Kriterien berücksichtigt, die vorgeschlagen wurden, um das Vorhandensein von offenen Kategorien zu beweisen. Solche Kriterien erweisen sich als effektiv, um alternative Erklärungen, wie das Auswendiglernen oder einfaches Diskriminationslernen, auszuschließen (ZAYAN UND VAUCLAIR 1998, KATZ ET AL. 2007). Um sicherzustellen, dass ein kognitiver Prozess auf Ebene 6 gemäß der Lern-Hierarchie von THOMAS (Tabelle 1.1) angewendet wurde, sollten entweder nur komplett neue zu diskriminierende Stimuli in den Transfer-Läufen eingesetzt werden oder nur die jeweils erste Wahl analysiert werden (THOMAS 1996). Die ausschließliche Nutzung neuer Symbole während des Transfer-Tests kann allerdings die Leistung infolge von Angstreaktionen verschlechtern (PACK ET AL. 1991, MERCADO ET AL. 2000). Aus diesem Grund wurde im Transfer-Test eine gemischte Serie aus überwiegend bekannten Aufgaben eingesetzt, in die neue Aufgaben eingestreut wurden. Allerdings wurden dabei keine neuen Symbole mit den Trainingssymbolen in den einzelnen Aufgaben des Transfer-Tests gemischt, da die Trainingssymbole die Reaktion auf die Transfer-Symbole beeinflussen könnten (z. B. ‚*novelty and exclusion effect*‘, dt.: Effekt von Neuheit und Ausschluss; HOLMES 1979, D’AMATO UND COLOMBO 1985). Symbole wurden im Transfer-Test nicht unter Extinktionsbedingungen präsentiert, da dies zu Störungen im Verhalten der Tiere führen kann. Werden Transfer-Symbole unter Extinktion getestet, könnten die Tiere diese Symbole möglicherweise mit keiner Verstärkung assoziieren, was infolge in künstlich geschaffener niedriger Leistung resultiert (WRIGHT ET AL. 1988, SCHUSTERMAN UND KASTAK 1993). Um die Fähigkeit zur Generalisierung nachzuweisen, wurde ausschließlich die Leistung in der ersten Wahl jeder Transfer-Aufgabe analysiert, da die Tiere möglicherweise sehr schnell lernen, wie sie auch die neuen Symbole richtig beantworten (WRIGHT ET AL. 1988, THOMPSON UND ODEN 2000). Insbesondere das letzte Kriterium wurde nicht immer bei Studien zur Kategorisierung berücksichtigt (SAPPINGTON UND GOLDMAN 1994, HANGGI 1999, VONK UND MACDONALD 2002, RANGE ET AL. 2008).

In den ersten acht neuen Aufgaben (Block II, N1-N8) erreichten die Ziegen Erfolgsraten, die äquivalent zu denen des Trainings waren. Es wird behauptet, dass ein Individuum eine Kategorie erst dann gelernt hat, wenn es in der Lage ist, die neuen Stimuli genauso zu beantworten, wie die Trainingsstimuli (WRIGHT UND KATZ 2007). Im Gegensatz zu den ersten acht neuen Aufgaben, war die Erfolgsrate der zweiten acht neuen Aufgaben (Block IV, N9-N16) signifikant niedriger, als die Ergebnisse der zugehörigen Trainingsaufgaben (Block III). Trotzdem wurden auch die Aufgaben des vierten Blocks im Mittel deutlich über dem Lernkriterium diskriminiert. Obwohl die Ziegen die Aufgaben dieses Blocks später am Tag beantworteten, wird eine geringere Motivation, die Belohnung zu erhalten, ausgeschlossen. Die Erfolgsrate in Block III, der zeitgleich zu Block IV präsentiert wurde, war gleich zu der in den Blöcken I und II, die eher am Tag präsentiert wurden. Auffallend ist die sehr niedrige Erfolgsrate in den Aufgaben N11 und N15. Beide Aufgaben beinhalten ein stark gezacktes Symbol (vergleiche Abbildung 3.3b). Am niedrigsten war die Erfolgsrate in Aufgabe N15, als dieses Symbol als belohntes Symbol eingesetzt wurde. Aus früheren Studien ist bekannt, dass Zwergziegen eine hervorragende Fähigkeit besitzen, um komplexe Symbole zu diskriminieren (LANGBEIN ET AL. 2007a, 2008). Aber auch in diesen Arbeiten wurde schon beobachtet, dass die Ziegen mitunter Schwierigkeiten bei der Diskrimination einzelner Symbole hatten oder bestimmte Symbole vermieden. In einer Studie zum Kategorielernen bei Pferden wurde beim Einsatz von künstlichen Symbolen von ähnlichen Schwierigkeiten berichtet (HANGGI 1999). Manche Angehörige einer Kategorie scheinen leichter klassifiziert werden zu können als andere (PEARCE 1994). Es liegt keine eindeutige Erklärung vor, warum die Ziegen im Transfer-Test Schwierigkeiten hatten, das stark gezackte Symbol zu diskriminieren. In einem nicht-repräsentativen Test mit Menschen erschien dieses Symbol auf den ersten Blick anders als die restlichen Symbole, was eventuell ebenfalls für die Ziegen zutreffen könnte. Aber wie schon MACKINTOSH (1974) konstatiert hat, wissen wir nicht auf welche Merkmale von visuellen Formen die Tiere reagieren. Möglicherweise führt die starke Zackung des äußeren Umrisses und des weißen Zentrums zu Wahrnehmungsstörungen, wie beispielsweise Flimmern. Wenn dem so wäre, könnten die Ziegen Schwierigkeiten haben zu erkennen, ob das Symbol ein weißes Zentrum aufweist oder nicht. Das stark gezackte Symbol wurde in vier Transfer-Aufgaben präsentiert (N9, N11, N14, N15). Das Problem, dass die Tiere mit diesem Symbol hatten, könnte als genereller Distraktor gewirkt haben und sich damit negativ auf die Diskriminationsleistung in allen Aufgaben des vierten Blocks ausgewirkt haben. Jedoch sind noch weitere Studien mit einer Reihe von ähnlichen gezackten Symbolen nötig, um weitere Details dieses negativen Einflusses zu bestimmen.

TRANSFER-TEST 2

Da Zwergziegen selbst bei konkurrierender Präsentation zuvor gelernter Aufgaben diese auch nach mehreren Wochen richtig diskriminieren können (LANGBEIN ET AL. 2008), wird davon ausgegangen, dass sie ebenfalls in der Lage sind, offene Kategorien, die mit Hilfe künstlicher Symbole etabliert wurden, zu erinnern. Bei Tauben konnte beispielsweise gezeigt werden, dass die Tiere die Information von sowohl positiven, als auch negativen Stimuli auch noch nach mehreren Monaten abrufen konnten (VON FERSEN UND DELIUS 1989). Zumal es im zweiten Transfer-Test allerdings nicht um die Gedächtnisleistung der Tiere ging, sondern ausschließlich um die Fähigkeit auch neue

Stimuli in die Kategorien einordnen zu können, wurden die Ziegen erneut mit einer gemischten Serie der acht Trainingsaufgaben antrainiert.

Mit Hilfe des zweiten Transfer-Tests sollte der Frage nachgegangen werden, weshalb der Block mit den zweiten acht neuen Aufgaben (N9-N16) deutlich schlechter diskriminiert wurde, als der Block mit den ersten acht neuen Aufgaben (N1-N8). Dazu wurde die ursprüngliche Präsentationsreihenfolge in drei verschiedenen Nach-Versuchsgruppen (NVG) geändert. Wurden die beiden Blöcke mit den neuen Transfer-Aufgaben getauscht angeboten (NVG 1), zeigte sich kein Unterschied in der Erfolgsrate zwischen den Blöcken. Für den später gezeigten Block ist somit eine niedrigere Motivation, Aktionen am Lernautomaten auszuführen, auszuschließen. Anders als im ersten Transfer-Test wurden die Aufgaben, die den gezackten Stern enthielten, nicht deutlich schlechter diskriminiert als die restlichen Aufgaben. Vielleicht hatten die Tiere auf Grund dieser wiederholten Präsentation weniger Schwierigkeiten mit dem Erkennen dieses Symbols, oder andere unbekannte Gründe als Wahrnehmungsstörungen führten zu dem schlechteren Ergebnis im Transfer-Test 1. Stattdessen war der Lernerfolg bei zwei Aufgaben in Block II (N1-N8) sehr gering. Obwohl sich bei der Präsentationsreihenfolge für die NVG 2 keine Unterschiede zwischen den untereinander gemischten Blöcken ergaben, fällt die geringere Erfolgsrate für die Aufgaben N14 und N15 auf, in denen der gezackte Stern angeboten wurde. Auf Grund der besseren Erfolgsrate der NVG 1 in diesen Aufgaben, ist die erneute schlechte Erfolgsrate der NVG 2 nicht geklärt. Sehr unwahrscheinlich ist die Annahme, dass die Ziegen, die zu den schlechten Erfolgsraten im Transfer-Test 1 für die Aufgaben mit dem gezackten Stern geführt haben, zufällig in die NVG 2 eingeteilt wurden. Insgesamt könnte diese Form der Präsentation aber dazu geführt haben, dass sich das stark gezackte Symbol aus Block IV weniger negativ auf die Diskriminationsleistung aller Aufgaben dieses Blockes ausgewirkt hat, sodass sich keine Unterschiede zwischen den Blöcken nachweisen ließen. Die Ergebnisse der NVG 3, bei der komplett neue Aufgaben, bestehend aus komplett neuen Symbolen, eingesetzt wurden, bestätigen die Fähigkeit der Zwergziegen, offene Kategorien mit Hilfe künstlicher Symbole bilden zu können. Sie sind in der Lage auch neue Symbole zu generalisieren und in die gebildeten Kategorien einordnen zu können. Auch hier wurden, ähnlich wie im Transfer-Test 1, einige Aufgaben besser diskriminiert als andere, was auf Schwierigkeiten bei der Diskrimination einzelner Symbole zurückzuführen ist (PEARCE 1994). Die mittlere Erfolgsrate über alle Aufgaben spricht allerdings dafür, dass die Tiere die Symbole spontan richtig zuordnen konnten.

4. EXPERIMENT 2

SOZIALES LERNEN VISUELLER DISKRIMINATIONSAUFGABEN VON ERFAHRENEN DEMONSTRATOREN

4.1 EINLEITUNG

4.1.1 SOZIALES LERNEN

Angeborene Fähigkeiten helfen Tieren bei sich ändernden Umweltbedingungen unter Umständen nicht weiter, sodass individuelles Lernen oder soziale Informationen (z. B. durch Beobachtung, Nachahmung oder Zuhören) nötig sind, um angemessen reagieren zu können (CAVALLI-SFORZA UND FELDMAN 1983, BOYD UND RICHERSON 1985). Das Verhalten eines Tieres kann dabei stark durch die Anwesenheit oder das Verhalten eines Artgenossen beeinflusst werden (NICOL 1995). Aus diesem Grund stieg seit Ende der 80er Jahre das wissenschaftliche Interesse am sozialen Lernen (engl.: *social learning*) von Tieren beträchtlich an (z. B. ZENTALL UND GALEF 1988, HEYES 1994, NICOL 1995, CALDWELL UND WHITEN 2002). Soziales Lernen umfasst verschiedene, nicht immer leicht voneinander zu unterscheidende, Mechanismen des Lernens, die durch die Beobachtung von, oder der Interaktion mit einem anderen Tier (normalerweise einem Artgenossen) beeinflusst werden (BOX 1984, GALEF 1988, VAN SCHAIK 2010). Dabei wird die Aufmerksamkeit eines Tieres auf einige Aspekte der Umwelt gelenkt und somit Wissen über physikalische Eigenschaften oder motorische Fähigkeiten die benötigt werden, um eine bestimmte Verhaltensweise auszuführen, erworben (BONNIE UND EARLEY 2007). Diese Form des Lernens spielt eine große Rolle bei der Aneignung von Informationen wie beispielsweise der Nahrungsqualität, der Identität von Prädatoren, der Aggressivität von Artgenossen, der Qualität potentieller Partner, der Navigation oder auch der Aneignung physischer Eigenschaften, wie z. B. Fähigkeiten zur Futterbeschaffung oder zur Partnerwahl (HEYES UND GALEF 1996, LIGOUT 2010). Soziale Informationen können entweder Signale (für kommunikative Zwecke, WISENDEN UND STACEY 2005) oder unabsichtliche soziale Informationen (DANCHIN ET AL. 2004) darstellen, die nicht speziell der Kommunikation dienen, aber relevante Informationen enthalten (OTTE 1974). Demonstratoren, die unbeabsichtigt soziale Informationen weitergeben, wollen andere damit nicht informieren, sondern so gut wie möglich ein Verhalten ausführen (DANCHIN ET AL. 2004). Diese Informationen werden also auch in der Abwesenheit von Empfängern abgegeben, können aber potentiell für diese relevant werden, wenn sie anwesend sind (BONNIE UND EARLEY 2007). Durch die Befähigung des sozialen Lernens wird eine wichtige Nische zwischen arttypischem, genetisch festgelegten Verhalten und individuellem Lernen gefüllt (BOYD UND RICHERSON 1988). Wenn individuelles Lernen durch Versuch und Irrtum (engl.: *trial and error-learning*) zu aufwendig ist, kann ein Tier davon profitieren, wenn es etwas kopiert, was andere Gruppenmitglieder eventuell durch großen Aufwand oder sogar Schmerzen erlernt haben (PEARCE 2008). Wird also beispielsweise die Nahrung von anderen Gruppenmitgliedern kopiert, können giftige Substanzen vermieden werden, ohne diese selbst testen zu müssen. Das Tier kann also Energie sparen, indem es Verhaltensweisen nicht selbst erlernt, sondern andere dabei beobachtet und anschließend nachahmt (LALAND 2004). Soziales Lernen von Geschwistern oder anderen Artgenossen vom gleichen sozialen Rang oder Alter kann so enorm die Kosten reduzieren, vor allem wenn sich der Beobachter einen erfahrenen Demonstrator aussucht (NICOL UND POPE 1994a, HELD ET AL. 2000, NICOL 2006). Neben dem sozialen Rang, dem Geschlecht und dem Alter des Demonstrators, beeinflusst auch die Gruppengröße und die Anzahl an Demonstratoren in einer Gruppe das soziale Lernen (NICOL UND POPE 1994a, VALSECCHI ET AL. 1996, CHOLERIS ET AL. 1997, CHOLERIS UND KAVALIERS 1999, CRONEY UND NEWBERRY 2007). Wie häufig und lange ein Verhalten dabei

beobachtet werden muss, hängt allerdings auch vom Kontext und der Art der Information ab (SCHEID ET AL. 2007).

Der soziale Einfluss auf das Verhalten ist sehr umfassend, wobei visuelle Hinweise am häufigsten zum Beobachtungslernen beitragen. Aber auch olfaktorische (durch den Geruch einer unbekanntes Nahrung im Atem eines Artgenossen wird diese gefressen) und akustische Hinweise (z. B. Nachahmung von Vogelgesang) spielen eine Rolle (NICOL 1995). Es werden verschiedene Arten von sozialem Lernen unterschieden. Von sozialer Erleichterung (engl.: *social facilitation*) wird gesprochen, wenn sich die Anwesenheit eines Artgenossen auf die Motivation eines Tieres auswirkt (ZAJONC 1965). Als Prägung (engl.: *imprinting*) wird bezeichnet, wenn Tiere in ihrer sehr frühen Entwicklungsphase die Neigung haben, dem ersten Objekt, das sich bewegt, zu folgen. Dies tritt zumeist bei Tieren auf, die kein Nest haben, um ihre Jungen zu schützen oder bei Jungtieren, die isoliert aufgezogen werden (LORENZ 1937, ZENTALL 2006). Meist werden Jungtiere auf ihre Mutter geprägt, allerdings konnten Untersuchungen zeigen, dass sich Tiere auf fast jedes sich bewegende Objekt prägen und dessen Verhalten nachahmen (HESS 1973). Das wohl bekannteste Beispiel für Prägung zeigt eine Photographie von Konrad Lorenz, auf dem einige Graugänse seinen Gummistiefeln folgten, auf die sie sich geprägt hatten. Wird die Aufmerksamkeit eines Beobachters auf vorher irrelevante Merkmale gerichtet, oder seine Motivation einen Stimulus zu erkunden gesteigert und somit die Möglichkeit erhöht, etwas über das Objekt zu lernen, wird dies als Objektverstärkung bezeichnet (engl.: *stimulus enhancement*; SPENCE 1937a, GALEF 1988, WHITEN UND HAM 1992). Beispielsweise wurden auf Menschen geprägte Graugänse in einer operanten Konditionierungsaufgabe getestet. Tiere, die die Möglichkeit hatten, Menschen bei der Lösung der Aufgabe zu beobachten, konnten diese anschließend ebenfalls erfolgreich lösen. Im Gegensatz dazu, schaffte es nur eines der Kontrolltiere, die keine Möglichkeiten zur Beobachtung hatten, die Aufgabe zu lösen (FRITZ ET AL. 2000). Die lokale Verstärkung (engl.: *local enhancement*) hingegen, wurde als erstes durch THORPE (1956) definiert. Hierbei wird die Aufmerksamkeit des Beobachters auf Teile der Umgebung gelenkt, die vorher nicht zur Kenntnis genommen wurden. Ratten konsumieren beispielsweise mehr Futter das von Artgenossen Duftmarkiert wurde, als anderes neues Futter im selben Gebiet (GALEF UND BECK 1985). Beobachten Tiere dagegen nicht nur das manipulierte Objekt, sondern auch, dass eine bestimmte Verhaltensweise für einen Artgenossen mit einer Konsequenz verbunden ist, kann dies durch Beobachtungskonditionierung (engl.: *observational conditioning*; Begriff eingeführt durch COOK ET AL. 1985) gelernt und das entsprechende Verhalten übernommen oder vermieden werden (WHITEN UND HAM 1992, HEYES 1994). Rhesusaffen können sich beispielsweise die Angst vor Schlangen durch Beobachtungskonditionierung aneignen (MINEKA ET AL. 1984, COOK ET AL. 1985). Die kognitiv komplexeste, aber auch umstrittenste Form des sozialen Lernens betrifft die Nachahmung (HOPPITT UND LALAND 2008). Während oft argumentiert wird, dass Nachahmung nur bei Menschen, nicht aber bei Tieren eine Rolle spielt (TOMASELLO 1994, GALEF 2004), wird diese Auffassung angezweifelt (HEYES 1993, LALAND UND HOPPITT 2003). Bei der Nachahmung werden neue Verhaltensweisen, die normalerweise nicht zum artspezifischen Repertoire gehören, durch Beobachtung gelernt (THORNEDIKE 1898, BATES UND BYRNE 2010). Dabei werden die exakten motorischen Muster des Demonstrators kopiert, was voraussetzt, dass es sich um einen bewussten Prozess handelt, bei dem der Beobachter die Zielgerichtetheit und die Perspektive des Demonstrators versteht, um die Verhaltensweise nachzuahmen (WHITEN 2000, KAPPELER 2012). Die bekanntesten Beispiele für Nachahmung im Tierreich sind u. a.

das Öffnen von Milchflaschen bei Meisen (FISHER UND HINDE 1949, SHERRY UND GALEF 1984) und das Waschen von Kartoffeln bei Japanmakaken (KAWAI 1965, WHITEN UND HAM 1992). Viele Singvögel lernen wesentliche Elemente des artspezifischen Gesangs von Artgenossen mit Hilfe von akustischer Nachahmung (THORPE 1961). Beim Menschen spielt Nachahmung beispielsweise eine entscheidende Rolle bei der Erlernung der Sprache (z. B. SPEIDEL UND NELSON 1989).

Die Voraussetzung für soziales Lernen besteht in der Fähigkeit, die wichtigsten visuellen Informationen aus einer Vielzahl an Informationen zu erkennen und gleichzeitig oder später eine entsprechende motorische Antwort zu erzeugen. Das Tier muss also in der Lage sein, die Informationen zwischen visuellen und taktilen Vorgehen zu übertragen (NICOL 1995). Entwickelt ein Tier Verhaltensmuster durch soziale Interaktionen, kann sich dies auch auf das tierische Wohlbefinden auswirken (NASH ET AL. 1999, HOOK ET AL. 2002). Das Lernen durch Beobachtung von anderen bietet den Tieren mehr Flexibilität, als es mit arttypischem Verhalten allein möglich ist und kann zudem negative Konsequenzen wie das Machen von Fehlern, welches oft mit individuellem Lernen in Verbindung steht, vermeiden (BOYD UND RICHERSON 1988).

Unter Laborbedingungen konnte soziales Lernen bei der Aneignung einfacher, aber auch komplexer Verhaltensmuster, als auch beim Lernen von Diskriminationsaufgaben beispielsweise bei Ratten (GALEF UND WHISKIN 2001), Tauben (BIEDERMAN ET AL. 1986), Hunden (KUBINYI ET AL. 2003) und Affen (CALDWELL UND WHITEN 2004) nachgewiesen werden. An Nutztieren wurden erst wenige Untersuchungen zum sozialen Lernen, mit teilweise unterschiedlichen Ergebnissen, durchgeführt.

Bei Schafen wurde die Geschwindigkeit untersucht, in der die Tiere eine neue Nahrungsquelle (Weizen) fraßen, während ein erfahrener Weizen-Konsument anwesend war. Über fünf Tage bekamen die Schafe für 15 Minuten den Zugang zu Weizen. Bei der Versuchsgruppe waren zu diesen Zeiten erfahrene Demonstratoren anwesend, bei der Kontrollgruppe nicht. In der Versuchsgruppe fraßen nach zwei Tagen 75 % der beobachtenden Tiere Weizen, nach fünf Tagen sogar rund 94 %. Keines der Schafe aus der Kontrollgruppe konsumierte innerhalb der fünf Versuchstage den angebotenen Weizen (CHAPPLE ET AL. 1987). Zudem konnte bei Schafen gezeigt werden, dass Lämmer unter Bedingungen der vertrauten Gruppe die Benutzung eines Tränkautomaten schneller erlernten, wenn Tiere, die bereits Erfahrung mit dem Automaten gemacht hatten, in die Gruppe integriert wurden (VEISSIER UND STEFANOVA 1993). Bei Pferden hatte dagegen die Anwesenheit eines Demonstrators keinen direkten Einfluss auf die Lerngeschwindigkeit (BAKER UND CRAWFORD 1986). Allerdings zeigten die beobachtenden Tiere eine kürzere Latenzzeit bei der Annäherung an das Zielobjekt und eine höhere Erfolgsrate im ersten Versuch (LINDBERG ET AL. 1999). Mit Hilfe eines Doppelkäfigs hatten naive Hühner die Möglichkeit, trainierten Demonstratoren bei der Ausübung einer für sie neuen Verhaltensweise zuzuschauen. Die Demonstratoren pickten dabei auf einen von zwei farbigen Schaltern, um eine Belohnung in Form von Futter zu erhalten. Anschließend wurden die Beobachter derselben Herausforderung ausgesetzt. Dabei führten sie mehr richtige Schalterbetätigungen aus, als die Tiere der Kontrollgruppe ohne Möglichkeit der Beobachtung (NICOL UND POPE 1992). Zudem konnten bei Hühnern sowohl positive als auch negative Futterpräferenzen von Hennen durch soziales Lernen von Küken übernommen werden (GAJDON ET AL. 2001). Schweine wurden entweder dem Anblick und dem Geruch einer neuen Nahrungsquelle ausgesetzt, einem Geschwister (Demonstrator) der die neue Nahrung fraß oder einem Geschwister (Demonstrator) der von einer bekannten Nahrungsquelle fraß. In nachfolgenden individuellen Fütterungsdurchgängen zeigten die Schweine der beiden ersten

Gruppen eine erhöhte Präferenz gegenüber der neuen Nahrung im Gegensatz zur dritten (Kontroll-) Gruppe, unterschieden sich aber untereinander nicht (NICOL UND POPE 1994a).

Durch direkte Beobachtung erfahrener Demonstratoren ist die Erlernung von Verhaltensweisen möglich. Weiterhin ist bekannt, dass Tiere Informationen über einen Bildschirm wahrnehmen können und verschiedenste auf einem Bildschirm präsentierte Diskriminationsaufgaben lösen können. Ob Tiere allerdings neue motorische Verhaltensmuster durch soziales Lernen von Demonstratoren über einen Bildschirm lernen können, wurde generell noch nicht untersucht.

4.1.2 ZIELSETZUNG

Landwirtschaftliche Nutztiere werden zumeist in großen Gruppen gehalten. Einer der wichtigsten Aspekte beim Leben in komplexen sozialen Gesellschaften ist die Beachtung anderer Gruppenmitglieder, ihrer Interaktionen und ihres Verhaltens (SCHEID ET AL. 2007). Das Ziel dieser Untersuchung bestand darin, Anzeichen von Objekt- oder lokalen Verstärkung oder sogar Nachahmung nachzuweisen. Dabei wurde überprüft, ob Zwergziegen visuelle Diskriminationsaufgaben mit einem höheren Lernerfolg diskriminieren können, wenn sie die Möglichkeit zur Beobachtung erfahrener Demonstratoren haben, im Gegensatz zu Artgenossen ohne solche Beobachtungsmöglichkeiten. Dabei konnten die Ziegen ihre erfahrenen Artgenossen beim Agieren an einem Lernautomaten, der die Diskriminationsaufgaben präsentierte, beobachten. Die Beobachtung erfolgte entweder direkt live durch eine Plexiglasscheibe oder durch eine live-Übertragung auf einen im Abteil befindlichen Flachbildschirm. Zur Kontrolle lernte eine weitere Versuchsgruppe ohne die Möglichkeit zur Beobachtung der Demonstratoren.

4.2 MATERIAL UND METHODEN

4.2.1 VERSUCHSGRUPPEN UND ANLERNEN

Im Februar 2010 wurden 39 weibliche Ziegenlämmer geboren. Nach dem Absetzen von den Müttern wurden die Lämmer auf vier Anlernabteile verteilt. Das Anlernen verlief wie in Abschnitt 2.3 beschrieben. Im Anschluss an die Anlernphase wurde zunächst eine Gruppe (VG 1, n = 9) in ein Versuchsabteil mit Lernautomat eingestallt. Nach weiteren 14 Tagen wurden auch die anderen drei Versuchsgruppen (VG 2-VG 4, je n = 10) in ihre jeweiligen Versuchsabteile eingestallt (Abbildung 4.1).

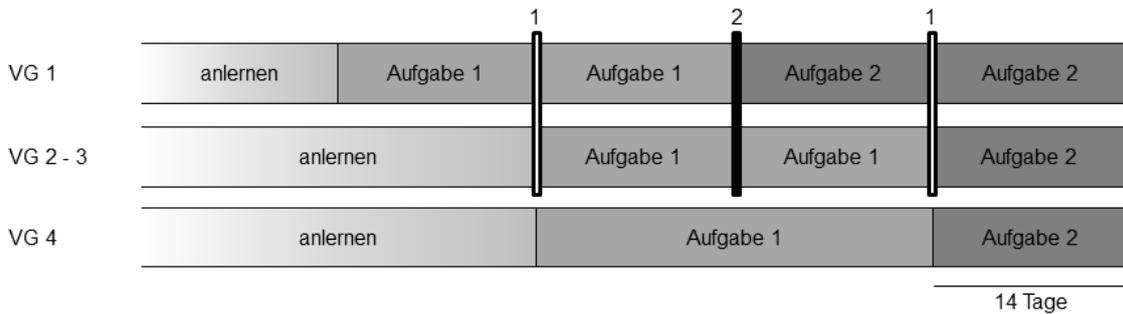


Abbildung 4.1: Schematische Darstellung des Versuchsablaufs. 1: Sichtschutz zwischen Versuchsgruppe 1 (VG 1, Demonstratoren) und Versuchsgruppe 2 (VG 2, live-Beobachter) ist geöffnet, Bildschirm für Versuchsgruppe 3 (VG 3, TV-Beobachter) ist angeschaltet. 2: Sichtschutz ist geschlossen, Bildschirm ist ausgeschaltet. Die Ziegen der Versuchsgruppe 4 (VG 4, Kontrollgruppe) hatten zu keinem Zeitpunkt des Experiments die Möglichkeit zur Beobachtung der erfahrenen Demonstratoren und lernten ohne Beeinflussung.

4.2.2 TEST

Die zuerst umgestallten Ziegen (VG 1, Demonstratoren) lernten zunächst eine visuelle Diskriminationsaufgabe (Abbildung 4.2, links). Nach 14 Tagen wiesen sie einen konstanten Lernerfolg auf, woraufhin die restlichen drei Gruppen ebenfalls in die Versuchsabteile eingestallt wurden (Abbildung 4.3a).

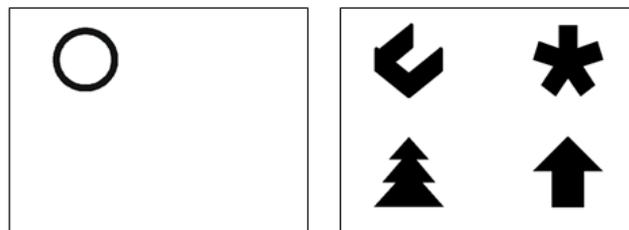


Abbildung 4.2: Verwendete visuelle Diskriminationsaufgaben 1 und 2. Das belohnte Symbol (S^+) befindet sich in dieser Abbildung jeweils in der oberen linken Ecke jeder Aufgabe. Nach jeder Aktion am Lernautomat wechseln die Symbole ihre Position auf dem Monitor.

Die Tiere der Versuchsgruppe 1 fungierten jetzt als erfahrene Demonstratoren für die Gruppen 2 und 3. Die Ziegen der Versuchsgruppe 2 (live-Beobachter) konnten die Demonstratoren direkt live beim Agieren am Lernautomaten durch eine transparente

Plexiglasscheibe beobachten (Abbildung 4.3b). Im Lernautomaten der Demonstratoren war eine Videokamera so angebracht, dass der Winkel der Aufnahme so gut es ging dem Blickwinkel der Ziegen aus Versuchsgruppe 2 entsprach. Dieses live-Bild des Lernautomaten bekamen die Tiere der Versuchsgruppe 3 (TV-Beobachter) in ihrem Abteil auf einem Flachbildschirm (Sanyo, Moriguchi, Japan; Abmessung: 1027 × 620 mm) projiziert (Abbildung 4.3c). Die vierte Versuchsgruppe diente als Kontrolle und lernte ohne eine Beeinflussung der Demonstratoren. Die Position des Lernautomaten im Haltungsabteil war für alle Versuchsgruppen gleich. Die Möglichkeit zur Beobachtung befand sich für die Gruppen 2 und 3 jeweils an derselben Wand des Abteils, an der auch der Lernautomat war, allerdings in der entgegengesetzten Ecke (Abbildung 4.3a).

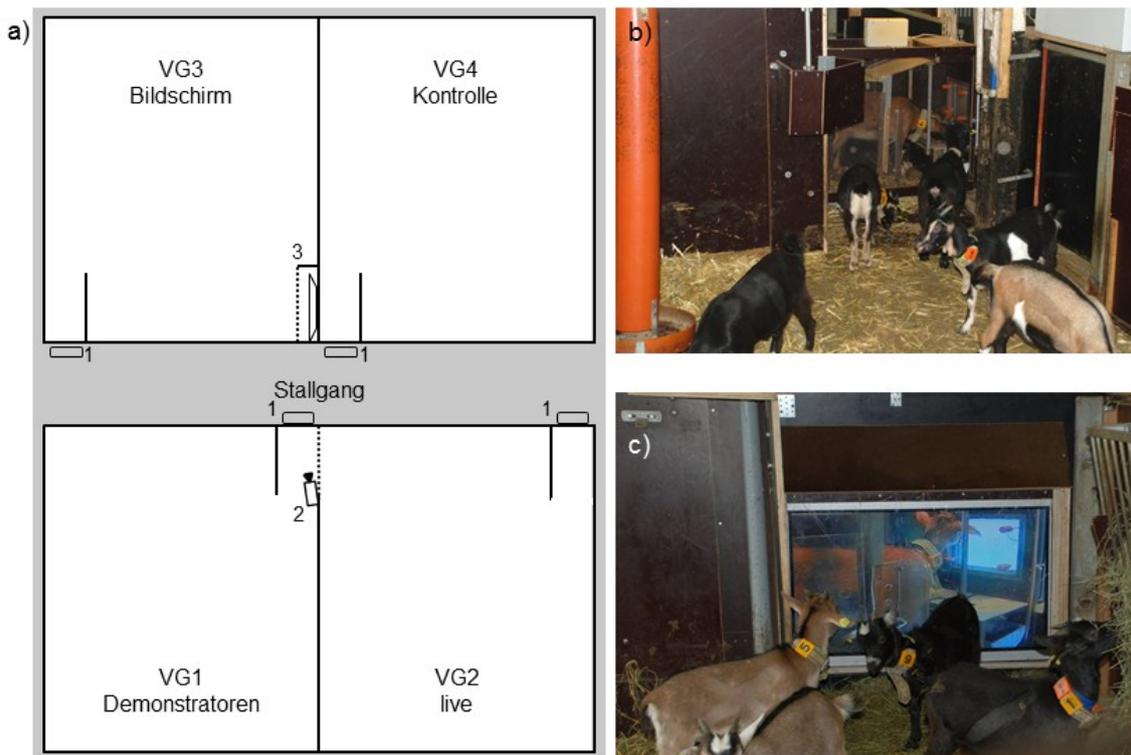


Abbildung 4.3: a) Schematische Anordnung der Abteile für die vier Versuchsgruppen (VG 1-VG 4). Gestrichelte Linien markieren durchsichtige Plexiglasscheiben. 1: Monitore zur Symbolpräsentation. 2: Videokamera zur Bild- und Tonübertragung. 3: Bildschirm. b) live-Beobachtung der Demonstratoren in Versuchsgruppe 2. c) Beobachtung der Demonstratoren über einen Flachbildschirm in Versuchsgruppe 3.

Die Versuchsgruppen 2 bis 4 lernten zuerst die Diskriminationsaufgabe 1, die auch den Demonstratoren weiterhin präsentiert wurde. Nach 14 Tagen wurde ein Sichtschutz zwischen dem Lernautomaten von Gruppe 1 und dem Abteil der Gruppe 2 eingesetzt und der Bildschirm in Versuchsgruppe 3 wurde ausgeschaltet. In den folgenden zwei Wochen lernten die Demonstratoren eine weitere Diskriminationsaufgabe (Abbildung 4.2, rechts). Die anderen Gruppen wurden während dieser Zeit weiterhin mit Aufgabe 1 konfrontiert. Nach 14 Tagen Training hatten die Demonstratoren auch in Aufgabe 2 ein stabil hohes Lernniveau erreicht und der Sichtschutz wurde erneut geöffnet und der Bildschirm wieder angeschaltet. Ab diesem Zeitpunkt wurden die Versuchsgruppen 2 bis 4 ebenfalls mit der Diskriminationsaufgabe 2 konfrontiert, die auch von den Demonstratoren weiterhin diskriminiert werden musste.

Zusätzlich zur Lernleistung wurde untersucht, wie oft und wie lange die Ziegen aus den Versuchsgruppen 2 und 3 die Demonstratoren bei ihren Aktionen im Lernautomaten beobachteten und ob sich dies auf die Lernleistung der Ziegen auswirkte. Dazu wurden die Versuchsabteile der Gruppen 2 und 3 während der ersten 14 Tage jeder Diskriminationsaufgabe gefilmt. In der Zeit zwischen 07:00 Uhr und 19:00 Uhr, in der Zwergziegen die meisten Aktionen ausführen, wurde aufgenommen, welche Ziege wie oft und wie lange den Lernautomaten der Gruppe 1 beobachtet hatte, während ein Demonstrator Aktionen am Lernautomaten ausführte.

4.2.3 DATENANALYSE UND STATISTISCHE AUSWERTUNG

Der tägliche Lernerfolg für die beiden Diskriminationsaufgaben wurde jeweils über 14 Tage als prozentualer Anteil an Richtigwahlen pro Tag berechnet. Es wurde dabei zum einen überprüft, ob sich der Lernerfolg der Versuchsgruppen 2 (live-Beobachter), 3 (TV-Beobachter) und 4 (Kontrollgruppe) voneinander unterschied. Zum anderen interessierte, ob es einen Unterschied im Lernerfolg zwischen den Versuchsgruppen 1 (Demonstratoren) und 4 (Kontrollgruppe) gab. Die Lerndaten wurden getrennt für die beiden Diskriminationsaufgaben innerhalb eines gemischten linearen Modells (Prozedur MIXED in SAS[®]) analysiert. In einem zwei-Faktoren Modell wurde der Einfluss der sich wiederholenden Faktoren ‚Versuchsgruppe‘ und ‚Versuchstag‘ auf den Lernerfolg überprüft.

Für die Versuchsgruppen 2 und 3 wurde als Beobachtung definiert, wenn eine Ziege maximal einen Meter von der Scheibe bzw. dem Bildschirm entfernt stand und in Richtung des Lernautomaten der Demonstratoren bzw. auf den Bildschirm schaute, während ein Demonstrator Aktionen am Lernautomaten ausführte. Generell traten sowohl in der live- als auch der TV-Gruppe sehr wenig Beobachtungen der Demonstratoren auf und vor allem nur an den ersten Tagen jeder Aufgabe. Aus diesem Grund wurden alle weiteren Analysen nur unter Berücksichtigung der ersten fünf Versuchstage durchgeführt.

Für die Zwergziegen der Versuchsgruppen 2 (live-Beobachter) und 3 (TV-Beobachter) wurde die Anzahl der Beobachtungen in zwei Klassen aufgeteilt. Die Klasse ‚0‘ stand für keine Beobachtungen, die Klasse ‚> 0‘ für mehr als null Beobachtungen. Zudem wurde für die Tiere die mittlere Dauer der Beobachtung berechnet und diese in drei Klassen eingeteilt: Klasse ‚0 s‘ stand für keine Beobachtungen, Klasse ‚bis 10 s‘ für mittlere Beobachtungsdauern bis zehn Sekunden und Klasse ‚> 10 s‘ für mittlere Beobachtungsdauern über zehn Sekunden. Mit Hilfe der Prozedur FREQ im Programm SAS[®] wurden Konvergenztafeln erstellt und für beide Diskriminationsaufgaben einzeln überprüft, ob sich die Anzahl an Beobachtungen oder die mittlere Beobachtungsdauer zwischen den beiden Versuchsgruppen unterschied (Chi-Square Test).

Für die zweite Diskriminationsaufgabe wurde der Einfluss der sich wiederholenden Faktoren ‚Versuchsgruppe‘, ‚Versuchstag‘ und der ‚Anzahl an Beobachtungen‘ auf die Erfolgsrate in der Prozedur MIXED (SAS[®]) untersucht. Des Weiteren wurde ein zusätzliches gemischtes lineares Modell (Prozedur MIXED in SAS[®]) angewendet, in das nur Ziegen eingingen, die keine Beobachtungen aufwiesen. Für diese Tiere wurde der Einfluss der ‚Versuchsgruppe‘ und des ‚Versuchstags‘ auf den Lernerfolg überprüft.

4.3 ERGEBNISSE

4.3.1 LERNERFOLG

VERGLEICH DER LIVE-BEOBACHTER, TV-BEOBACHTER UND KONTROLLGRUPPE

Der mittlere tägliche Lernerfolg wurde zunächst über die 14 Versuchstage getrennt für beide Diskriminationsaufgaben berechnet (Abbildung 4.4). In Aufgabe 1 hatte der Versuchstag einen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg ($F_{13,351} = 122,31$; $P < 0,001$). Der Lernerfolg stieg im Laufe der Aufgabe immer mehr an. In Aufgabe 2 hatte die Interaktion zwischen der Versuchsgruppe und dem Versuchstag einen Einfluss auf den Lernerfolg ($F_{26,351} = 2,65$; $P < 0,001$). Der Lernerfolg der Zwergziegen aus Versuchsgruppe 3 (TV-Beobachter) war signifikant höher an den Versuchstagen 4 ($P < 0,001$), 5 ($P < 0,01$) und 8 ($P < 0,1$) im Gegensatz zum Lernerfolg der Versuchsgruppe 2 (live-Beobachter) und höher an den Versuchstagen 3, 4 ($P < 0,01$), 5 und 6 ($P < 0,05$) im Gegensatz zum Lernerfolg der Versuchsgruppe 4 (Kontrolle). Zwischen den Versuchsgruppen 2 und 4 bestand kein Unterschied im Lernerfolg.

Bei der Analyse der ausschließlich ersten fünf Versuchstage, zeigte sich ein ähnliches Bild. Der Versuchstag beeinflusste den Lernerfolg in der ersten Diskriminationsaufgabe signifikant ($F_{4,108} = 41,54$; $P < 0,001$). In Aufgabe 2 wurde der Lernerfolg von der Wechselwirkung zwischen der Versuchsgruppe und dem Versuchstag beeinflusst ($F_{8,108} = 4,48$; $P < 0,001$). Ab dem dritten Versuchstag war der tägliche Lernerfolg von Versuchsgruppe 3 signifikant höher als in Versuchsgruppe 2 (Tag 3: $P < 0,1$; Tag 4 und 5: $P < 0,001$) und Versuchsgruppe 4 (Tag 3: $P < 0,01$; Tag 4 und 5: $P < 0,001$).

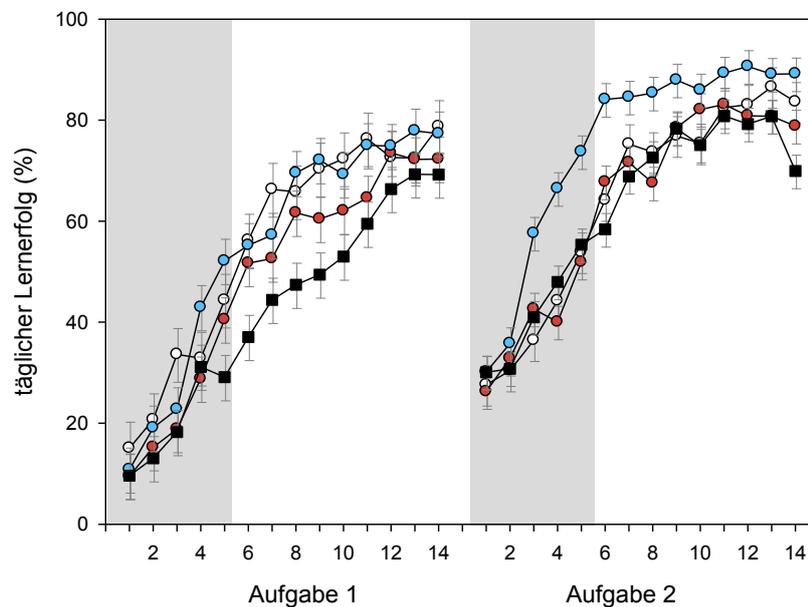


Abbildung 4.4: Mittlerer täglicher Lernerfolg (LSM \pm SE) der Zwergziegen aus den vier Versuchsgruppen in den zwei verschiedenen Diskriminationsaufgaben. Schwarze Vierecke: Versuchsgruppe 1 (Demonstratoren; $n = 9$). Rote Kreise: Versuchsgruppe 2 (live-Beobachter; $n = 10$). Blaue Kreise: Versuchsgruppe 3 (TV-Beobachter; $n = 10$). Weiße Kreise: Versuchsgruppe 4 (Kontrolle; $n = 10$). Grau hinterlegt sind die jeweils ersten fünf Versuchstage. Die Demonstratoren lernten zeitversetzt zu den anderen drei Versuchsgruppen. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden trotzdem für alle Versuchsgruppen die ersten 14 Tage jeder Aufgabe zusammen dargestellt.

VERGLEICH DER DEMONSTRATOREN MIT DER KONTROLLGRUPPE

Zusätzlich wurde der Lernerfolg für die Zwergziegen aus Versuchsgruppe 1 (Demonstratoren) berechnet und mit dem Lernerfolg von Versuchsgruppe 4 (Kontrolle) verglichen. In der ersten Diskriminationsaufgabe zeigte sich bei der Analyse über 14 Versuchstage ein Einfluss der Interaktion zwischen der Versuchsgruppe und dem Versuchstag ($F_{13,221} = 1,88$; $P < 0,05$). Mit Hilfe des Tukey-Kramer-Tests konnten allerdings keine Unterschiede im Lernerfolg an den einzelnen Versuchstagen ausgemacht werden. In der zweiten Aufgabe wurde der Lernerfolg der beiden Versuchsgruppen durch den Versuchstag beeinflusst ($F_{13,221} = 75,93$; $P < 0,001$). Die Tiere beider Versuchsgruppen steigerten ihren Lernerfolg im Laufe der Testtage in gleicher Weise.

Bei Berücksichtigung ausschließlich der ersten fünf Versuchstage hatte sowohl in der ersten ($F_{4,68} = 20,25$; $P < 0,001$), als auch in der zweiten Diskriminationsaufgabe ($F_{4,68} = 26,33$; $P < 0,001$) nur der Versuchstag einen Einfluss auf den Lernerfolg der beiden Versuchsgruppen, sodass beide Gruppen gleichermaßen ihren Lernerfolg im Laufe der Aufgaben steigerten.

4.3.2 EINFLUSS DER BEOBACHTUNG ERFAHRENER DEMONSTRATOREN

DISKRIMINATIONS-AUFGABE 1

Für die ersten fünf Versuchstage wurde jeweils die Anzahl an Beobachtungen für jede Zwergziege aus Versuchsgruppe 2 (live-Beobachter) und 3 (TV-Beobachter) in eine von zwei Klassen (Anzahl = 0, Anzahl > 0) eingeteilt, aufsummiert und die Verteilung betrachtet (Tabelle 4.1). Aus der Konvergenztafel wird deutlich, dass über die fünf Tage mehr Ziegen mindestens einmal die Demonstratoren beobachtet haben, als dass sie keine Beobachtungen durchführten. Ein Unterschied zwischen den Versuchsgruppen in der Anzahl an Beobachtungen konnte nicht festgestellt werden.

Tabelle 4.1: Konvergenztafel zur Anzahl an Beobachtungen der Demonstratoren über fünf Versuchstage, aufgeteilt auf zwei Klassen (Anzahl = 0, Anzahl > 0), für die Versuchsgruppen 2 (VG 2; live-Beobachter; $n = 10$) und 3 (VG 3; TV-Beobachter; $n = 10$) in der ersten Diskriminationsaufgabe.

Häufigkeit Prozent Zeile Prozent Spalte Prozent	Anzahl = 0	Anzahl > 0	Total
VG 2 (live)	16 16,00 32,00 64,00	34 34,00 68,00 45,33	50 50,00
VG 3 (TV)	9 9,00 18,00 36,00	41 41,00 82,00 54,67	50 50,00
Total	25 25,00	75 75,00	100 100,00

Betrachtet man die mittlere Dauer der Beobachtungen, eingeteilt in drei verschiedene Klassen (Dauer = 0 s, Dauer bis 10 s, Dauer über 10 s), finden sich für beide Versuchsgruppen die meisten Tiere in der mittleren Klasse mit mittleren Beobachtungszeiten bis zehn Sekunden (Tabelle 4.2). Zwischen den beiden Versuchsgruppen konnte auch in diesem Parameter kein Unterschied festgestellt werden.

Tabelle 4.2: Konvergenztafel zur mittleren Dauer an Beobachtungen der Demonstratoren über fünf Versuchstage, aufgeteilt auf drei Klassen (Dauer = 0 s, Dauer bis 10 s, Dauer über 10 s), für die Versuchsgruppen 2 (VG 2; live-Beobachter; n = 10) und 3 (VG 3; TV-Beobachter; n = 10) in der ersten Diskriminationsaufgabe.

Häufigkeit Prozent Zeile Prozent Spalte Prozent	Dauer = 0 s	Dauer bis 10 s	Dauer über 10 s	Total
VG 2 (live)	16 16,00 32,00 64,00	26 26,00 52,00 42,62	8 8,00 16,00 57,14	50 50,00
VG 3 (TV)	9 9,00 18,00 36,00	35 35,00 70,00 57,38	6 6,00 12,00 42,86	50 50,00
Total	25 25,00	61 61,00	14 14,00	100 100,00

DISKRIMINATIONSAUFGABE 2

In der zweiten Diskriminationsaufgabe war die Anzahl an Beobachtungen gleichmäßiger auf die beiden Klassen (Anzahl = 0, Anzahl > 0) aufgeteilt (Tabelle 4.3). Die Häufigkeit des Beobachtens unterschied sich dabei in den beiden Versuchsgruppen (Chi-Square Test: $F = 5,77$; $P < 0,05$). Während aus Versuchsgruppe 2 mehr Tiere keine Beobachtungen der Demonstratoren zeigten, befanden sich in Versuchsgruppe 3 mehr Ziegen, welche die Demonstratoren mindestens einmal beobachteten.

Tabelle 4.3: Konvergenztafel zur Anzahl an Beobachtungen der Demonstratoren über fünf Versuchstage, aufgeteilt auf zwei Klassen (Anzahl = 0, Anzahl > 0), für die Versuchsgruppen 2 (VG 2; live-Beobachter; n = 10) und 3 (VG 3; TV-Beobachter; n = 10) in der zweiten Diskriminationsaufgabe.

Häufigkeit Prozent Zeile Prozent Spalte Prozent	Anzahl = 0	Anzahl > 0	Total
VG 2 (live)	32	18	50
	32,00	18,00	50,00
	64,00	36,00	
	61,54	37,50	
VG 3 (TV)	20	30	50
	20,00	30,00	50,00
	40,00	60,00	
	38,46	62,50	
Total	52	48	100
	52,00	48,00	100,00

Die beiden Versuchsgruppen unterschieden sich ebenfalls in der mittleren Dauer der Beobachtung (Chi-Square Test: $F = 6,54$; $P < 0,05$), die auf drei Klassen aufgeteilt war (Dauer = 0 s, Dauer bis 10 s, Dauer über 10 s). Ziegen aus der Versuchsgruppe 2, die Beobachtungen ausführten, teilten sich gleichmäßig auf die beiden Klassen ‚bis 10 s‘ und ‚über 10 s‘ auf (Tabelle 4.4). In Versuchsgruppe 3 fanden sich die Tiere mit Beobachtungen häufiger in der Klasse ‚über 10 s‘ wieder.

Tabelle 4.4: Konvergenztafel zur mittleren Dauer an Beobachtungen der Demonstratoren über fünf Versuchstage, aufgeteilt auf drei Klassen (Dauer = 0 s, Dauer bis 10 s, Dauer über 10 s), für die Versuchsgruppen 2 (VG 2; live-Beobachter; n = 10) und 3 (VG 3; TV-Beobachter; n = 10) in der zweiten Diskriminationsaufgabe.

Häufigkeit Prozent Zeile Prozent Spalte Prozent	Dauer = 0 s	Dauer bis 10 s	Dauer über 10 s	Total
VG 2 (live)	32	9	9	50
	32,00	9,00	9,00	50,00
	64,00	18,00	18,00	
	61,54	45,00	32,14	
VG 3 (TV)	20	11	19	50
	20,00	11,00	19,00	50,00
	40,00	22,00	38,00	
	38,46	55,00	67,86	
Total	52	20	28	100
	52,00	20,00	28,00	100,00

Da sich die Anzahl an Beobachtungen in der ersten Diskriminationsaufgabe zwischen den beiden Versuchsgruppen nicht unterschied, wurde der Einfluss der Beobachtungsanzahl auf den Lernerfolg nur für die zweite Aufgabe berechnet. Die Interaktion zwischen der Versuchsgruppe und dem Versuchstag hatte einen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg ($F_{4,71.7} = 5,79$; $P < 0,001$) in Aufgabe 2, wie bereits in Abschnitt 4.3.1 gezeigt werden konnte, wohingegen sich die Anzahl an Beobachtungen nicht auf den Lernerfolg der Tiere auswirkte.

Wurden nur die Zwergziegen in die Analyse einbezogen, die keine Beobachtungen zeigten, fand sich trotzdem ein Einfluss der Versuchsgruppe auf den Lernerfolg ($F_{1,16.4} = 5,62$; $P < 0,05$). Die Zwergziegen aus Versuchsgruppe 2 (live-Beobachter) wiesen mit 40,4 % einen signifikant niedrigeren Lernerfolg in den ersten fünf Versuchstagen der zweiten Diskriminationsaufgabe auf, als die Tiere der Versuchsgruppe 3 (TV-Beobachter) mit 52,4 %.

4.4 DISKUSSION

4.4.1 METHODEN

Da es sich bei Zwergziegen um eine sozial lebende Tierart handelt, bieten sich Versuche zum sozialen Lernen an. Zudem gibt es Untersuchungen, die sich mit der Verfolgung der Blickrichtung (engl.: *gazing*) bei Ziegen beschäftigten, da es sich dabei um eine grundlegende kognitive Fähigkeit handelt, die viele Vorteile für Tiere aus sozialen Gruppen bieten kann (KAMINSKI ET AL. 2005). Bemerken Tiere, wo ihre Artgenossen hinblicken und schauen daraufhin in dieselbe Richtung, können sie wertvolle Informationen über z. B. Futterplätze oder die Anwesenheit von Prädatoren gewinnen. Ziegen nutzten beispielsweise die Blickrichtung ihrer Artgenossen, um Futter zu finden (KAMINSKI ET AL. 2005). In diesem, wie auch in den anderen Experimenten der vorliegenden Arbeit, wurden naive juvenile Zwergziegen eingesetzt. Naturbeobachtungen von sozialem Lernen haben gezeigt, dass Jungtiere eher eine neue Verhaltensweise in ihr Verhaltensrepertoire aufnehmen, als adulte Tiere (z. B. Kartoffeln Waschen bei Japanmakaken: KAWAI 1965, Öffnen von Zapfen bei schwarzen Ratten: TERKEL 1995).

Die Auswertung des Einflusses der Beobachtung der erfahrenen Demonstratoren auf den Lernerfolg erwies sich als schwierig, da die Daten sehr schief verteilt waren. Viele Zwergziegen aus den beiden Versuchsgruppen mit der Möglichkeit zur Beobachtung der erfahrenen Demonstratoren am Lernautomaten nutzten diese Gelegenheit nicht oder auch nur sehr selten. Das Interesse sowohl an der direkten live-Beobachtung durch eine Plexiglasscheibe als auch der live-Beobachtung über einen Bildschirm nahm sehr schnell ab, sodass nur die ersten fünf Versuchstage der beiden Diskriminationsaufgaben analysiert wurden, um den Einfluss der Beobachtung auf den Lernerfolg zwischen den beiden Versuchsgruppen 2 und 3 zu vergleichen. Zudem war es bei der Auswertung der Videoaufnahmen schwierig zu entscheiden, ob die beobachtende Ziege nur in die Richtung des Lernautomaten der Demonstratoren blickte oder tatsächlich das Agieren am Lernautomaten beobachtete.

Es wurde versucht, die Größenverhältnisse und den Winkel der Kamera so einzustellen, dass das Abbild des Lernautomaten der Demonstratoren auf dem Bildschirm von Versuchsgruppe 3 (TV-Beobachter) nahezu identisch mit dem Ausschnitt war, welchen die Tiere der Versuchsgruppe 2 (live-Beobachter) vom Lernautomaten der Demonstratoren sahen. Subjektiv betrachtet, schien die Sicht auf den Lernautomaten der Demonstratoren besser über den Bildschirm, als direkt live durch die Plexiglasscheibe. Möglicherweise könnte dies zu den weniger Beobachtungen der Versuchsgruppe 2 geführt haben. Ein zusätzliches Problem stellte dar, dass die Beobachter die Aktionen der Demonstratoren von einer seitlichen Perspektive betrachteten. Die beobachtenden Ziegen benötigten also zusätzlich die Fähigkeit, sich die Aktionen bei der Wahl am eigenen Lernautomaten aus dem eigenen Blickwinkel vorzustellen (WHITEN UND BYRNE 1991).

Oft scheinen die Mechanismen des sozialen Lernens eher die einfachen Formen des sozialen Einflusses, wie beispielsweise lokale- oder Objektverstärkung, widerzuspiegeln (MERSMANN ET AL. 2011). Die Plexiglasscheibe bzw. der Bildschirm mit Möglichkeit zur Beobachtung von gleichaltrigen Artgenossen einer anderen Gruppe könnte zu einer lokalen Verstärkung (engl.: *local enhancement*; THORPE 1956) dieser Stelle im Handlungsabteil geführt haben. Bei Enten beispielsweise, die in einem Abteil eingestallt waren, in dem sich ein Loch befand, das gerade groß genug war, um zu entkommen, reagierten die Enten nicht darauf, bis sie sich in der Nähe einer Ente

befanden, die flüchtete (LORENZ 1935). Durch das Auftauchen der Demonstratoren im Lernautomaten bzw. auf dem Bildschirm wurde die Aufmerksamkeit der Tiere auf diese Stelle gelenkt. Da die Ziegen allerdings bereits beim Anlernen die Funktionalität des Lernautomaten kennenlernten, und einen eigenen Lernautomaten im Abteil hatten, war ihnen der Umgang mit diesem im Versuch bereits bekannt. Das Agieren der Demonstratoren an den Schaltern des Lernautomaten könnte zu einer Objektverstärkung (engl.: *stimulus enhancement*; SPENCE 1937a) auf die Schalter geführt haben. In einer Studie an Rhesusaffen in einem Doppelkäfig, wurden der Demonstrator und der Beobachter mit dem gleichen Set an Objekten konfrontiert. Nachdem es dem Demonstrator erlaubt wurde ein Objekt zu wählen, tendierte der Beobachter dazu, dasselbe Objekt zu wählen (WARDEN UND JACKSON 1935). Allerdings waren im vorliegenden Experiment alle Objekte (d. h. Schalter) gleich. Zudem wussten die Ziegen bereits durch das Anlernen, dass ein gezielter Schalterdruck zur Ausgabe einer Belohnung führt. Daher spielte in diesem Design lokale- oder Objektverstärkung weniger eine Rolle. Neu war hingegen, dass hinter den Schaltern ein Monitor angebracht war, der ein (in Aufgabe 1) bzw. vier Symbole (in Aufgabe 2) präsentierte, die jeweils einem Schalter zugeordnet werden konnten.

Die Tiere sollten durch direkte Beobachtung von den erfahrenen Demonstratoren das jeweilige belohnte Symbol erkennen und später am eigenen Lernautomaten ihr Wissen nachahmen. Es ist jedoch nur schwer abzuschätzen, was genau der Beobachter kopiert und welche Informationen er vom Demonstrator lernt (HUBER ET AL. 2009). Die Nachahmung von Verhaltensweisen ist eine sehr komplexe Form des Lernens und lässt sich nur sehr schwer von anderen Formen des sozialen Lernens abgrenzen (MIKLÓSI 1999). Es besteht eine andauernde Diskussion darüber, ob Tiere in der Lage sind, das Verhalten ihrer Artgenossen nachzuahmen (MIKLÓSI 1999). Nachahmung bedeutet dabei, dass der Demonstrator versteht, was der Beobachter macht, aber auch warum er es macht (ZENTALL 2012). BANDURA (1969) beispielsweise unterscheidet zwischen einfacher Nachahmung, bei der das Verhalten in derselben Zeit kopiert wird in der es beobachtet wird und verzögerter Nachahmung, in der die Ausführung des beobachteten Verhaltens zu einer späteren Zeit ausgeführt wird. Die Repräsentation des beobachteten Verhaltens muss also im Gedächtnis behalten werden und wird später ausgeführt, wenn der Demonstrator nicht mehr anwesend ist. Theoretisch wäre jede Nachahmung verzögert, da sie in fast jedem Fall immer nach der Beobachtung auftritt. Aber es gibt eine nützliche Unterscheidung zwischen Verzögerungen, die die Kapazität des Arbeitsspeichers des Gedächtnisses nicht überschreiten (Sekunden) und denen von Minuten und länger (COWAN ET AL. 1997).

Die Gestaltung der Haltungsabteile wurde so gewählt, dass die Lernautomaten der Demonstratoren und der Beobachter nie nebeneinander lagen, sondern sich die Lernautomaten immer an derselben Stelle im Abteil für jede Versuchsgruppe befanden (Abbildung 4.3a). Dadurch sollte vermieden werden, dass beobachtende Ziegen den Lernautomaten für Tiere blockierten, die entweder ebenfalls die Demonstratoren beobachten, oder Aktionen am Lernautomaten ausführen wollten. Allerdings könnte diese Entkopplung von Beobachtung und Agieren am Lernautomaten ungünstig sein. Denn die Voraussetzung für ein erfolgreiches Beobachtungslernen beinhaltet nicht nur die Beobachtung an sich, sondern auch die Erinnerung, was der Demonstrator getan hat und die Umsetzung des Gelernten in die Tat (WEINANDY 2006c). Diese verzögerte Nachahmung (BANDURA 1969) könnte möglicherweise ein Problem für die Ziegen dargestellt haben, sodass es eventuell günstiger gewesen wäre, die Lernautomaten nebeneinander in die Haltungsabteile zu integrieren.

4.4.2 ERGEBNISSE

LERNERFOLG

Der Lernerfolg der Zwergziegen steigerte sich im Laufe der ersten Diskriminationsaufgabe sowohl bei der Analyse über fünf, als auch über 14 Tage in gleicher Weise für alle drei Versuchsgruppen (VG 2 bis VG 4). Ein Unterschied zwischen den Versuchsgruppen konnte nicht festgestellt werden, sodass sich die Möglichkeit der Beobachtung erfahrener Demonstratoren für die Versuchsgruppen 2 (live-Beobachter) und 3 (TV-Beobachter) scheinbar nicht auf den Lernerfolg auswirkte. Allerdings handelte es sich hierbei um die erste Diskriminationsaufgabe bei der den Tieren zum einen vier Auswahlmöglichkeiten und zum anderen visuelle Symbole auf einem Monitor präsentiert wurden. Diese neue Herausforderung musste zunächst generell von den Ziegen bewältigt werden. In der zweiten Diskriminationsaufgabe traten signifikante Unterschiede im Lernerfolg auf. Die Ziegen mit der Möglichkeit der live-Beobachtung über einen Bildschirm (VG 3) zeigten einen höheren Lernerfolg gegenüber den Tieren aus der Gruppe mit der direkten live-Beobachtung durch eine Plexiglasscheibe (VG 2) und aus der Kontrollgruppe (VG 4). Eventuell wirkte sich eine anhaltende Beobachtungsmöglichkeit auf den Lernerfolg aus. Zwischen den Beobachtern durch die Plexiglasscheibe (VG 2) und den Tieren der Kontrollgruppe zeigte sich aber kein Unterschied im Lernerfolg. Entweder befanden sich die von Geburt aus besseren Lerner in Versuchsgruppe 3 (TV-Beobachter) oder die Möglichkeit der live-Beobachtung für Versuchsgruppe 2 war durch beispielsweise eine schlechtere Sicht eingeschränkt. Auch die Art der beiden verschiedenen Diskriminationsaufgaben könnte sich auf den Lernerfolg oder die Beobachtung der Versuchsgruppen 2 und 3 ausgewirkt haben. Während in der ersten Aufgabe nur ein Symbol auf den vier möglichen Positionen auf dem Monitor des Lernautomaten präsentiert wurde, waren es in Aufgabe 2 vier verschiedene Symbole die angeboten wurden. Eventuell kam es vor allem bei der ersten Aufgabe durch den entstandenen Winkel bei der seitlichen Beobachtung zu Schwierigkeiten für die Tiere einzuschätzen, welchen Druckschalter, und somit welches Symbol, die Demonstratoren wählten.

Sowohl die Demonstratoren (VG 1), als auch die Tiere der Kontrollgruppe (VG 4) lernten beide Diskriminationsaufgaben in gleicher Weise ohne weitere Beeinflussung, wie beispielsweise die Möglichkeit zur Beobachtung. Aus diesem Grund wurde vermutet, dass kein Unterschied im Lernerfolg zwischen diesen Gruppen bestand. Obwohl sich in der ersten Aufgabe die Interaktion zwischen der Versuchsgruppe und dem Versuchstag auf den Lernerfolg über 14 Versuchstage auswirkte, konnten an den einzelnen Versuchstagen keine signifikanten Unterschiede im Lernerfolg ausgemacht werden. Generell unterschied sich also der Verlauf der Lernkurven für die beiden Versuchsgruppen, allerdings ließ sich dies nicht in den einzelnen Messpunkten nachweisen. Ähnlich wie in Experiment 1 (Abschnitt 3), in dem sich die beiden gleich behandelten Versuchsgruppen im Lernerfolg unterschieden, kann auch hier keine eindeutige Erklärung für die Unterschiede im Lernerfolge gefunden werden. Möglicherweise handelt es sich um zufällige Effekte, die nicht erklärt werden können. Sowohl bei der Analyse über fünf Tage, als auch generell in der zweiten Diskriminationsaufgabe, traten wie erwartet keine Unterschiede im Lernerfolg zwischen den Demonstratoren und den Tieren der Kontrollgruppe auf.

EINFLUSS DER BEOBACHTUNG

Sozial lebende Tiere können durch die Beobachtung und angemessene Reaktion auf das Verhalten ihrer Artgenossen in der Gruppe profitieren (MARTIN ET AL. 2011). Durch die Verfolgung eines Demonstrators lernt der Beobachter die Beziehung zwischen den ausgeführten motorischen Mustern und dem Auftreten einer Belohnung, sodass der Beobachter die Verhaltensweise später selbst reproduziert, um ebenfalls Zugang zur Belohnung zu bekommen (MIKLÓSI 1999). Zur Untersuchung des sozialen Lernens wird meist ein einfaches Design in künstlicher Umgebung eingesetzt, in der die Tiere relativ einfache motorische Verhaltensweisen von Demonstratoren beobachten können (z. B. BAER ET AL. 1983, NICOL UND POPE 1992). Oft wird das Verhalten der Tiere in sogenannten Doppelkäfigen (engl.: *duplicate cage/chamber procedure*) untersucht (z. B. TURNER 1964, ADLER UND ADLER 1977, SUBOSKI UND BARTASHUNAS 1984, HEYES UND DAWSON 1990). Vor allem bei dem Einsatz solcher Doppelkäfige und den damit vorgegebenen Versuchsbedingungen und Beobachtungszeitpunkten kann zwar gezeigt werden, dass die Tiere durch die alleinige Beobachtung lernen können, allerdings wurde die Relevanz für diese Erkenntnisse für natürliche Situationen noch nicht geklärt, da auch kleine Änderungen an der Standardprozedur zu anderen Ergebnissen führen (NICOL UND POPE 1994b). Bisher erst wenig untersucht wurde soziales Lernen in natürlichen sozialen Umgebungen ohne die Isolierung von Versuchstieren (KENDAL ET AL. 2009). Beispiele finden sich unter anderem beim Waschen von Kartoffeln bei Japanmakaken (KAWAI 1965), beim Öffnen von Milchflaschen bei Meisen (FISHER UND HINDE 1949) oder auch beim Futtersuchverhalten von Gruppen von Hühnerküken in einer angereicherten, großen Testarena (GAJDON ET AL. 2001). In dem vorliegenden Experiment sollte das soziale Lernen ebenfalls in der für die Tiere gewohnten Umgebung stattfinden, ohne dass sich eine individuelle Isolation auf die Ergebnisse auswirken könnte. Das entstandene Versuchsdesign war dabei deutlich komplexer als in vielen anderen Studien. Die Ziegen mussten entweder durch eine Plexiglasscheibe oder über einen Bildschirm schauen, den Monitor der Demonstratoren erkennen, die dort angebotenen Symbole erfassen und genau beobachten, welches Symbol die Demonstratoren wählten, um an die Belohnung zu gelangen. Dieses Wissen musste bis zum eigenen Lernautomaten im Abteil behalten werden, um dort ausgeführt zu werden. Durch den entstandenen Winkel bei der Beobachtung und die Sicht durch eine Scheibe bzw. über einen Bildschirm wurde die Diskrimination nochmals erschwert. Das angebotene Bild war viel komplexer als die Darstellung der Aufgaben auf dem Monitor des eigenen Lernautomaten und die Symbole waren nur ein kleiner Teil davon. Es wurde bereits mehrfach nachgewiesen, dass Zwergziegen visuelle Diskriminationsaufgaben, die über einen Monitor angeboten wurden, erfolgreich bewältigen konnten (z. B. LANGBEIN ET AL. 2006, 2007b, 2008, 2009). Generell können Tiere allerdings gut mit Darstellungen von Videoaufnahmen umgehen (z. B. JITSUMORI ET AL. 1999, PARR 2004, PAXTON ET AL. 2010) oder auch Artgenossen auf Photographien erkennen (z. B. KENDRICK ET AL. 1996, COULON ET AL. 2009). Es wurde daher davon ausgegangen, dass Zwergziegen die Beobachtung erfahrener Demonstratoren durch eine Plexiglasscheibe oder über einen Bildschirm bewältigen können.

Das angebotene Versuchsdesign war sehr komplex, sodass die Ziegen möglicherweise Schwierigkeiten hatten, die Herausforderung zu bewältigen oder nur eine geringe Motivation hatten, sich mit dieser zu beschäftigen. Eventuell beanspruchte das Design die Tiere zu sehr, dass es ihnen nicht möglich war, das beobachtete belohnte Symbol bis zum eigenen Lernautomaten zu behalten und dort ebenfalls zu wählen. In

der ersten Diskriminationsaufgabe waren zudem sowohl der Monitor und die Symbole am Lernautomaten neu, als auch die Möglichkeit zur Beobachtung von erfahrenen Artgenossen. Dieses komplexe Zusammenspiel verschiedener Gründe führte möglicherweise dazu, dass die Ziegen nur eine sehr geringe Anzahl an Beobachtungen der erfahrenen Demonstratoren in beiden Aufgaben zeigten. Da sich in der ersten Diskriminationsaufgabe der Lernerfolg der beiden Gruppen mit Beobachtungsmöglichkeit (VG 2 und VG 3) nicht vom Lernerfolg der Kontrollgruppe (VG 4) unterschied, wird davon ausgegangen, dass sich die Möglichkeit zur Beobachtung in dieser Aufgabe nicht auf den Lernerfolg auswirkte. Eine bessere Lernleistung der Versuchsgruppen mit Möglichkeit zur Beobachtung der Demonstratoren konnte sich eventuell noch nicht herauskristallisieren, da die Tiere erst lernen mussten, die neue Situation zu bewältigen.

In der zweiten Diskriminationsaufgabe hatten die Tiere einen besseren Zugang zu den Symbolen, da sie zuvor schon eine ähnliche Aufgabe gestellt bekamen. Neben einem generell höheren Lernerfolg der VG 3 (TV-Beobachter), zeigten die Tiere dieser Gruppe auch mehr Beobachtungen der Demonstratoren im Gegensatz zu den Ziegen aus VG 2 (live-Beobachter). Da sich dieser Unterschied im Lernerfolg in Aufgabe 1 nicht zeigte, kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Tiere aus VG 3 generell bessere Lerner waren. Der höhere Lernerfolg in Aufgabe 2 ließ sich zudem nicht auf die erhöhte Anzahl an Beobachtungen zurückführen. Die Ziegen der VG 3 schienen aus ungeklärten Gründen ein größeres Interesse an dem Bildschirm zu haben, als die Ziegen aus VG 2 an der direkten live-Beobachtung der erfahrenen Demonstratoren durch eine Plexiglasscheibe. Da bei der Lernleistung der Tiere, die keine Beobachtungen ausführten, die TV-Beobachter (VG 3) trotzdem einen höheren Lernerfolg gegenüber den live-Beobachtern (VG 2) aufwiesen, scheint es sich bei der erhöhten Erfolgsrate der VG 3 in Aufgabe 2 um einen zufälligen Effekt zu handeln. Möglicherweise waren diese Tiere von Geburt aus bessere Lerner, die durch Zufall in eine Gruppe eingeteilt wurden. Dagegen spricht allerdings, dass in Aufgabe 1 noch kein Unterschied im Lernerfolg auftrat.

Studien an Pferden zeigten beispielsweise ebenfalls, dass sich die Möglichkeit zum sozialen Lernen nicht auf die Erfolgsrate der Tiere auswirkte. In einer Untersuchung konnten Beobachter bei der korrekten Beantwortung von Diskriminationsaufgaben den Demonstratoren für fünf Tage vor dem eigentlichen Test zusehen. Dabei musste zwischen einem schwarzen (unbelohnt) und einem weißen Eimer (belohnt) entschieden werden. Die Pferde mit Möglichkeit zur Beobachtung erreichten das Lernkriterium nicht schneller als die Kontrolltiere (BAER ET AL. 1983). In einer ähnlichen Untersuchung beobachteten die Tiere erfahrene Demonstratoren bei der Beantwortung einer zweifach-Diskriminationsaufgabe, bei der sich die Pferde zwischen zwei Eimern mit Futter entscheiden mussten. Mussten die Beobachter schließlich zwischen den beiden Eimern wählen, entschieden sie sich bei der ersten Wahl für den demonstrierten Eimer nicht mehr als die Kontrolltiere (CLARKE ET AL. 1996). Im Gegensatz dazu, erleichterte es adulten Hühnern durch die Beobachtung eines trainierten Demonstrators, eine Diskriminationsaufgabe durch Picken auf Tasten zu erfassen. Sie pickten signifikant häufiger auf eine von zwei farbigen Tasten, die zur Ausgabe einer Belohnung führte, als Kontrolltiere die entweder mit einem untrainierten oder keinem Huhn während der Beobachtungszeit konfrontiert wurden (NICOL UND POPE 1992). Allerdings ist bereits bekannt, dass Hühner bemerkenswerte Fähigkeiten zum sozialen Lernen zeigen und von den korrekten bzw. unkorrekten Erfahrungen ihrer Artgenossen profitieren. Ihre Fähigkeiten von anderen zu lernen, hängen hingegen sowohl

vom Kontext, als auch von der sozialen Identität von Beobachter und Demonstrator ab (NICOL 2006).

Bei der Untersuchung des sozialen Lernens ist es nur schwer zu gewährleisten, dass der erfahrene Demonstrator die Verhaltensweise die beobachtet werden soll, immer in der gleichen Weise ausführt (MIKLÓSI 1999). Allerdings spielt der Erfolg der Demonstratoren eine große Rolle, bei der Tendenz des Beobachters die Verhaltensweise zu kopieren (ZENTALL 2012). Beispielsweise führten Tauben, die Demonstratoren beobachteten während diese ein Papier durchstießen, um an Getreide zu kommen, diese Verhaltensweise ebenfalls aus. Lag allerdings kein Getreide unter dem Papier, so wurde die Verhaltensweise nicht gezeigt (LEFEBVRE UND PALAMETA 1988). Die erfahrenen Zwergziegen aus VG 1 (Demonstratoren) hatten zwar ein konstant hohes Lernniveau und bekamen somit zumeist ihr Trinkwasser als Belohnung ausgegeben. Jedoch erreichen Zwergziegen nie dauerhaft eine Erfolgsrate von einhundert Prozent, sodass es immer wieder zu vereinzelt Fehlern bei den Wahlen am Lernautomaten kommt. Es ist also auch nicht auszuschließen, dass die Tiere aus den VG 2 und 3 auch Wahlen der Demonstratoren beobachteten, bei denen diese das falsche Symbol wählten und keine Belohnung ausgegeben wurde.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit dem durchgeführten Ansatz kein Einfluss der Beobachtung erfahrener Demonstratoren aus Versuchsgruppe 1 auf den Lernerfolg der Gruppen 2 und 3, und somit kein soziales Lernen, nachweisbar war. Bei der weiterführenden Untersuchung des sozialen Lernens bei Zwergziegen mit Hilfe des Lernautomaten sollten verschiedene Aspekte des Versuchsablaufs überarbeitet werden. Zum einen sollte beispielsweise die räumliche Trennung der Beobachtung des Lernautomaten der Demonstratoren und der Diskrimination am eigenen Lernautomaten überdacht werden. Auch könnte ein abgegrenzter Raum für die Beobachtung geschaffen werden, sodass es einfacher zu bewerten wäre, welche Ziege Beobachtungen ausführt. Da es Meinungen gibt, dass mehr als ein Beobachter das soziale Lernen reduzieren kann (LEFEBVRE UND GIRALDEAU 1994), könnte auch das soziale Lernen in der Gruppe überdacht werden.

5. EXPERIMENT 3

AUSWIRKUNGEN STRUKTURELLER UND KOGNITIVER UMWELTANREICHERUNGEN AUF LERNLEISTUNG, VERHALTEN UND PHYSIOLOGIE

5.1 EINLEITUNG

5.1.1 UMWELTANREICHERUNG ALLGEMEIN

In freier Wildbahn treten unzählige unterschiedliche Reize und Herausforderungen auf, die von Tieren erkannt und erfolgreich bewältigt werden müssen. Bei der Futtersuche, dem Erkennen von oder der Flucht vor Prädatoren sowie bei der Reproduktion und Jungtieraufzucht werden von den Tieren vielfältige adaptive Fähigkeiten verlangt. In diesen Situationen spielen sowohl adäquate angeborene Verhaltensstrategien aber auch kognitive Fähigkeiten der Tiere eine entscheidende Rolle, um sich flexibel und erfolgreich mit den Herausforderungen der Umwelt auseinandersetzen zu können und sich anzupassen (TOATES 1998). Unter kognitiven Fähigkeiten werden dabei alle mentalen Prozesse des Gehirns zusammengefasst, die auf der Basis von Lernprozessen auf Wahrnehmung und Erkennung bezogen werden können. In der intensiven Landwirtschaft leben Nutztiere in künstlich geschaffenen Haltungsumwelten, welche zumeist räumlich begrenzt und strukturell einfach gestaltet sind (NEWBERRY 1995, HASKELL ET AL. 1996, AVEROS ET AL. 2010). Diese aus Sicht der Tiere als reizarm einzustufenden Haltungsbedingungen, bieten ihnen nur eingeschränkt die Möglichkeit, artgerechtes Verhalten auszuüben bzw. sich mit der Umwelt auf den unterschiedlichen Ebenen tierischen Verhaltens auseinanderzusetzen, was infolge tierisches Wohlbefinden reduzieren kann (MORGAN UND TROMBORG 2007, AVEROS ET AL. 2010). Eingeschränkte Haltungsbedingungen, andauernde Reizarmut und begrenzte Möglichkeiten mit der Umwelt zu interagieren, verhindern die adäquate Befriedigung ethologischer, psychischer und kognitiver Ansprüche der Tiere (DUNCAN UND PETHERICK 1991). Zudem können sie zu Langeweile und Frustration führen und begünstigen, infolge von damit verbundenem Stress, das Auftreten von Stereotypien und Verhaltensstörungen (BROOM 1991, WEMELSFELDER 1993, REDBO ET AL. 1996, MENDL 1999, TUYTTENS 2005, MASON ET AL. 2007). Es ist allerdings schwierig das Verhalten der Tiere in Gefangenschaft mit dem in der Wildnis zu vergleichen, da letzteres meist nicht dokumentiert ist und stark von den lokalen Umweltbedingungen abhängt (NEWBERRY 1995, SHEPHERDSON 1998).

Bereits 1949 hat Hebb als erster ‚*enriched environments*‘ (dt.: angereicherte Umwelten) als ein experimentelles Konzept vorgeschlagen (HEBB 1949), bevor 1962 schließlich der Begriff ‚*environmental enrichment*‘ (dt.: Umweltanreicherung) geprägt wurde (KRECH ET AL. 1962). Doch obwohl Umweltanreicherung schon lange Untersuchungsobjekt ist, wird es zur Verbesserung der Tierhaltung und des Wohlbefindens für andere Tiere als nichtmenschliche Primaten erst seit Mitte bis Ende der 1990er Jahre umfangreich untersucht (BENEFIEL ET AL. 2005). In der Nutztierhaltung werden seit etwa 20 Jahren verstärkt Ansätze entwickelt, um Haltungsumwelten von Tieren in Gefangenschaft strukturierter und reizvoller zu gestalten. Den Tieren werden beispielsweise Beschäftigungsmöglichkeiten geboten, mit denen sie sich über längere Zeiträume auseinandersetzen können. Darüber hinaus finden, zwar noch deutlich weniger als bei Zootieren, kognitive Herausforderungen in Form von Lernaufgaben Einzug in die Haltung von Nutztieren.

Das Wohlbefinden von Tieren in Gefangenschaft ist nicht nur abhängig von der Abwesenheit von Schmerz, Distress oder Verhaltensanomalien, sondern auch davon, wie Haltungsumwelten die Realisierung physiologischer und ethologischer Bedürfnisse befriedigen oder beeinträchtigen (MARKOWITZ UND LINE 1990). Das Konzept der Umweltanreicherung bezieht sich auf die Erhöhung der biologischen Relevanz von Umwelten in Gefangenschaft durch Modifikationen reizarmer Haltungsbedingungen,

um dadurch die Ausführung arttypischen Verhaltens zu stimulieren und generell eine größere Verhaltensvielfalt zuzulassen (NEWBERRY 1995, VAN DE WEERD UND DAY 2009). Als Umweltsanierungen bezeichnet man dabei sowohl Verbesserungen der physischen, der sozialen und der zeitlichen Komplexität der Haltungsumwelt (CARLSTEAD UND SHEPHERDSON 2000). Obwohl der Term Umweltsanierung in der Literatur weit verbreitet ist, ist seine wissenschaftliche Spezifität eher vage (NEWBERRY 1995, VAN DE WEERD UND DAY 2009). Des Weiteren gibt es sehr große Unterschiede im Ausmaß der Sanierung, da keine standardisierten Vorgaben bestehen (NEWBERRY 1995). Da die Aufzucht und das Haltungssystem erhebliche Auswirkungen auf das Verhalten und die Physiologie domestizierter Tiere haben kann (KRAUSE ET AL. 2006), wird durch Umweltsanierung versucht, die Qualität der Tierhaltung zu erhöhen, um durch die Bereitstellung von Umweltsanierungen das psychologische und physiologische Wohlbefinden zu erhöhen (SHEPHERDSON 1998).

Umweltsanierungen sollen Vorteile für Tiere in Gefangenschaft bieten, allerdings sind sie meist begrenzt durch finanzielle Kosten oder den Zeitaufwand für Planung und Umsetzung, sodass man einen Kompromiss zwischen ökonomischen, ökologischen und Aspekten des tierischen Wohlbefindens finden muss (NEWBERRY 1995, KRAUSE ET AL. 2006, TAROU UND BASHAW 2007). Der Einsatz erfolgreicher Umweltsanierungen sollte folgende Kriterien erfüllen: Zunahme arttypischen Verhaltens, Erhöhung des Gesundheitszustandes, Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Produktionssystems, praktikabel in der Anwendung (VAN DE WEERD UND DAY 2009). Wichtig bei der Bereitstellung von Umweltsanierungen ist es, die artspezifischen Verhaltensanforderungen zu kennen, um die entsprechenden sensorischen und motorischen Fähigkeiten der Tiere anzusprechen, damit sie die Schlüsselkomponenten ihres Verhaltensrepertoires ausdrücken können (VAN DE WEERD ET AL. 2003).

Mit Hilfe angereicherter Haltungsumwelten soll versucht werden, negative Gefühlslagen von Tieren zu reduzieren, wie beispielsweise Angst und Stress bei der Auseinandersetzung mit unbekanntem Objekten (NICOL 1992, PEARCE UND PATERSON 1993), Langeweile und Apathie resultierend aus unstimulierten Umgebungen (WOOD-GUSH UND VESTERGAARD 1989) oder Frustration ein bestimmtes Verhalten trotz Motivation nicht ausüben zu können (DUNCAN 1970). Durch das einhergehende Angebot von Ersatzreizen soll abnormales Verhalten wie etwa Stereotypen oder pathologische Verhaltensstörungen verringert werden (BEATTIE ET AL. 1996, MC ADIE ET AL. 2005, THORNE ET AL. 2005). Angereicherte Haltungen sollen das Wohlbefinden der Tiere erhöhen, indem sie die Ausführung arttypischen Verhaltens stimulieren und generell eine größere Verhaltensvielfalt wie beispielsweise Exploration, Futtersuche, Spielen oder soziale Interaktionen zulassen (CHAMOVE 1989, MENCH 1994, NEWBERRY 1995, VAN DE WEERD UND DAY 2009). Zudem dient die Anwendung von Umweltsanierungen bei Nutztieren dazu, das öffentliche Bild der Tierproduktion zu verbessern, den wirtschaftlichen Ertrag durch Erhöhung der Wachstumsrate sowie die Effizienz des Futterumsatzes zu steigern (GVARYAHU ET AL. 1989, CHURCH ET AL. 1993, CURTIS 1993). Die Methoden der Umweltsanierungen können dabei, absteigend nach ihrer bisherigen Bedeutung in der praktischen Anwendung, in folgende Typen unterschieden werden: strukturell » sensorisch » sozial » futterbezogen » kognitiv (DE AZEVEDO ET AL. 2007).

5.1.2 FORMEN VON UMWELTANREICHERUNG

Sensorische Anreicherungen der Haltungsumwelt (z. B. durch Musik oder Licht) bei Nutztieren werden bereits in verschiedenen Formen eingesetzt. Viele Studien konnten allerdings keine Erhöhung des tierischen Wohlbefindens feststellen (DE AZEVEDO ET AL. 2007). Zudem wird die biologische Relevanz der eingesetzten Stimuli in Frage gestellt (NEWBERRY 1995). Soziale Umweltanreicherungen werden in der Landwirtschaft nicht eingesetzt, da alle Nutztiere sozial lebende Arten sind und dadurch meist in Gruppen gehalten werden. Ebenso wird eine futterbezogene Anreicherung kaum eingesetzt. Zwar ergaben sich bei verschiedenen Untersuchungen positive Effekte infolge von z. B. Veränderungen in der Zusammensetzung und der Struktur des Futters (LIDFORS 1997, THORNE ET AL. 2005), allerdings stehen Praktikabilität und Wirtschaftlichkeit in der Landwirtschaft diesen Effekten entgegen.

5.1.2.1 STRUKTURELLE ANREICHERUNG

Mit Abstand am häufigsten eingesetzt werden einfache Formen der strukturellen Anreicherung, wie beispielsweise die Integration von einfachen Manipulationsobjekten in die Haltungsumwelt (DE AZEVEDO ET AL. 2007, TRICKETT ET AL. 2009), da diese meist schnell und relativ kostengünstig umgesetzt werden können. Oft wird als Quelle für Umweltanreicherungen Spielzeug empfohlen (z. B. CANADIAN COUNCIL ON ANIMAL CARE 1993). Der Begriff „Spielzeug“ steht dabei für die unterschiedlichsten Objekte, wobei einige einen größeren funktionalen Wert für die Tiere haben als andere. Bei der Anreicherung durch strukturelle Elemente sollte die Anzahl und Verteilung der eingebrachten Objekte bedacht werden. Eine limitierte Anzahl oder Erreichbarkeit kann Auseinandersetzungen zwischen den Gruppenmitgliedern hervorrufen und verhindern, dass Rangniedere ebenfalls einen potentiellen Vorteil des Objektes erhalten (HUBRECHT 1993). Zudem sollte beachtet werden, dass nur wenn Tiere ein Objekt untersuchen oder sonstige Veränderungen im Verhalten bei dessen Anwesenheit zeigen, es nicht zwangsläufig heißt, dass sie einen bereichernden Effekt haben (NEWBERRY 1995). Bestrebungen zur Umweltanreicherung bleiben erfolglos, wenn die Veränderungen nur wenig funktionale Signifikanz für die Tiere haben oder wenn die Tiere nicht in der Lage sind, Auseinandersetzung mit sozialen oder physischen Stimuli zu kontrollieren, da es sonst zu einer schnellen Habituation und einer sinkenden Motivation, sich mit dem Stimuli zu beschäftigen, kommen kann (NEWBERRY 1995, PLATT UND NOVAK 1997, WELLS 2004, TAROU UND BASHAW 2007). Habituation wird dabei definiert als Reizverminderung als Ergebnis einer wiederholten Stimulation (HARRIS 1943). Die Literatur über Umweltanreicherungen zeigt deutlich, dass intrinsisch belohntes Verhalten auch gegenüber einfachen Einrichtungen oder Umweltänderungen sehr schnell nach wiederholter Präsentation abnimmt (CELLI ET AL. 2003). Obwohl in der Praxis oft eingesetzt, dient beispielsweise bei Schweinen die Bereitstellung einer Kette nicht dazu, längerfristige Effekte auf das Verhalten zu haben, da die Tiere sehr schnell habituierten und die Ketten schon bald ignorieren (DAY ET AL. 2002). Die Komplexität der Umwelt kann aber etwa durch die Bereitstellung einer höheren Ebene oder vertikaler Trennwände erhöht werden, um die Haltung in verschiedene funktionale Bereiche zu teilen (FRASER ET AL. 1986, SIMONSEN 1990). Auch andere biologisch relevante Besonderheiten können in die Haltung eingebracht werden, wie beispielsweise Sitzstangen oder Bereiche zum Staubbaden für Hühner (NEWBERRY 1993). Solche alternativen Haltungen bieten den Tieren u. a. gesteigerte Möglichkeiten zur Exploration, Klettern, Versteckmöglichkeiten

oder die Wahl eines sozialen Begleiters (RUMBAUGH ET AL. 1989, NEWBERRY 1993, NEWBERRY 1995). Strukturelle Umweltanreicherung führte bei Untersuchungen an Nagetieren zudem zu erhöhten Fähigkeiten des räumlichen Lernens (JURASKA ET AL. 1984, KEMPERMANN ET AL. 1997).

5.1.2.2 KOGNITIVE ANREICHERUNG

Bisher erst wenig untersucht wurden Formen der Umweltanreicherung, die die kognitiven Fähigkeiten von Tieren fordern (DE AZEVEDO ET AL. 2007, MEEHAN UND MENCH 2007). Wildtiere sind in einer sich ständig wandelnden Umwelt mit einer Vielzahl von Situationen konfrontiert, zu deren Bewältigung sie neben angeborenen Verhaltensstrategien auch ihre Lernfähigkeit, von einfacher Habituation über assoziative Lernprozesse bis zu höheren Lernleistungen, einsetzen müssen (SHETTLEWORTH 2001). Die Integration von adäquaten kognitiven Herausforderungen in den Haltungsalltag bedeutet für Tiere in Gefangenschaft wiederholte Momente der Neuheit und Unvorhersehbarkeit, ermöglicht es ihnen aktiv auf ihre Umwelt einzuwirken und infolge des eigenen Verhaltens eine positive Resonanz zu erfahren und schließlich, nach erfolgreicher Bewältigung, zunehmend Kontrolle über die Umwelt zu erlangen (MARKOWITZ ET AL. 2005, BASSETT UND BUCHANAN-SMITH 2007). Dies wurde als eine wesentliche Komponente für das Wohlbefinden von Tieren in menschlicher Obhut erkannt und kann bei dauerhafter Abwesenheit negative Folgen für die Tiere haben (CARLSTEAD UND SHEPHERDSON 2000, MEEHAN UND MENCH 2007). Die Erfahrung der erfolgreichen Bewältigung einer gelernten Aufgabe, die mit der Ausgabe einer Belohnung verbunden ist sowie die dadurch erhöhte Kontrolle und Vorhersagbarkeit der Umwelt, werden als wiederholte Auslöser von positiven Emotionen bei Tieren angesehen und sollten langfristig zu einem verbesserten Wohlbefinden beitragen (DANTZER 2002, BOISSY ET AL. 2007, PUPPE ET AL. 2007, MANTEUFFEL ET AL. 2009b). Bis jetzt gibt es erst wenige konkrete Untersuchungen, die sich mit dem Einsatz von automatisierten, artgerechten kognitiven Aufgaben zur Umweltanreicherung beschäftigen (SWAISGOOD ET AL. 2001, BARBER UND KUCHAR 2005, ERNST ET AL. 2005, ZEBUNKE ET AL. 2011). MILGRAM (2003) hat in diesem Zusammenhang in einer Arbeit zur kognitiven Plastizität bei Hunden den Begriff des ‚*cognitive enrichment*‘ (dt.: kognitive Umweltanreicherung) geprägt. Die dabei in die Haltungsumwelt integrierten kognitiven Herausforderungen (Lernaufgaben), erlauben es den Tieren Momente der Bewältigung sowie der Kontrolle über ihre Umwelt zu erfahren, was sich langfristig auf ihr Wohlbefinden auswirken kann (SAMBROOK UND BUCHANAN-SMITH 1997).

Gemäß dem Allostase-Konzept von KORTE ET AL. (2007), kann eine anhaltende Hypostimulation auf Grund von Reizarmut, als auch eine Hyperstimulation infolge zu hoher Anforderungen, negative Auswirkungen auf das tierische Wohlbefinden haben. Dies schließt nach neueren Konzepten zum Wohlbefinden auch kognitive Herausforderungen mit ein (DANTZER 2002). Zudem steht moderater Stress in Zusammenhang mit einer verbesserten Lernleistung (MENDL 1999). Durch die Beschäftigung mit adäquaten Formen der kognitiven Umweltanreicherung und durch positive emotionale Erfahrungen infolge ihrer erfolgreicher Bewältigung kann das tierische Wohlbefinden auf eine optimale Ebene angehoben werden (SPRUIJT ET AL. 2001). Allerdings müssen die gestellten Aufgaben speziell an die sensorischen, motorischen und kognitiven Fähigkeiten der jeweiligen Tierart angepasst sein, um dadurch sowohl schnelle Über- als auch Unterforderung zu verhindern (WEMELSFELDER 2005, MEEHAN UND MENCH

2007, MANTEUFFEL ET AL. 2009a). Die angebotenen Aufgaben sollten darüber hinaus so zu modifizieren sein, dass sie für die Tiere auch über einen längeren Zeitraum hinaus eine Herausforderung darstellen und sich nicht schon nach kurzer Zeit ein weitgehend automatisiertes Verhaltensmuster einstellt (TOATES 1998). Beim Einsatz essenzieller Ressourcen wie Futter oder Wasser als Belohnung im Kontext von Lernaufgaben, muss schließlich durch ein „offenes Design“ gewährleistet werden, dass auch Tiere, die die Lernaufgabe nur langsam oder nicht lernen, trotzdem die entsprechenden Ressourcen erhalten, wenn auch mit höherem physischen Aufwand. Bisher wurden erst sehr wenige kognitive Aufgaben entwickelt. In der Zootierhaltung werden solche Ansätze jedoch schon häufiger und länger angewendet. Aber besonders im Bereich der Nutztiere besteht noch ein hoher Bedarf an Untersuchungen (PUPPE ET AL. 2007). In neuerer Zeit wurden weitgehende Arbeiten zum generellen kognitiven Leistungsvermögen verschiedener Nutztierarten veröffentlicht (z. B. HAGEN UND BROOM 2003, DÉsirÉ ET AL. 2006, COULON ET AL. 2007, KRUEGER UND FLAUGER 2007, LANGBEIN ET AL. 2007b, MURPHY UND ARKINS 2007, PUPPE ET AL. 2007, WECHSLER UND LEA 2007, LANGBEIN ET AL. 2008, HANGGI UND INGERSOLL 2009, KOUWENBERG ET AL. 2009). Damit sind die grundlegenden Voraussetzungen für die Konzeption und den zukünftigen Einsatz von Formen der kognitiven Umweltanreicherung in der Nutztierhaltung vorhanden. Es bleibt aber zu berücksichtigen, dass bei Nutztieren eine Reihe von spezifischen Voraussetzungen zu erfüllen ist. Die Lernaufgaben müssen in die normale Haltungsumwelt der Tiere integriert werden und soweit automatisiert sein, dass sie selbständig und ohne Einflussnahme des Menschen erlernbar sind. Dies kann man z. B. durch die Anwendung eines sogenannten ‚*closed-economy approach*‘ (dt.: Ansatz einer geschlossenen Ökonomie; HURSH 1980) erreichen, wobei die Tiere uneingeschränkten Zugang zu den Lernapparaturen haben und eine unbegrenzte Anzahl an Wahlen durchführen können.

5.1.3 ZIELSETZUNG

Neben der schon viel untersuchten strukturellen Umweltanreicherung sind kognitive Herausforderungen im Haltungsalltag bisher wenig erforscht. Aus diesem Grund bestand das Ziel der Studie darin, die Auswirkungen von struktureller und kognitiver Umweltanreicherung auf die Lernleistung, das räumliche Lernen sowie auf das Verhalten und die physiologische Stressreaktion in einer externen Belastungssituation von Zwergziegen zu untersuchen. Zur strukturellen Anreicherung wurden Einstreu und verschiedene Beschäftigungselemente eingesetzt. Die kognitive Anreicherung erfolgte über visuelle Diskriminationsaufgaben, die über einen Lernautomaten angeboten wurden. Die räumliche Lernleistung wurde in einem Y-Labyrinth untersucht. Verhaltensänderungen und physiologische Parameter wurden mit einem wiederholt durchgeführten ‚*open field/novel object*‘ Test überprüft.

5.2 MATERIAL UND METHODEN

5.2.1 ANLERNEN

Die Ziegenlämmer für diesen Versuchsabschnitt wurden im August 2009 geboren. Nach dem Absetzen von der Mutter wurden 34 weibliche Lämmer auf vier Anlernabteile verteilt (2×2 Design, siehe Tabelle 5.1). Zwei Versuchsgruppen (Gruppen 1 und 2) wurden an den Lernautomaten angeleitet und lernten schrittweise die Schalter zu betätigen (Abschnitt 2.3). Den anderen beiden Gruppen (Gruppe 3 und 4) stand eine normale Tränke zur Deckung ihres täglichen Wasserbedarfs zur Verfügung. Jeweils eine dieser Gruppen (Gruppe 1 bzw. 3) wurde nach dem Absetzen unter strukturell angereicherten Haltungsbedingungen untergebracht. Neben viel Einstreu und einer frei schwingenden Futterrampel stand den Tieren eine zweistöckige Kletterpyramide zur Verfügung. Die beiden anderen Versuchsgruppen (Gruppe 2 bzw. 4) wurden in Anlernabteilen unter reizarmen Haltungsbedingungen eingestallt. Neben nur wenig Einstreu waren die Abteile weder mit einer Pyramide noch einer Futterrampel ausgestattet. Die Versorgung mit Futter erfolgte über eine an der Abteilmwand montierten Raufe.

Tabelle 5.1: Versuchsübersicht. In einem 2×2 Design wurden vier Versuchsgruppen unter unterschiedlichen Bedingungen gehalten. Strukturelle Anreicherung erfolgte über Beschäftigungselemente, kognitive Anreicherung über den Lernautomaten.

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Anzahl Tiere	8	9	9	8
Wasser über	Lernautomat	Lernautomat	Tränke	Tränke
Haltung	angereichert	reizarm	angereichert	reizarm

Nach Abschluss der Anlernphase für die Gruppen 1 und 2 wurden alle Zwergziegen in Versuchsabteile umgestallt. Die Haltungsbedingungen entsprachen denen der Anlernphase, also strukturell angereicherte Haltungsabteile für die Gruppen 1 und 3 sowie reizarme Bedingungen für die Gruppen 2 und 4. Den Gruppen 3 und 4 stand zur Deckung ihres täglichen Wasserbedarfs weiterhin eine normale Tränke zur Verfügung. In den Haltungsabteilen der beiden kognitiv angereicherten Gruppen 1 und 2 befand sich nun jeweils statt dem Automaten zum Anlernen ein Lernautomat wie in Abschnitt 2.2 beschrieben.

5.2.2 TRAINING

Die Versuchstiere der Gruppen 1 und 2 wurden mit drei verschiedenen Aufgaben am Lernautomaten konfrontiert, wobei jede Aufgabe über 14 Tage angeboten wurde. Diese visuellen vierfach-Diskriminationsaufgaben setzten sich aus einem belohnten (S^+) und drei unbelohnten Symbolen (S^-) zusammen (Abbildung 5.1). Während des gesamten

Versuchs wurden die Haltungsbedingungen der beiden anderen Gruppen nicht kognitiv angereichert und die Ziegen bekamen ihr Trinkwasser stets über eine normale Tränke.

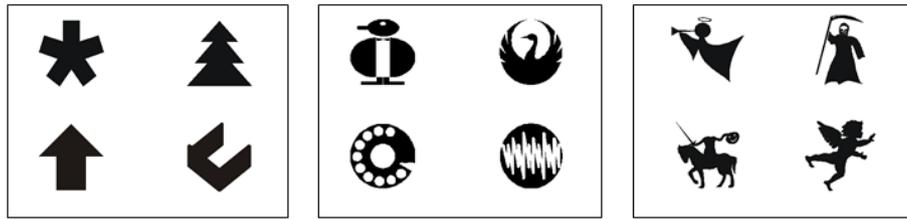


Abbildung 5.1: Verwendete visuelle vierfach-Diskriminationsaufgaben die nacheinander über je 14 Tage den Gruppen 1 und 2 aus kognitiv angereicherten Haltungsbedingungen angeboten wurden. Das belohnte Symbol (S⁺) befindet sich in dieser Abbildung jeweils in der oberen linken Ecke jeder Aufgabe. Nach jeder Aktion am Lernautomat wechseln die Symbole ihre Position auf dem Monitor.

5.2.3 VERHALTENSTEST

Mit den Versuchstieren aller vier Gruppen wurden an vier Zeitpunkten Verhaltenstests durchgeführt (Abbildung 5.2). Am Ende der Anlernphase, als die Gruppen 1 und 2 bereits mehrere Wochen mit einer kognitiven Umweltanreicherung konfrontiert waren, fand dieser zum ersten Mal statt. Es handelte sich um eine Kombination aus einem je 5-minütigen ‚*open-field*‘ (dt.: offener Bereich) und ‚*novel-object*‘ (dt.: neuer Gegenstand) Test. Bereits im Jahre 1936 wurde der ‚*open-field*‘ bzw. ‚*novel arena*‘ Test (dt.: neue Arena) zuerst beschrieben (HALL 1936) und zunächst hauptsächlich bei Nagetieren im Labor eingesetzt. Dabei wird ein einzelnes Tier in eine neue große Umgebung gebracht und anhand der Menge an Defäkation und Aktivität Aussagen zur Reaktion auf Neuheit getroffen (FORKMAN ET AL. 2007). Solch ein ‚*novel arena*‘ Test kann für Ziegen als guter Test betrachtet werden, um Angst zu untersuchen, wobei der Test aber ebenfalls eine Komponente der sozialen Isolation enthält. Soziale Isolation bedeutet dabei wahrscheinlich eine der stressigsten Gegebenheiten für alle sozial lebenden Tiere, die einzeln getestet werden, um Angst zu messen (FORKMAN ET AL. 2007). Im vorliegenden Experiment wurde der kombinierte Verhaltenstest alle 14 Tage wiederholt, jeweils zum Ende einer jeden Diskriminationsaufgabe.

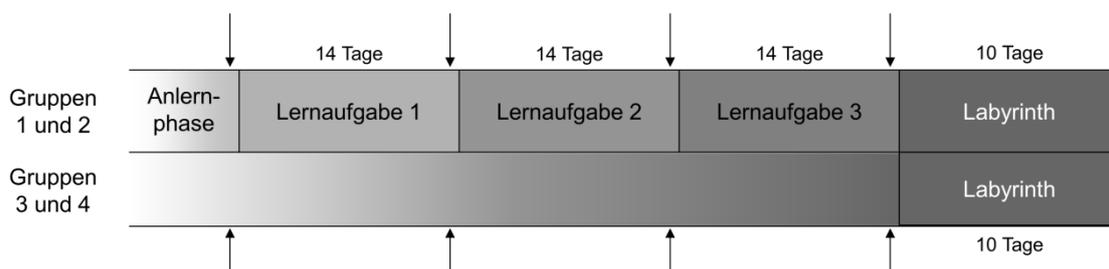


Abbildung 5.2: Schematische Darstellung des Versuchsablaufs. Nach der Anlernphase wurden die am Lernautomaten angelesnten Gruppen 1 und 2 nacheinander mit drei Aufgaben (vierfach-Diskrimination, je 14 Tage) konfrontiert. Die Haltungsbedingungen der Gruppen 3 und 4 wurden während dieser Zeit nicht kognitiv angereichert und die Ziegen bezogen ihr Trinkwasser über eine normale Tränke. In Anschluss an die Lernaufgaben wurde die räumliche Lernleistung aller Ziegen zehn Tage lang in einem Labyrinth (*Y-maze*) getestet. Die Pfeile geben den Zeitpunkt der Verhaltenstests (Kombination aus ‚*open-field*‘ und ‚*novel-object*‘, einschließlich Herzfrequenz- und Herzfrequenzvariabilitäts-Messung sowie Speichelabnahme zur Cortisolbestimmung) an.

Für jeden Test wurden die 34 Versuchstiere auf drei aufeinander folgende Testtage verteilt, sodass an jedem Testtag zwei bzw. drei Ziegen jeder Gruppe getestet wurden. Die Reihenfolge sowohl der Gruppen, als auch der Tiere innerhalb der Gruppen wurde in den verschiedenen Tests gewechselt.

Die Ziegen wurden einzeln in einem geschlossenen Transportwagen von ihrem Haltungsabteil zur Testarena transportiert. Dort kamen sie zunächst für 20 Sekunden in eine abgedunkelte Startbox ($1 \times 1 \times 1$ m, Abbildung 5.3a), um einen einheitlichen standardisierten Versuchsbeginn für alle Tiere zu gewährleisten. Nach Ablauf dieser Zeit wurde die Tür zur Arena über eine Seilzugkonstruktion geöffnet. Verließ die Ziege die Startbox nach 30 Sekunden nicht freiwillig, wurde es vorsichtig in die Arena geschoben. Die Tür zur Startbox wurde nach dem Betreten des Tieres der Testarena sofort geschlossen. Die Arena ($3 \times 4,5 \times 2$ m; Breite \times Länge \times Höhe, Abbildung 5.3b) war optisch durch Striche auf dem Boden in 3×4 Segmente eingeteilt. Für fünf Minuten verblieb das Versuchstier in der Testarena. Anschließend wurde ein den Ziegen unbekanntes Objekt von der Decke gelassen und den Tieren für fünf Minuten präsentiert. In den wiederholten Verhaltenstests wurde jeweils ein anderes Objekt verwendet (Verkehrskegel, Spülkasten, kleine Heuraufe, bunter Pappkarton). Nach Beendigung des Versuches wurde die Tür zur Startbox geöffnet, in welche die Zwergziege entweder freiwillig zurück ging oder getrieben wurde. Anschließend wurde das Tier mit Hilfe des Transportwagens zurück in seine Gruppe befördert. Der Verhaltenstest wurde über eine Kamera an der Decke für die spätere Auswertung aufgezeichnet. Ein Mikrofon über der Arena gewährleistete zudem eine akustische Aufnahme des Tests.

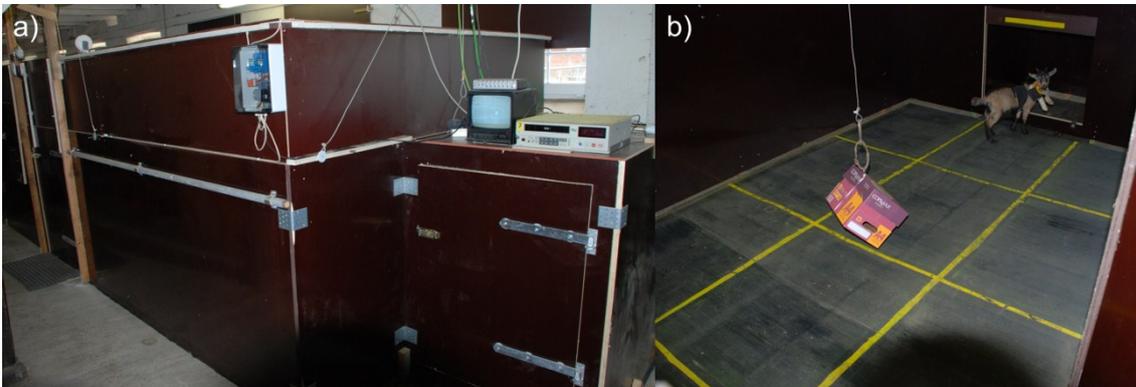


Abbildung 5.3: Testarena. a) Arena von außen mit angrenzender abgedunkelter Startbox. b) Arena mit den eingezeichneten 12 Segmenten. Für den ‚novel-object‘ Test wurde ein unbekanntes Objekt von der Decke in die Mitte der Arena herabgelassen.

Mittels der folgenden Parameter sollte der Stress in externen Belastungssituationen in Abhängigkeit von den Haltungsbedingungen untersucht werden.

SPEICHEL CORTISOL

Neben Cortison und Corticosteron gehört auch Cortisol den Glucocorticoiden an. Es wird in der Nebennierenrinde produziert und kann als klassisches Distresshormon als Indikator für das Ausmaß der Erregung eines Tieres angesehen werden (KORTE ET AL.

2007). Zudem beeinflussen Corticosteroide, zu denen auch die Glucocorticoide gehören, nicht nur die Verhaltensantwort bei Neuheiten, sondern auch das Lernen und Gedächtnis (DE JONG ET AL. 2000). Um Aussagen über die Cortisolwerte der Ziegen treffen zu können, wurde bei jedem Verhaltenstest der Speichel aller Tiere untersucht (Abbildung 5.2). Für die Basalwerte wurde von den Ziegen mindestens 30 Minuten vor dem Verhaltenstest mit Hilfe von zwei Wattestäbchen Speichel gesammelt. Diese wurden den Ziegen vorsichtig in die Bocktaschen geschoben und für ca. zwei Minuten leicht bewegt, um möglichst viel Speichel zu erhalten. Direkt nach dem Test wurde auf dieselbe Weise Speichel für den Vergleichswert entnommen. Die Proben wurden abzentrifugiert und eingefroren, bis die Cortisolwerte mit Hilfe eines Enzymimmunoassays (ELISA, engl.: *enzyme linked immunosorbent assay*) bestimmt wurden (Abschnitt 5.2.5).

HERZFREQUENZ, HERZFREQUENZVARIABILITÄT

Um Auswirkungen der externen Belastungssituation auf die Herzfrequenz (HR, engl.: *heart rate*) und die Herzfrequenzvariabilität (HRV, engl.: *heart rate variability*) zu untersuchen, wurde den Versuchstieren direkt nach der Speichelentnahme für die Basalwerte ein elastischer Herzfrequenzmessgurt der Firma POLAR® (Polar S810i, Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) angelegt. Neben dem Messgurt, in dem zwei Elektroden integriert waren, besteht das System zur Aufzeichnung der Herzschlagaktivität aus einer Sendeeinheit und einem Daten speichernden Empfänger. Die Daten werden vom Sender zum Empfänger über Funk übertragen. Das System zeichnete die Abstände zwischen einzelnen Herzschlägen (IBI, engl.: *inter beat interval*, in Millisekunden) auf und speicherte diese fortlaufend in Form eines Tachogramms. Aus diesen Daten ließen sich anschließend die HR und die Parameter der HRV berechnen. Zur besseren Datenübertragung wurde den Tieren bereits einige Tage vor jedem Test ein ca. zehn Zentimeter breiter Streifen Fell an der linken Körperseite hinter dem Vorderlauf, von der Wirbelsäule bis zur Bauchmitte mit einem elektrischen Rasierer abgeschoren. Zusätzlich wurde für eine bessere Leitfähigkeit auf die Haut ein Elektroden-gel (Ultraschallgel, Heiland Schweiz AG, Lyssach bei Burgdorf, Schweiz) aufgetragen, bevor der Messgurt eng am Körper angelegt wurde. Die beiden Elektrodenflächen befanden sich dabei direkt hinter dem linken Vorderlauf zum einen auf der Bauchseite und zum anderen auf dem Brustkorb (Abbildung 5.4). Für eine ungestörte Übertragung durfte sich der Empfänger zur Speicherung der Daten maximal im Umkreis von einem Meter Entfernung vom Sender befinden. Aus diesem Grund wurde der Datenempfänger in der Tasche eines Gurtes verstaut, welchen die Tiere während der Messung am Hals umgelegt bekamen. Für die Basismessung diente die Zeit zwischen dem Anlegen der Gurte und dem Transport zum Verhaltenstest, in der sie ohne weitere Störung in ihren Abteilen verblieben. Die Versuchsabteile wurden in dieser Zeitspanne (pro Tier 30 bis 100 Minuten) per Videokamera aufgenommen, um die Aktivität der Versuchstiere auszuwerten. Es wurden nur die Zeitabschnitte der HRV-Messungen verwendet, in denen die Tiere eine ruhige Aktivität (stehen, langsames Gehen) zeigten. Im anschließenden Verhaltenstest sollten mit Hilfe des Messsystems Aussagen über die Erregung der Tiere in Belastungssituationen getroffen werden. Um Messausfällen zu identifizieren, wurde bevor die Tiere in die Startbox der Testarena kamen, überprüft, ob die Datenübertragung zwischen Sender und Empfänger noch gewährleistet war. Andernfalls wurde die Übertragung für die Messung erneut gestartet. Trotz dieser Maßnahme kam es zu

vielen Messausfällen während des Verhaltenstests. Aus diesem Grund wurden nur die Werte der Basismessung vor dem Test analysiert. Somit sollten generelle Aussagen zu eventuellen Unterschieden in der Herzaktivität auf Grund der verschiedenen Umweltanreicherungen im Haltungsteil getroffen werden.



Abbildung 5.4: Zwergziege mit angelegtem Gurt zur Herzfrequenzmessung. Die Position der beiden Elektrodenflächen ist mit Pfeilen markiert. Der Empfänger zur Speicherung der Daten wurde durch eine Tasche am Halsband geschützt.

5.2.4 RÄUMLICHES LERNEN IM LABYRINTH

Im Anschluss an die dritte Lernaufgabe und nach dem letzten Verhaltenstest (Abbildung 5.2) wurde das räumliche Lernvermögen der Zwergziegen aller Versuchsgruppen in einem Y-Labyrinth (Abbildung 5.5) untersucht. Nach zwei Tagen, die zur Gewöhnung der Tiere an das Labyrinth dienten, folgten zehn Versuchstage, an denen jeweils ein Durchgang am Vormittag und am Nachmittag durchgeführt wurde. Während dieser Zeit wurde den Ziegen aus den Gruppen 1 und 2 weiterhin die dritte Diskriminationsaufgabe am Lernautomaten angeboten, jedoch nicht weiter ausgewertet.

Pro Versuchsgruppe wurden die Tiere gleichmäßig so aufgeteilt, dass die Hälfte der Gruppe lernen sollte, das Labyrinth ausschließlich durch den linken und die andere Hälfte ausschließlich durch den rechten Arm zu verlassen. Zunächst wurden die Tiere über zwei Tage mit Hilfe vordefinierter Durchgänge an den Versuchsaufbau gewöhnt. Pro Tag wurden zwei Durchgänge durchgeführt, einer am Vormittag, einer am Nachmittag. Für jeden Durchgang wurde die gesamte Versuchsgruppe in einem Wartebereich hinter dem Labyrinth eingestallt. Die Ziegen wurden dann einzeln über einen Treibgang neben dem Labyrinth zu einer Startbox geführt (Abbildung 5.5-1). Im ersten Durchgang der Gewöhnung waren bei der Hälfte der Tiere die Türen des rechten Gangs geschlossen (Abbildung 5.5-4,5), sodass sie das Labyrinth nur durch den linken Arm verlassen konnten, bei der anderen Hälfte der Ziegen verhielt es sich genau entgegengesetzt. Im zweiten Durchgang war der jeweils andere Arm des Labyrinths für die Ziegen geöffnet, sodass jedes Tier an beiden Tagen das Labyrinth jeweils einmal durch den linken und einmal durch den rechten Arm verlassen musste. Tiere, die im eigentlichen Versuch lernen sollten das Labyrinth durch den rechten Arm zu verlassen, durchliefen das Labyrinth im letzten Gewöhnungsdurchgang durch den linken Arm, und andersherum.

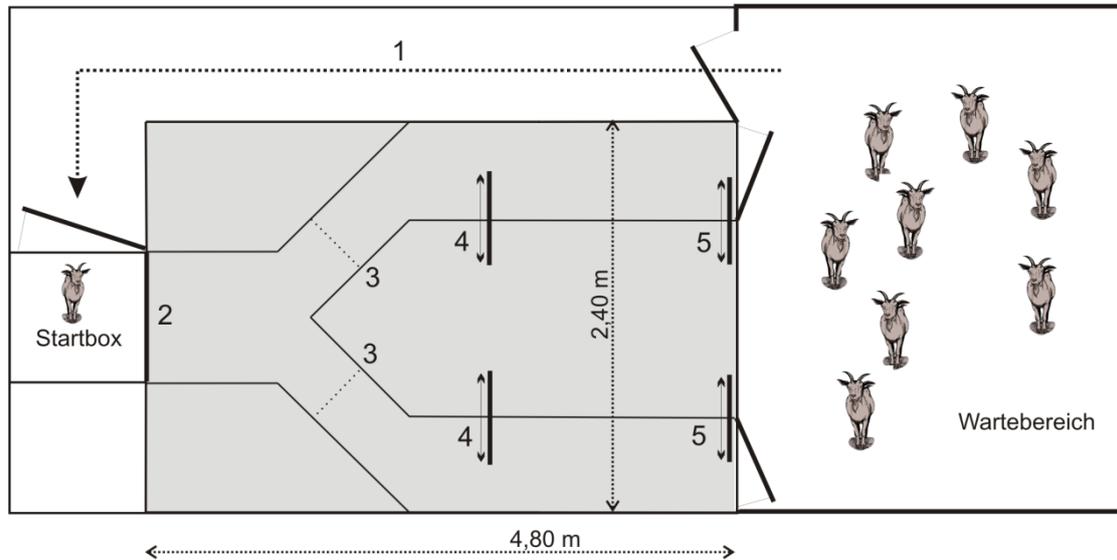


Abbildung 5.5: Schematische Darstellung des Y-Labyrinths zur Testung der räumlichen Lernleistung der Zwergziegen. Die Wände bestanden aus 1,8 m hohen Sperrholzplatten, die Gänge des Labyrinths waren 70 cm breit. 1: Treibgang vom Wartebereich zur blickdichten Startbox. 2: Schiebetür, von außen manuell zu bedienen. 3: Lichtschranken. 4: Türen zum Verschließen der Arme. 5: Türen die den Weg zu den Gruppenmitgliedern versperren.

Für die eigentlichen Trainingsläufe wurde ebenfalls jeweils eine Versuchsgruppe in den Wartebereich des Labyrinths eingestellt. Die Ziegen dieser Gruppe wurden dann einzeln nacheinander über den Treibgang in die Startbox gebracht, in der sie für 20 Sekunden verblieben, bis die Tür zum Labyrinth manuell über einen Seilzug geöffnet wurde (Abbildung 5.5-2). Verließ ein Tier die Startbox nicht freiwillig, wurde es nach 30 Sekunden vorsichtig herausgeschoben und die Tür zur Startbox sofort wieder geschlossen. Die Zwergziege hatte nun eine Minute Zeit, sich für einen Arm des Labyrinths zu entscheiden. Wurde keine Seite gewählt, verschlossen die vorderen Türen die Arme des Labyrinths (Abbildung 5.5-4), die Ziege wurde für 30 Sekunden in die Startbox getrieben und kam anschließend über den Treibgang zurück zur Gruppe. Entschloss sich das Versuchstier für einen Arm des Labyrinths, wurde dies über eine Lichtschranke (Abbildung 5.5-3) identifiziert. Automatisch schloss sich die vordere Tür des entgegengesetzten Arms (Abbildung 5.5-4). Wurde der Arm gewählt, der für die Ziege als richtig definiert wurde, konnte sie am Ende des Arms bereits die Artgenossen erkennen. Der Ausgang war mit einer durchsichtigen Tür verschlossen, die sich allerdings erst öffnete, sobald sich das Tier dem Ausgang näherte. Die Tür diente der Absperrung, damit die anderen Gruppenmitglieder das Labyrinth nicht von dort betreten konnten. Wählte die Ziege den falschen Arm, schloss sich auch hier die vordere Tür des anderen, richtigen Arms. Im falschen Arm war der Ausgang zur Gruppe stets mit einer undurchsichtigen Tür verschlossen (Abbildung 5.5-5). Trat die Ziege zurück in den Startbereich, schloss sich auch die vordere Tür des zuerst betretenen Arms. Nach einer Minute wurde das Tier ebenfalls für 30 Sekunden in die Startbox und anschließend zurück in den Wartebereich getrieben. Während der Läufe hatten die Ziegen olfaktorischen und akustischen, aber keinen visuellen Kontakt zu ihren Artgenossen.

5.2.5 DATENANALYSE UND STATISTISCHE AUSWERTUNG

LERNERFOLG

Der tägliche Lernerfolg in den drei Diskriminationsaufgaben wurde als prozentualer Anteil an Richtigwahlen pro Tag berechnet. Das definierte Lernkriterium lag bei 46 % Richtigwahl (siehe Abschnitt 2.4). Mit Hilfe einer ‚repeated measurement‘ ANOVA innerhalb eines gemischten linearen Modells (Prozedur MIXED in SAS®) wurde, getrennt für jede Lernaufgabe, der Einfluss des Versuchstages und der strukturellen Anreicherung auf den Lernerfolg analysiert. Das Modell beinhaltete die ‚strukturelle Anreicherung‘ (ja/nein) und den ‚Versuchstag‘ als sich wiederholende Faktoren.

VERHALTEN

Die Aufnahme der Verhaltensparameter im ‚open-field/novel-object‘ Test (Tabelle 5.2) erfolgte mittels des Programms *The Observer 7.0* (Noldus Information Technology, Wageningen, Niederlande). Bei der statistischen Auswertung wurde die komplette zehnminütige Testdauer des ‚open-field‘ und ‚novel-object‘ Test als Ganzes betrachtet. Ausnahmen bildeten die Verhaltensweisen das unbekannte Objekt betreffend. Für diese wurden ausschließlich die fünf Minuten des ‚novel-object‘ Tests ausgewertet.

Tabelle 5.2: Ethogramm. Beobachtete Verhaltensweisen im ‚open-field/novel-object‘ Test. L = Latenz, H = Häufigkeit, D = Dauer.

Verhaltensweise	Definition
Aktiv (D)	Aktive Fortbewegung
Inaktiv (D)	Stehen am Platz auf mindestens drei Gliedmaßen, die Bewegung einzelner Gliedmaßen ist möglich
Aufrichten (H)	Die vorderen Gliedmaßen werden in einiger Höhe an die Wand der Testarena gestellt
Überlaufen von Segmenten (H)	Bei aktiver Fortbewegung wird Segment mit mindestens drei Gliedmaßen betreten
Aufenthalt in Ecksegmenten (D)	Aufenthalt mit mindestens drei Gliedmaßen in den vier Ecksegmenten der Arena
Verlassen Startbox (L)	Alle vier Gliedmaßen berühren den Arenaboden
Objektkontakt (L, H, D)	Aktive Erkundung des unbekanntes Objektes mit dem Maul
Tiere mit Kontakt (H)	Anzahl Tiere pro Gruppe die Kontakt mit dem unbekanntem Objekt hatten
Vokalisation (H)	Aktive Lautäußerung mit offenem oder geschlossenem Maul
Exkretion (H)	Absetzen von Kot und/oder Urin

Um den Einfluss der verschiedenen Haltungsbedingungen auf die Verhaltensparameter zu untersuchen, wurde jeweils ein gemischtes lineares Modell (Prozedur MIXED in SAS[®]) mit den sich wiederholenden Faktoren ‚Testnummer‘, ‚strukturelle‘ (ja/nein) und ‚kognitive Anreicherung‘ (ja/nein) verwendet. Es wurden nur 2-fach Interaktionen berechnet. Bei der Verhaltensweise „Tiere mit Kontakt zum Objekt“ (ja/nein) wurde der Einfluss von der Faktoren ‚Testnummer‘ und ‚Anreicherung‘ (strukturell/kognitiv) mit einem generalisierten gemischten linearen Modell (Prozedur GLIMMIX in SAS[®]) analysiert. Generell wurden im Ergebnisteil nur die jeweils signifikanten Ergebnisse präsentiert und graphisch dargestellt. Effekte des wiederholt durchgeführten Verhaltens-tests wurden im Ergebnisteil graphisch nicht dargestellt, sondern nur im Text vermerkt.

SPEICHEL CORTISOL

Die Analyse der Cortisolkonzentration im Speichel erfolgte in Doppelbestimmung unter Verwendung eines kommerziellen Cortisol ELISA Kits (Neogen Corporation, Lexington, Kentucky, USA) nach den Angaben des Herstellers. Die Kreuzreaktivität des spezifischen Kanichen-Cortisol-Antikörpers gegenüber Prednisolon, Cortison und Prednison wird mit 47,4 %, 15,7 % bzw. 7,8 % sowie gegenüber allen anderen Steroiden mit < 5 % angegeben. Die Sensitivität lag bei 0,06 ng/ml, die Intra- und Interassay-Variationskoeffizienten betragen 4,8 % bzw. 6,6 %. Der Assay wurde für die Anwendung im Speichel validiert.

Zur Auswertung der Cortisolkonzentration wurde die Prozedur MIXED (SAS[®]) angewendet. Der Einfluss der sich wiederholenden Faktoren ‚Testnummer‘, ‚strukturelle‘ (ja/nein) und ‚kognitive Anreicherung‘ (ja/nein) sowie ‚Zeitpunkt‘ (vor/nach dem Test) wurde untersucht. Es wurden nur zwei- und dreifach-Interaktionen betrachtet.

HERZFREQUENZ, HERZFREQUENZVARIABILITÄT

Mit Hilfe eines ‚Interfaces‘ von POLAR[®] konnten die Datenreihen der Abstände zwischen den Herzschlägen vom Empfänger des Messsystems auf den Computer übertragen werden. Durch die Videobeobachtung während der Basismessung im Haltungsabteil wurden die Zeitabschnitte erfasst, in denen die Tiere eine ruhige Aktivität (stehen, langsames Gehen) zeigten. Es wurden nur Messabschnitte während dieser Zeitspannen ausgewertet. Die HR wurde als mittlere Anzahl an Schlägen pro Minute berechnet ($1/IBI \times 60.000$). Zusätzlich wurden Parameter der Zeitbereichsanalyse der HRV betrachtet, welche sich mit Hilfe statistischer Methoden aus dem Tachogramm berechnen lassen (KLEIGER ET AL. 1992). Neben dem RMSSD-Wert (*root mean square of successive differences*, dt.: Wurzel des Mittelwerts der quadrierten Differenzen aufeinander folgender Herzschläge), der die kurzfristigen Schwankungen der Abstände zwischen den Herzschlägen erfasst (DESPRÉS ET AL. 2002), und dem SDNN-Wert (*standard deviation of normal-to-normal*, dt.: Standardabweichung der Herzschläge), der sowohl kurz- und langfristige Schwankungen erfasst (BOISSY ET AL. 2007), wurde auch der Quotient von RMSSD/SDNN berechnet (Tabelle 5.3). Die Fehlerkorrektur der erhaltenen Messkurven erfolgte anhand der mitgelieferten Software (Polar Precision Performance SW 3.1, Kempele, Finnland) sowie einer optischer

Kontrolle. Es wurde die Standardeinstellung des Programms mit der Zusatzfunktion „Spitzenkürzen“ verwendet, um somit eine größere Zahl an Fehlern korrigieren zu können. Durch die Korrektur konnten Messartefakte entfernt werden. Die Analyse der Daten erfolgte nach der Empfehlung der ‚Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology‘ (CAMM ET AL. 1996) anhand von fünf-Minuten-Abschnitten. Es flossen nur Abschnitte in die Auswertung ein, wenn diese eine Fehlerquote von 10 % unterschritten (MOHR ET AL. 2002, LANGBEIN ET AL. 2004).

Tabelle 5.3: Übersicht der analysierten Herzfrequenz- und Herzfrequenzvariabilitäts-Parameter in der Zeitbereichsanalyse.

Abkürzung	Einheit	Beschreibung	Bedeutung
HR	Schläge/min	Mittlere Anzahl Herzschläge pro Minute	Aktivität von Parasympathikus und Sympathikus
RMSSD	ms	Wurzel des Mittelwerts der quadrierten Differenzen aufeinander folgender Herzschläge	Aktivität vom Parasympathikus
SDNN	ms	Standardabweichung der Herzschläge	vornehmlich Aktivität vom Sympathikus
RMSSD/SDNN		Verhältnis von RMSSD zu SDNN	parasympathisch-sympathische Balance

Der Einfluss der verschiedenen Haltungen auf die einzelnen Parameter der Zeitbereichsanalyse wurde jeweils mit Hilfe gemischter linearer Modelle (Prozedur MIXED in SAS[®]) mit den sich wiederholenden Faktoren ‚Testnummer‘, ‚strukturelle‘ (ja/nein) und ‚kognitive Anreicherung‘ (ja/nein) berechnet.

RÄUMLICHES LERNEN IM LABYRINTH

Bei dem räumlichen Lernversuch durchlief jede Zwergziege das Y-Labyrinth maximal 20-mal. Die Ziegen mussten den richtigen Arm in acht von zehn Läufen wählen (Vorzeichentest, $P < 0,05$). Der vierte nacheinander richtige Lauf wurde als Kriterium gewählt, wann eine Seite gelernt wurde, als durch visuelle Kontrolle festgestellt wurde, dass die Tiere keine weiteren Fehler machten (vergleiche LANGBEIN 2012).

Die Berechnung des Einflusses verschiedener Haltungsbedingungen auf das räumliche Lernverhalten der Zwergziegen erfolgte mit Hilfe der Prozedur MIXED (SAS[®]) mit den sich wiederholenden Faktoren ‚strukturelle‘ (ja/nein) und ‚kognitive Anreicherung‘ (ja/nein) sowie ‚Seite‘ (links/rechts). Es wurden nur 2-fach Interaktionen berechnet.

5.3 ERGEBNISSE

5.3.1 DISKRIMINATIONSLEARNEN DER ZIEGEN AUS KOGNITIV ANGEREICHERTEN HALTUNGEN

Die Ziegen der beiden kognitiv angereicherten Versuchsgruppen lernten nacheinander drei Diskriminationsaufgaben. Während der Lernerfolg in der ersten Aufgabe nur geringfügig anstieg (Abbildung 5.6), steigerten die Tiere beider Versuchsgruppen in Aufgabe 2 und 3 ihren Lernerfolg deutlich. In der ersten Aufgabe erreichten die Ziegen aus beiden Versuchsgruppen das Lernkriterium von 46 % noch nicht. Die Tiere aus Versuchsgruppe 1 überschritten das Kriterium an Tag 5 in Aufgabe 2 und an Tag 4 in Aufgabe 3, während die Ziegen aus Versuchsgruppe 2 das Kriterium erst am Tag 7 (Aufgabe 2) bzw. am Tag 8 (Aufgabe 3) erreichten. In den ersten beiden Diskriminationsaufgaben hatte der Versuchstag einen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg (Aufgabe 1: $F_{13,195} = 9,94$; $P < 0,001$; Aufgabe 2: $F_{13,195} = 26,34$; $P < 0,001$). In Aufgabe 1 unterschied sich außerdem der Lernerfolg signifikant zwischen den Versuchsgruppen ($F_{1,15} = 6,85$; $P < 0,05$). Die Tiere der Gruppe ohne strukturelle Anreicherung wiesen im Mittel einen um 8,5 % höheren Lernerfolg auf, als die Ziegen mit struktureller Anreicherung. In der zweiten Aufgabe hatte die Versuchsgruppe keinen Einfluss auf die Lernleistung. Allerdings lag die Lernleistung der Ziegen aus den strukturell angereicherten Haltungsbedingungen an allen Tagen über der der Tiere aus der reizarmen Haltung. In der dritten Diskriminationsaufgabe hatte die Wechselwirkung zwischen Versuchstag und -gruppe einen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg ($F_{13,195} = 2,48$; $P < 0,01$). Die Ziegen aus der strukturell angereicherten Haltung überschritten schneller das Lernkriterium und erreichten höhere Lernerfolge als die Tiere aus den reizarmen Bedingungen. Während die Differenz im Lernerfolg zwischen den beiden Gruppen an den Tagen 1-3 im Mittel nur 1,9 % betrug, stieg der Wert auf 19,0 % (Tag 6-9) und schließlich auf 20,4 % (Tag 12-14) an.

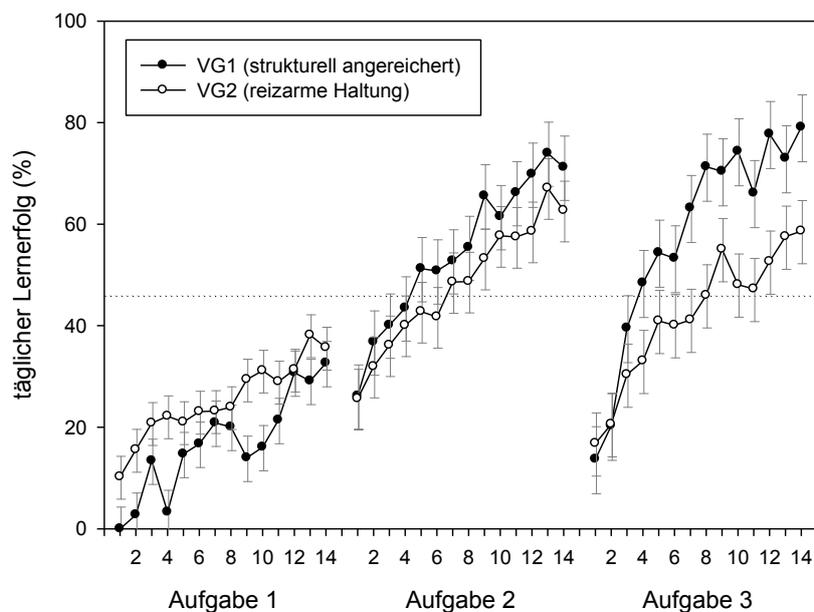


Abbildung 5.6: Mittlerer täglicher Lernerfolg (LSM \pm SE) der Zwergziegen aus kognitiv angereicherter Haltung ($n = 17$) in drei aufeinander folgenden Diskriminationsaufgaben, die jeweils über 14 Tage trainiert wurden. Die gestrichelte Linie markiert das Lernkriterium von 46 %, ab dessen Überschreiten sich die Lernleistung signifikant von der Zufallswahrscheinlichkeit unterscheidet.

5.3.2 VERHALTENSTEST

‘OPEN-FIELD/NOVEL-OBJECT’ TEST

Der wiederholt durchgeführte Verhaltenstest hatte in Wechselwirkung mit der strukturellen Anreicherung einen tendenziellen Einfluss auf die Aktivitätsdauer der Zwergziegen im ‚*open-field/novel-object*‘ Test ($F_{3,93} = 2,34$; $P < 0,1$; Abbildung 5.7). Generell zeigte sich eine höhere Aktivität bei den Zwergziegen aus den strukturell angereicherten Haltungsbedingungen, unabhängig von der kognitiven Anreicherung. Während die Tiere aus den strukturell reizarmen Bedingungen in allen vier Tests nahezu gleichbleibende Aktivitätsdauern aufwiesen, zeigten sich bei den Ziegen aus den angereicherten Bedingungen deutliche Variationen. Vor allem in den beiden letzten Tests stieg die Aktivitätsdauer noch einmal an, sodass die Gruppen aus strukturell angereicherten Bedingungen im Test 4 eine tendenziell höhere Aktivitätsdauer gegenüber den Tieren aus reizarmen Haltungsbedingungen aufwiesen ($P < 0,1$).

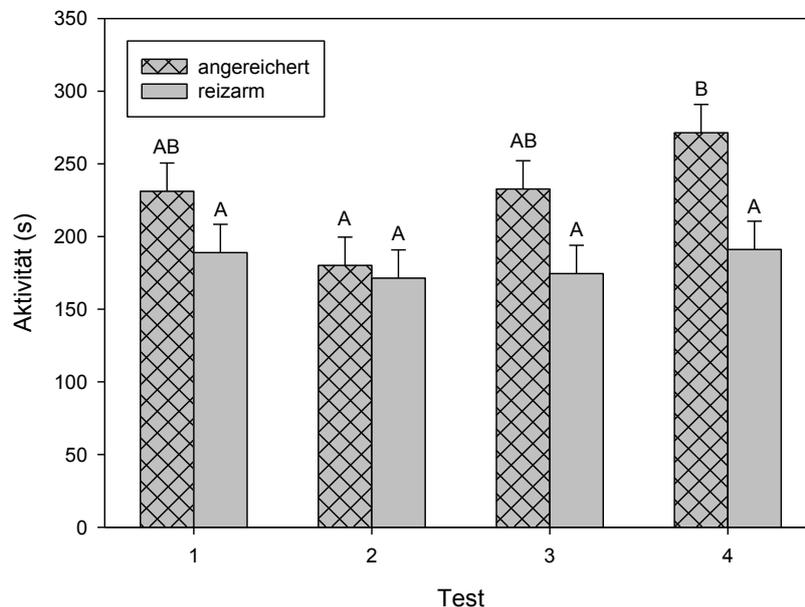


Abbildung 5.7: Vergleich der Aktivitätsdauer (s; $LSM \pm SE$) zwischen den Ziegen aus strukturell angereicherten (Versuchsgruppe 1 und 3) und reizarmen Haltungsbedingungen (Versuchsgruppe 2 und 4) in den vier durchgeführten ‚*open-field/novel-object*‘ Tests ($n = 34$). Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede/Tendenzen zwischen den Versuchsgruppen in den einzelnen Tests sowie zwischen den vier Tests.

Die Anzahl an Aufrichten der Vorderextremitäten an die Arenabegrenzung unterschied sich ebenfalls zwischen den Versuchsgruppen (Abbildung 5.8). Die Interaktion zwischen struktureller Anreicherung und Verhaltenstest hatte einen Einfluss auf die Anzahl an Aufrichten ($F_{3,93} = 3,55$; $P < 0,05$). Sowohl die Tiere aus den strukturell angereicherten, als auch aus den reizarmen Haltungsbedingungen steigerten im Laufe des sich wiederholenden Verhaltenstests die Anzahl an Aufrichten, allerdings steigerte sich die Anzahl bei den Tieren aus strukturell angereicherten Haltungsbedingungen deutlicher. Im letzten Verhaltenstest richteten sich die Ziegen aus den strukturell angereicherten Bedingungen signifikant häufiger auf, als die Tiere aus reizarmen Haltungsbedingungen ($P < 0,05$).

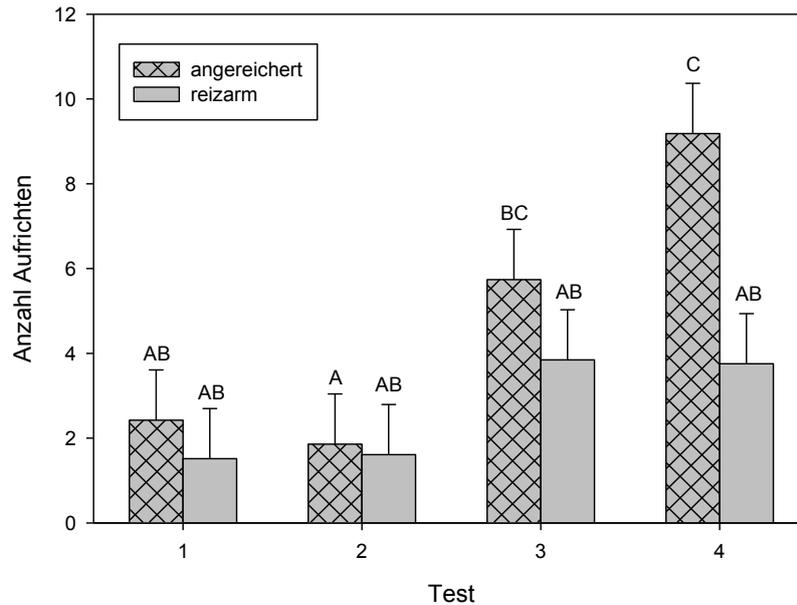


Abbildung 5.8: Vergleich der Anzahl an Aufrichten (LSM ± SE) zwischen den Ziegen aus strukturell angereicherten (Versuchsgruppe 1 und 3) und reizarmen Haltungsbedingungen (Versuchsgruppe 2 und 4) in den vier durchgeführten ‚open-field/novel-object‘ Tests (n = 34). Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede/Tendenzen zwischen den Versuchsgruppen in den einzelnen Tests sowie zwischen den vier Tests.

Die strukturelle Anreicherung hatte einen Einfluss auf die Anzahl an überlaufenen Segmenten im ‚open-field/novel-object‘ Test ($F_{1,36.3} = 7,52$; $P < 0,01$). Die Zwergziegen aus den strukturell angereicherten Haltungsbedingungen überliefen gemittelt über die vier durchgeführten Verhaltenstests signifikant mehr Segmente in der Arena, als Tiere aus reizarmen Bedingungen (Abbildung 5.9). Auch der Test hatte einen Einfluss auf diesen Parameter ($F_{3,92.5} = 4,97$; $P < 0,01$). Nach einer anfänglichen Abnahme der überlaufenen Segmente von Test 1 zu Test 2 ($P < 0,05$), überliefen alle Ziegen im Laufe der Verhaltenstests zunehmend mehr Segmente. Die Unterschiede zwischen Test 2 und Test 3 ($P < 0,05$) sowohl zwischen Test 2 und Test 4 ($P < 0,01$) waren dabei signifikant.

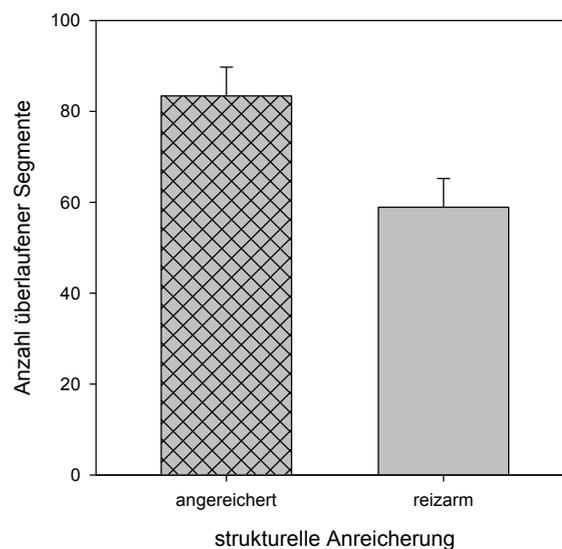


Abbildung 5.9: Vergleich der Anzahl überlaufener Segmente (LSM ± SE) zwischen den Ziegen aus strukturell angereicherten (Versuchsgruppe 1 und 3) und reizarmen Haltungsbedingungen (Versuchsgruppe 2 und 4) gemittelt über die vier durchgeführten ‚open-field/novel-object‘ Tests (n = 34).

Die Aufenthaltsdauer in den Ecksegmenten unterschied sich lediglich signifikant in den wiederholt durchgeführten Verhaltenstests ($F_{3,93} = 13,70$; $P < 0,001$). Nach einem Anstieg von Test 1 zu Test 2 ($P < 0,001$) nahm die Dauer, in denen sich die Zwergziegen in den Ecken der Testarena aufhielten, kontinuierlich ab. Die Aufenthaltsdauer in den Ecksegmenten in Test 1 war dabei signifikant höher im Gegensatz zu Test 4 ($P < 0,001$). Test 2 unterschied sich in der Aufenthaltsdauer in den Ecksegmenten von Test 3 ($P < 0,001$) und Test 4 ($P < 0,001$). Im dritten Test hielten sich die Tiere ebenfalls signifikant häufiger in den Ecksegmenten auf im Vergleich zu Test 4 ($P < 0,01$).

Die Latenzzeit bis zum Betreten der Arena wurde tendenziell durch die Wechselwirkung zwischen struktureller Anreicherung und dem wiederholt durchgeführten Verhaltenstest beeinflusst ($F_{1,93} = 2,25$; $P < 0,1$). Im Laufe der vier Tests nahm die Latenzzeit generell zu (Abbildung 5.10). Bis auf den zweiten Verhaltenstest, in dem ein umgekehrter Effekt auftrat, betraten die Ziegen aus strukturell angereicherten Haltungsbedingungen die Arena schneller, als die Tiere aus reizarmen Bedingungen. Ein signifikanter Unterschied in der Latenzzeit bis zum Betreten der Testarena konnte in den einzelnen Tests zwischen den Versuchsgruppen aus strukturell angereicherten und reizarmen Bedingungen nicht festgestellt werden.

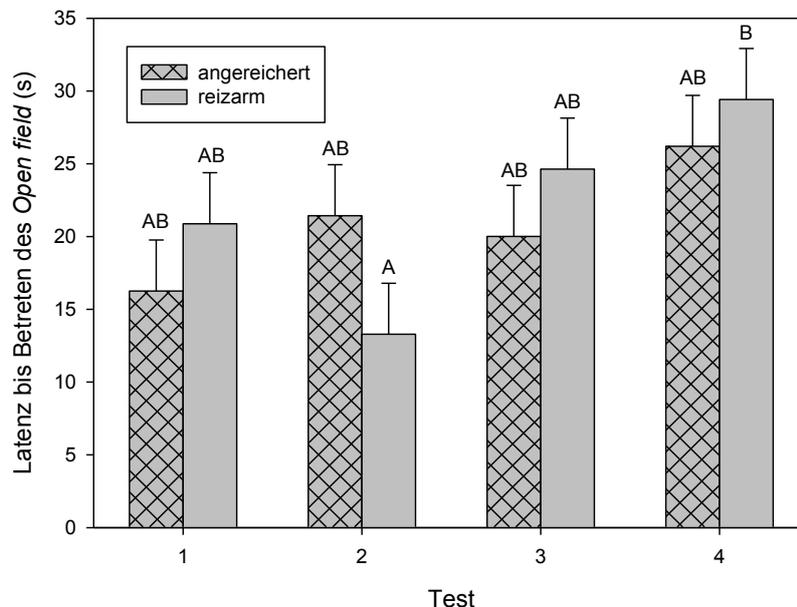


Abbildung 5.10: Vergleich der Latenz bis zum Betreten der Testarena (s; $LSM \pm SE$) gemittelt zwischen den Ziegen aus strukturell angereicherten (Versuchsgruppe 1 und 3) und reizarmen Haltungsbedingungen (Versuchsgruppe 2 und 4) in den vier durchgeführten ‚open-field/novel-object‘ Tests ($n = 34$). Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede/Tendenzen zwischen den Versuchsgruppen in den einzelnen Tests sowie zwischen den vier Tests.

Strukturelle Anreicherungen im Haltungsabteil hatten einen positiven Einfluss auf die Kontakthäufigkeit zum unbekanntem Objekt im ‚novel-object‘ Test ($F_{1,37.2} = 6,10$; $P < 0,05$). Tiere aus strukturell angereicherten Abteilen zeigten häufiger Kontakt zum Objekt, als Tiere aus reizarmen Bedingungen (Abbildung 5.11a). Auch die kognitive Anreicherung wirkte sich tendenziell auf diesen Parameter aus ($F_{1,37.2} = 3,05$; $P < 0,1$). Zwergziegen, deren Haltungsumgebung durch den Lernautomaten kognitiv angereichert wurde, hatten häufiger Kontakt zum unbekanntem Objekt, im Vergleich zu den Tieren die ohne kognitive Anreicherung ihr Trinkwasser über eine Tränke bezogen (Abbildung 5.11b). Der wiederholt durchgeführte Verhaltenstest hatte ebenfalls einen

Einfluss auf diesen Parameter ($F_{3,92.3} = 8,99$; $P < 0,001$). Im Laufe der vier Verhaltens-tests nahm für alle Versuchstiere die Kontakthäufigkeit zu. Dabei unterschied sich der Test 1 in der Häufigkeit des Kontakts zu Test 3 ($P < 0,01$) und Test 4 ($P < 0,001$). Es traten ebenfalls Unterschiede zwischen Test 2 und sowohl Test 3 ($P < 0,01$), als auch Test 4 ($P < 0,001$) auf.

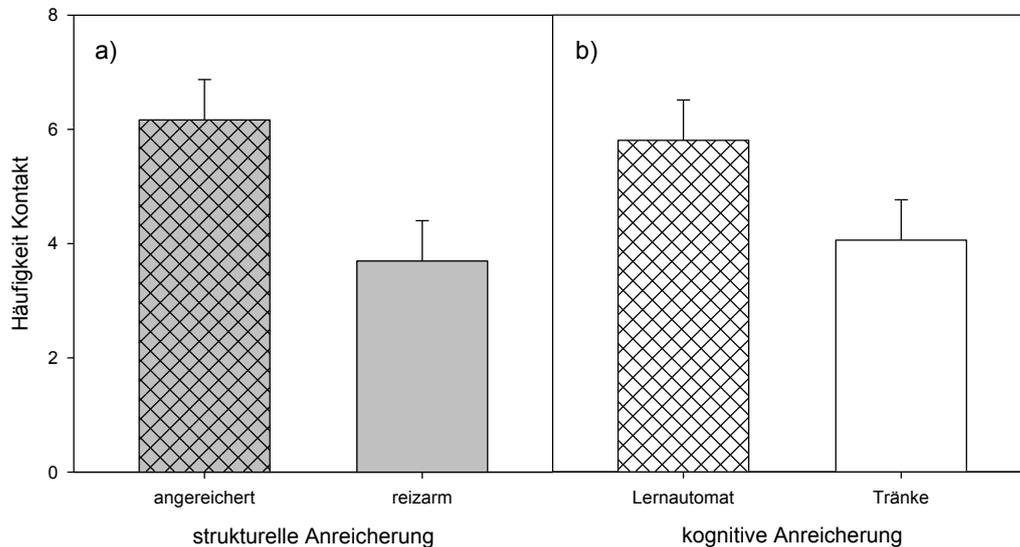


Abbildung 5.11: Vergleich der Häufigkeit des Kontakts zum unbekanntem Objekt (LSM \pm SE) gemittelt über die vier durchgeführten ‚open-field/novel-object‘ Tests zwischen den Ziegen ($n = 34$) a) mit (Versuchsgruppen 1 und 3) und ohne strukturelle Anreicherung (Versuchsgruppen 2 und 4) und b) mit (Lernautomat; Versuchsgruppen 1 und 2) und ohne kognitive Anreicherung (Tränke; Versuchsgruppen 3 und 4).

Die Dauer des Kontakts mit dem unbekanntem Objekt im ‚novel-object‘ Test wurde durch die kognitive Anreicherung beeinflusst ($F_{1,41.5} = 5,36$; $P < 0,05$). Zwergziegen, die zur kognitiven Anreicherung einen Lernautomaten im Abteil hatten, beschäftigten sich länger mit dem Objekt, als die Tiere ohne kognitive Anreicherung (Abbildung 5.12). Auch der wiederholt durchgeführte Verhaltenstest wirkte sich auf die Kontaktdauer aus ($F_{3,92.4} = 3,78$; $P < 0,05$). Im Laufe der vier Tests nahm die Dauer des Kontakts zum unbekanntem Objekt für alle Tiere zu. Dabei unterschied sich der Test 1 von Test 3 ($P < 0,05$) und Test 4 ($P < 0,05$) signifikant.

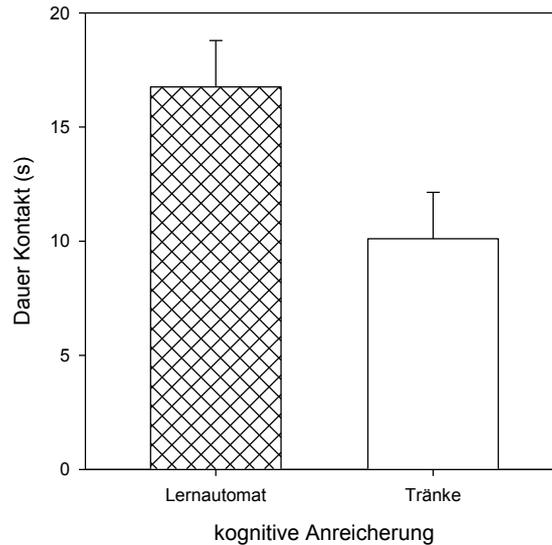


Abbildung 5.12: Vergleich der Dauer des Kontakts zum unbekanntem Objekt (s; LSM \pm SE) zwischen den Ziegen aus kognitiv angereicherten (Lernautomat; Versuchsgruppe 1 und 2) und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen (Tränke; Versuchsgruppe 3 und 4) gemittelt über die vier durchgeführten ‚open-field/novel-object‘ Tests (n = 34).

Die Latenzzeit bis zum ersten Kontakt mit dem unbekanntem Objekt wurde durch die kognitive Anreicherung beeinflusst ($F_{1,36,9} = 3,98$; $P < 0,05$). Die Ziegen aus den kognitiv angereicherten Haltungsbedingungen hatten eine kürzere Latenz im Gegensatz zu den Tieren aus den kognitiv nicht angereicherten Bedingungen (Abbildung 5.13). Der wiederholt durchgeführte Verhaltenstest beeinflusste ebenfalls diesen Parameter ($F_{3,90,9} = 11,58$; $P < 0,001$). Nachdem die Latenz vom ersten zum zweiten Test leicht anstieg, nahm sie ab dem zweiten Test stetig ab. Dabei unterschied sich die Latenzzeit in Test 1 von der in Test 3 ($P < 0,01$) und Test 4 ($P < 0,001$). Der zweite Test unterschied sich ebenfalls in der Latenzzeit von Test 3 ($P < 0,001$) und Test 4 ($P < 0,001$).

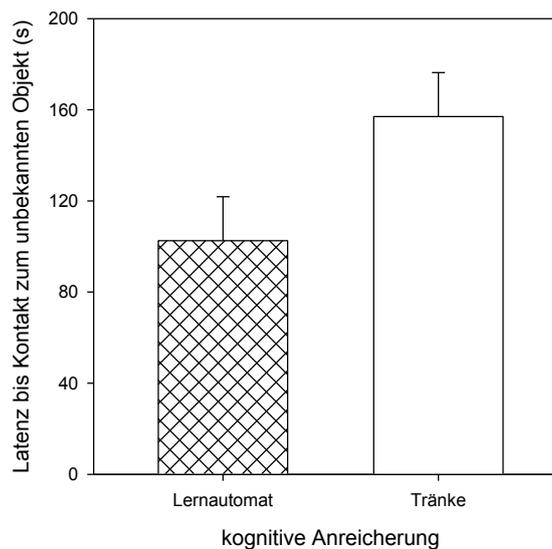


Abbildung 5.13: Vergleich der Latenzzeit bis zum Kontakt mit dem unbekanntem Objekt (s; LSM \pm SE) zwischen den Ziegen aus kognitiv angereicherten (Lernautomat; Versuchsgruppe 1 und 2) und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen (Tränke; Versuchsgruppe 3 und 4) gemittelt über die vier durchgeführten ‚open-field/novel-object‘ Tests (n = 34).

Die kognitive Anreicherung hatte einen Einfluss auf die Anzahl an Zwergziegen, die überhaupt Kontakt zum unbekanntem Objekt im ‚*novel-object*‘ Test hatten ($F_{1,32.9} = 4,51$; $P < 0,05$). Im Gegensatz zu den Versuchsgruppen ohne kognitive Anreicherung, hatten mehr Tiere aus den Haltungsabteilungen mit kognitiver Anreicherung Kontakt zum unbekanntem Objekt (Abbildung 5.14). Die Anzahl an Ziegen mit Kontakt zum unbekanntem Objekt wurde auch durch den Test beeinflusst ($F_{3,98.9} = 5,51$; $P < 0,01$). Im Laufe der vier Testwiederholungen stieg die Anzahl an Ziegen, die Kontakt zum unbekanntem Objekt hatten, an. Dabei unterschied sich die Anzahl an Ziegen in Test 1 von der in Test 3 ($P < 0,1$) und Test 4 ($P < 0,01$). Im zweiten Test war die Anzahl Tiere mit Kontakt ebenfalls signifikant niedriger als in Test 3 ($P < 0,1$) und Test 4 ($P < 0,01$).

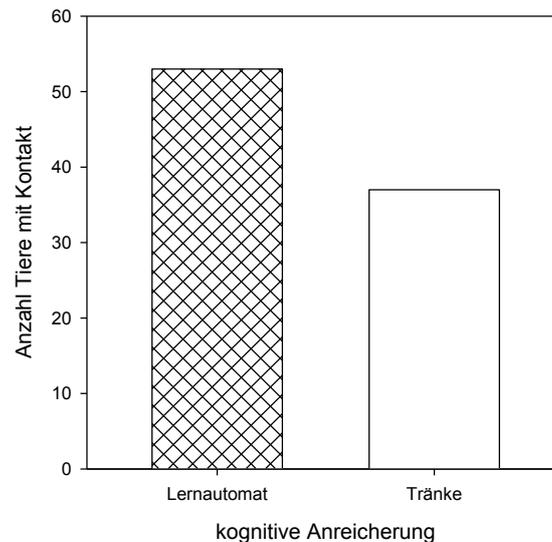


Abbildung 5.14: Vergleich der Anzahl Zwergziegen mit Kontakt zum unbekanntem Objekt zwischen den Ziegen aus kognitiv angereicherten (Lernautomat; Versuchsgruppe 1 und 2) und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen (Tränke; Versuchsgruppe 3 und 4) gemittelt über die vier durchgeführten ‚*open-field/novel-object*‘ Tests ($n = 34$).

Sowohl die Anzahl an Vokalisationen als auch die Exkretion (ja/nein) unterschieden sich nicht in den verschiedenen Behandlungsgruppen. Weder die strukturelle noch die kognitive Anreicherung oder der wiederholt durchgeführte Verhaltenstest wirkte sich auf diese beiden Parameter aus. Im Mittel vokalisiert die Zwergziegen über die gesamte Testdauer von zehn Minuten rund 145 ± 16 -mal. In insgesamt 136 durchgeführten Tests wurde nur 37-mal von den Tieren Kot abgesetzt.

SPEICHEL CORTISOL

Bei allen vier Verhaltenstests wurde an zwei Zeitpunkten (vor und nach dem Test) der Cortisolwert im Speichel der Zwergziegen bestimmt. Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen konnten nicht festgestellt werden. Der Zeitpunkt hatte in Interaktion mit der kognitiven Anreicherung einen tendenziellen Einfluss auf den Cortisolwert ($F_{1,213} = 3,42$; $P < 0,1$). Nach dem Verhaltenstest zeigten sowohl die Tiere mit kognitiver Anreicherung in Form des Lernautomaten, als auch ohne kognitive Anreicherung im Haltungsabteil einen signifikanten Cortisolanstieg im Gegensatz zum Basiswert

vor dem Test (Abbildung 5.15a). Zwischen den Versuchstieren mit und ohne kognitiver Anreicherung durch den Lernautomaten fanden sich sowohl im Basiswert, als auch nach dem Verhaltenstest keine Unterschiede in der Cortisolkonzentration. Absolut war der Anstieg der Cortisolkonzentration allerdings höher bei den Ziegen aus nicht kognitiv angereicherter Haltung. Der Cortisolgehalt im Speichel wurde ebenfalls durch die Wechselwirkung zwischen dem sich wiederholten Verhaltenstest und dem Zeitpunkt der Probenentnahme beeinflusst ($F_{3,213} = 4,33$; $P < 0,01$). Die Cortisolkonzentration war in jedem der vier Tests signifikant höher direkt nach dem Verlassen der Testarena (Abbildung 5.15b; alle $P < 0,001$). Die Basiswerte, die jeweils vor jedem Verhaltenstest entnommen wurden, unterschieden sich untereinander nicht. Die Cortisolkonzentration nach dem zweiten ($P < 0,001$) und dritten Verhaltenstest ($P < 0,01$) war geringer als nach dem ersten Test. Der Gehalt an Cortisol war ebenfalls höher nach dem vierten Verhaltenstest im Vergleich zu dem Wert nach dem zweiten Test ($P < 0,001$).

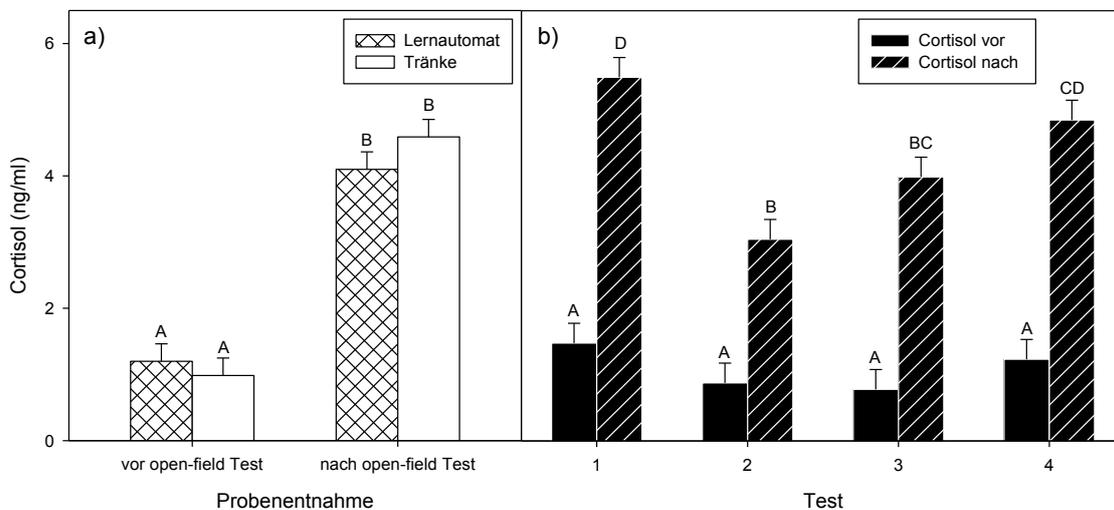


Abbildung 5.15: Vergleich der Cortisolkonzentration im Speichel (LSM \pm SE) der Zwergziegen ($n = 34$) zwischen a) den Tieren aus kognitiv angereicherter (Lernautomat; Versuchsgruppe 1 und 2) und nicht kognitiv angereicherter (Tränke; Versuchsgruppe 3 und 4) vor und nach dem ‚open-field/novel-object‘ Test gemittelt über die vier Tests und b) vor und nach dem Test in den vier durchgeführten ‚open-field/novel-object‘ Tests gemittelt über jeweils alle Versuchstiere. Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede/Tendenzen zwischen den Zeitpunkten der Probenentnahme und in den einzelnen Tests sowie zwischen den einzelnen Tests.

HERZFREQUENZ UND HERZFREQUENZVARIABILITÄT

Es wurden ausschließlich die Basismessungen im Halteabteil ausgewertet. Die Interaktion zwischen der Testwiederholung und der strukturellen Anreicherung wirkte sich signifikant auf die Herzfrequenz (HR) der Zwergziegen aus ($F_{3,70} = 3,04$; $P < 0,05$). Während die Tiere aus den strukturell angereicherter Haltung bei der Basismessung vor den ersten beiden Verhaltenstests eine niedrigere HR aufwiesen, hatten sie eine höhere HR vor den beiden letzten Tests gegenüber den Ziegen aus reizarmen Haltebedingungen (Abbildung 5.16a). Zudem war bei den Tieren aus strukturell angereicherter Haltung die HR höher vor dem ersten als vor dem zweiten Test ($P < 0,001$). Die Ziegen aus den strukturell reizarmen Haltebedingungen hatten eine höhere HR vor dem ersten Test als vor allen drei folgenden Testwiederholungen (Test 1 – Test 2: $P < 0,01$; Test 1 – Test 3 und Test 1 –

Test 4: $P < 0,001$). Bei den vier Messwiederholungen unterschied sich die HR zwischen den Versuchsgruppen aus strukturell angereicherten und reizarmen Haltungsbedingungen nicht. Die kognitive Anreicherung durch den Lernautomaten wirkte sich tendenziell auf die HR aus ($F_{1,30.4} = 3,59$; $P < 0,1$). Zwergziegen aus kognitiv angereicherten Haltungsbedingungen wiesen eine niedrigere HR gegenüber den Tieren ohne kognitive Anreicherung auf (Abbildung 5.16b).

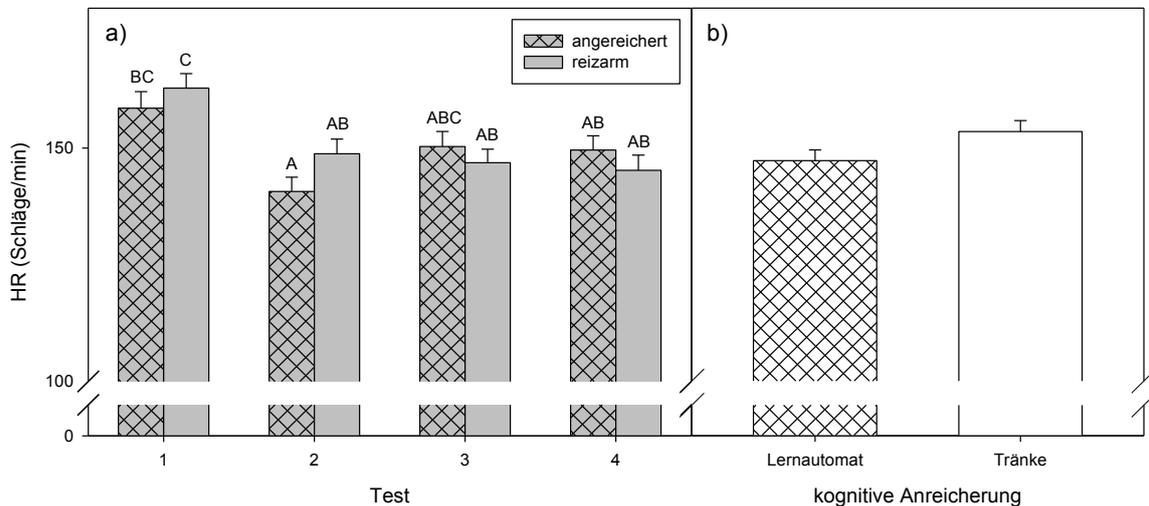


Abbildung 5.16: Vergleich der Herzfrequenz (HR, engl.: *heart rate*; $LSM \pm SE$) der Zwergziegen ($n = 34$) zwischen a) den Ziegen aus strukturell angereicherten (Versuchsgruppe 1 und 3) und reizarmen Haltungsbedingungen (Versuchsgruppe 2 und 4) in den vier durchgeführten Messwiederholungen und b) den Tieren aus kognitiv angereicherten (Lernautomat; Versuchsgruppe 1 und 2) und nicht kognitiv angereicherten Haltungsbedingungen (Tränke; Versuchsgruppe 3 und 4) gemittelt über die vier durchgeführten Tests. Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede/Tendenzen zwischen den Versuchsgruppen in den einzelnen Tests sowie zwischen den vier Tests.

Der SDNN-Wert wurde durch die Wechselwirkung zwischen struktureller und kognitiver Anreicherung signifikant beeinflusst ($F_{1,29.3} = 7,22$; $P < 0,05$). Tiere aus kognitiv angereicherten, aber strukturell reizarmen Haltungsbedingungen wiesen einen höheren SDNN-Wert auf gegenüber Tieren aus strukturell reizarmen Bedingungen ohne kognitive Anreicherung im Abteil ($P < 0,05$; Abbildung 5.17a). Ein Vergleich der beiden Gruppen die keine kognitive Anreicherung hatten zeigt, dass der SDNN-Wert bei den Ziegen aus strukturell angereicherter Haltung höher war, als bei den Tieren aus reizarmen Bedingungen ($P < 0,05$). Die Interaktion zwischen dem wiederholt durchgeführten Verhaltenstest und der kognitiven Anreicherung wirkte sich tendenziell auf den SDNN-Wert aus ($F_{3,69.2} = 2,61$; $P < 0,1$). Bis auf den letzten Verhaltenstest wiesen die Tiere aus kognitiv angereicherten Haltungsbedingungen höhere SDNN-Werte gegenüber den Tieren aus kognitiv nicht angereicherten Bedingungen auf (Abbildung 5.17b).

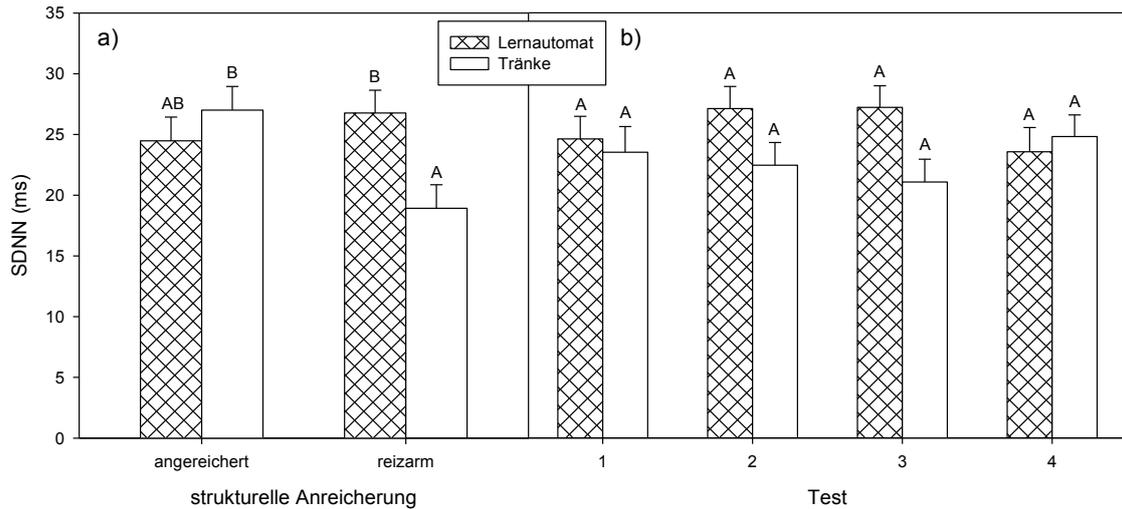


Abbildung 5.17: Vergleich der SDNN-Werte (LSM \pm SE) der Zwergziegen ($n = 34$) zwischen a) den Tieren aus kognitiv angereicherten (Lernautomat) und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen (Tränke) in den strukturell angereicherten bzw. strukturell reizarmen Abteilen gemittelt über die vier durchgeführten Messwiederholungen und b) den Tieren aus kognitiv angereicherten (Lernautomat; Versuchsgruppe 1 und 2) und nicht kognitiv angereicherten Haltungsbedingungen (Tränke; Versuchsgruppe 3 und 4) in den vier durchgeführten Tests. Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede/Tendenzen zwischen den Versuchsgruppen in den einzelnen Tests sowie zwischen den vier Tests.

Der RMSSD-Wert wurde tendenziell durch die Wechselwirkung zwischen kognitiver und struktureller Anreicherung beeinflusst ($F_{1,30} = 3,81$; $P < 0,1$). Sowohl unter strukturell angereicherten, als auch reizarmen Haltungsbedingungen wiesen die Tiere aus kognitiv angereicherten Haltungsbedingungen einen höheren RMSSD-Wert auf, als die Tiere ohne kognitive Anreicherung im Abteil (Abbildung 5.18). Unter strukturell reizarmen Haltungsbedingungen war dieser Unterschied signifikant ($P < 0,05$).

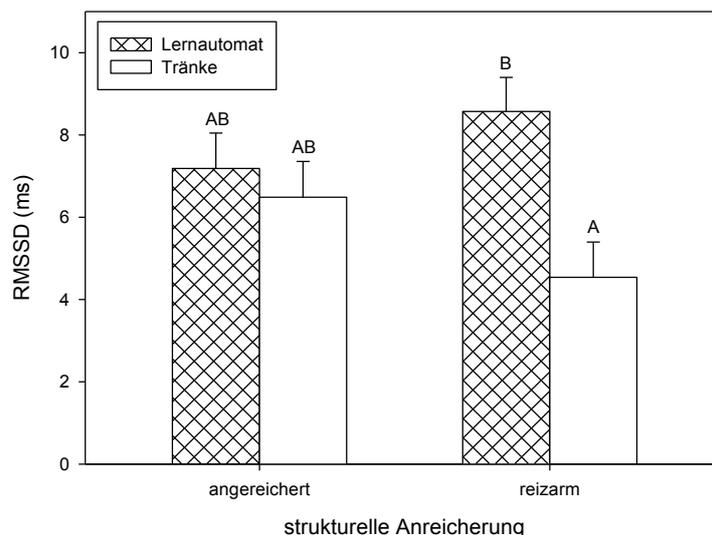


Abbildung 5.18: Vergleich der RMSSD-Werte (LSM \pm SE) der Zwergziegen ($n = 34$) zwischen den Tieren aus kognitiv angereicherten (Lernautomat) und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen (Tränke) in den strukturell angereicherten bzw. strukturell reizarmen Abteilen gemittelt über die vier durchgeführten Messwiederholungen. Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede/Tendenzen zwischen den Versuchsgruppen.

Das Verhältnis von RMSSD/SDNN wurde signifikant durch die kognitive Anreicherung der Haltungsbedingungen beeinflusst ($F_{1,30} = 9,15$; $P < 0,01$). Tiere aus kognitiv angereicherten Haltungen wiesen einen höheren RMSSD/SDNN-Wert auf gegenüber Ziegen, die ohne kognitive Anreicherung gehalten wurden (Abbildung 5.19).

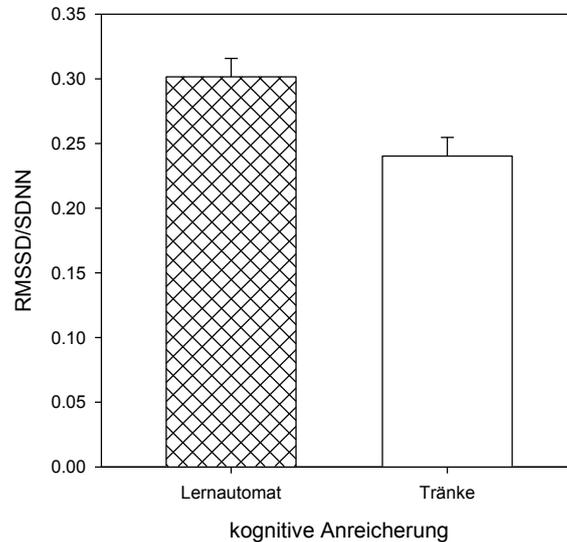


Abbildung 5.19: Vergleich des Verhältnisses von RMSSD zu SDNN (LSM ± SE) der Zwergziegen (n = 34) zwischen den Tieren aus kognitiv angereicherten (Lernautomat; Versuchsgruppe 1 und 2) und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen (Tränke; Versuchsgruppe 3 und 4) gemittelt über die vier durchgeführten Messwiederholungen.

5.3.3 RÄUMLICHES LERNEN IM LABYRINTH

Auf die räumliche Lernleistung der Zwergziegen in einem Y-Labyrinth hatten weder die zu lernende Seite, noch die strukturelle oder kognitive Umweltanreicherung einen Einfluss. Auch die Interaktionen dieser Parameter wirkten sich nicht auf die Lernleistung aus. Die Versuchstiere benötigten im Mittel 7 bis 10,4 Durchgänge bis sie die ihnen zugewiesene Seite gelernt hatten (Tabelle 5.4).

Tabelle 5.4: Mittlere Anzahl an Durchgängen (LSM ± SE) welche die Zwergziegen (n = 34) benötigten, um eine Seite des Y-Labyrinths zu lernen.

gelernte Seite	Strukturelle Anreicherung		Kognitive Anreicherung	
	angereichert	reizarm	Lernautomat	Tränke
Links	7,6 ± 1,6	8,7 ± 1,8	8,6 ± 1,7	7,7 ± 1,8
Rechts	7,0 ± 1,7	10,3 ± 1,5	6,9 ± 1,6	10,4 ± 1,6

5.4 DISKUSSION

5.4.1 METHODEN

Untersuchungen von Tieren in einer neuen Umgebung, wie beispielsweise in einem ‚*open-field/novel-object*‘ Test, dienen nicht nur dazu, Aussagen zur Motivation der Exploration zu treffen. Hauptsächlich werden ‚*open-field*‘ Tests eingesetzt, um Angst und Ängstlichkeit während der Konfrontation mit neuen Herausforderungen zu messen (TREIT 1985, LAWRENCE ET AL. 1991, BELZUNG UND LE PAPE 1994, BOISSY UND BOUISSOU 1995). Bei der Wiederholung des Tests kann zudem die Fähigkeit zur Habituation an einen Stressor untersucht werden (KORTE ET AL. 2007). Der ‚*open-field/novel-object*‘ Test eignet sich zudem, um Auswirkungen von Umweltanreicherungen, vor allem auf das tierische Verhalten, zu untersuchen (BRACKE UND SPOOLDER 2008).

Die Reaktionen der Zwergziegen beim Herablassen des unbekanntes Objektes fielen sehr unterschiedlich aus. Abhängig davon, wo sich die Tiere gerade in der Versuchsarena befanden, zeigten sie unterschiedliche Reaktionen auf das plötzlich auftauchende Objekt. Standen sie in der Ecke der Arena, verblieben sie dort und beobachteten das Herablassen. Befanden sich die Ziegen jedoch in der Mitte der Arena, kam es entweder, wie in den meisten Fällen, zu einer Schreckreaktion mit schnellem wegrennen oder aber auch in einzelnen Fällen zu sofortigem Kontakt, da sich das Objekt in unmittelbarer Nähe befand. Die Analyse der Vokalisation während des Verhaltenstests ergab keine Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsgruppen. Da die Tiere während des Tests nicht komplett isoliert waren, sondern akustischen und olfaktorischen Kontakt zu ihren Artgenossen hatten, könnte sich dies auf die Vokalisation der Versuchstiere ausgewirkt haben (SIEBERT ET AL. 2011). Eventuell hätte die Vokalisation der Tiere, z. B. die Unterscheidung verschiedener Vokalisationstypen, genauer analysiert werden müssen, da Vokalisationen sensible Stressindikatoren darstellen (MANTEUFFEL ET AL. 2004, SCHÖN ET AL. 2004).

Um Aussagen zur Cortisolkonzentration der Zwergziegen in verschiedenen Situationen zu treffen, eignet sich die Analyse des Speichels besonders, da es sich um eine einfache und nicht invasive Methode handelt. Zudem wird Speichelcortisol als Indikator für die Cortisolkonzentration im Blutplasma angesehen (KIRSCHBAUM UND HELLHAMMER 1989, PARROT ET AL. 1989, DE GROOT ET AL. 2000). Die Messung von Speichelcortisol bei Ziegen erwies sich bereits in anderen Arbeiten als nützliche Methode, um Stress nicht invasiv messen zu können (GREENWOOD UND SHUTT 1992, AL-BADAWI ET AL. 2012).

Mit Hilfe des nicht invasiven Systems von Polar[®] sollten Aussagen zur Herzfrequenz (HR) und Herzfrequenzvariabilität (HRV) der Zwergziegen getroffen werden. Die HR ist dabei das Ergebnis aus der autonomen Schlagfrequenz des Sinusknotens, der Innervierung der Herzens durch Sympathikus und Parasympathikus sowie humoralen Einflüssen, wie beispielsweise durch Adrenalin. Während eine Aktivierung des Sympathikus zu einer Beschleunigung des Herzschlages führt, wird dieser durch die Aktivierung des Parasympathikus verlangsamt (BOISSY ET AL. 2007). Der größte Nerv des Parasympathikus ist dabei der ‚*Nervus vagus*‘ (auch: Vagus), der an der Regulation der Tätigkeit fast aller inneren Organe beteiligt ist. Da er Atmung, Herzschlag und Verdauung reguliert (PORGES 1995, TEFF 2008), wird im Folgenden statt auf den Parasympathikus als Ganzes, auf den Vagus Bezug genommen. Die HR variiert auf Grund verschiedener Regulationsmechanismen des Körpers von Herzschlag zu Herzschlag, um die Stabilität des Herz-Kreislaussystems aufrechtzuerhalten, woraus

sich die HRV ergibt (CAMM ET AL. 1996). Die Bestimmung der HRV gewinnt zunehmend an Bedeutung bei der Untersuchung von Stress und Wohlbefinden von Tieren aus unterschiedlichen Haltungsumwelten (VON BORELL ET AL. 2007). Im Nutztierbereich konnte das Messsystem von Polar[®] bereits erfolgreich eingesetzt werden (z. B. Rind: HAGEN ET AL. 2005; Schwein: ZEBUNKE ET AL. 2011; Zwergziege: LANGBEIN ET AL. 2003). Da sich das Verhalten der Tiere vor allem bei körperlicher Aktivität stark auf die HRV auswirkt (BALDOCK UND SIBLY 1990), wurden für die Basismessung nur Zeitabschnitte gewählt, in denen die Tiere standen bzw. sich nur ruhig fortbewegten. Somit war eine vergleichbare Aktivität der Ziegen für die Auswertung gewährleistet. Die Vorteile der verwendeten Messtechnik lagen dabei darin, dass es gleichzeitig an mehreren Tieren einer Gruppe sowie in der gewohnten sozialen Umgebung eingesetzt werden konnte. Bei der Messung können auf Grund physiologischer und technischer Ursachen verschiedene Artefakte entstehen (KAMATH UND FALLEN 1995). Bei der Messung im ‚*open-field/novel-object*‘ Test traten zu viele Fehler auf, sodass die Auswirkungen einer externen Belastungssituation auf die HRV nicht untersucht werden konnten. Ein Kontaktverlust von Sender und Empfänger, nicht optimaler Sitz des Messgurtes aber auch physiologische Gründe konnten Ursachen für diese Fehler darstellen.

Nach Abschluss der Verhaltenstests erfuhren, bis auf die Tiere der vierten Versuchsgruppe, die keinerlei Anreicherungen im Haltungsabteil hatten, alle Zwergziegen bis zu diesem Zeitpunkt langanhaltende strukturelle und/oder kognitive Umweltanreicherungen. Es sollte anschließend untersucht werden, ob sich vor allem das visuelle kognitive Training positiv auf das räumliche Lernen der Tiere auswirkt, also ob generelle kognitive Funktionen stimuliert werden. Bei Schweinen konnte beispielsweise gezeigt werden, dass sich eine strukturell angereicherte Haltungsumwelt positiv auf die räumliche Lernleistung der Tiere auswirkt (SNEDDON ET AL. 2000). In der Studie von LANGBEIN (2012) zur Lateralisierung, durften die Ziegen bei den Gewöhnungsläufen in einem Labyrinth einen Arm frei wählen. Der entgegengesetzte Arm wurde anschließend als der zu Lernende definiert. Anders lief die Gewöhnung im vorliegenden Experiment ab. Die Tiere wurden zufällig darauf verteilt, welche Ziegen lernen mussten das Labyrinth durch den rechten und welche durch den linken Arm zu verlassen. Diese Form der Einteilung könnte allerdings zu Beeinträchtigungen beim Lernen geführt haben.

5.4.2 ERGEBNISSE

Durch den Einsatz verschiedener Formen von Umweltanreicherung konnte bereits nachgewiesen werden, dass sich die gebotenen Ersatzreize positiv auf das tierische Wohlbefinden auswirken (NEWBERRY 1995, VAN DE WEERD ET AL. 2003, THORNE ET AL. 2005). Bei Schweinen und Zwergziegen zeigte ein automatisiertes Training der Tiere positive Auswirkungen auf das Verhalten (PUPPE ET AL. 2007), auf immunologische (ERNST ET AL. 2006), physiologische (LANGBEIN ET AL. 2004) und Produktionsparameter (FIEDLER ET AL. 2005).

In dem vorliegenden Experiment wurde der Einfluss von struktureller Umweltanreicherung auf den Lernerfolg von Zwergziegen mit Hilfe eines Lernautomaten im Abteil untersucht. Dabei lernten die Ziegen, die eine langanhaltende strukturelle Anreicherung erfuhren, im Verlauf von drei visuellen Diskriminationsaufgaben diese schneller zu bewältigen. Sie erzielten einen signifikant höheren Lernerfolg in der dritten

Aufgabe als die Ziegen, die unter reizarmen Bedingungen gehalten wurden. Allerdings hatten die Ziegen ohne strukturelle Anreicherung in Aufgabe 1 noch einen geringfügig höheren Lernerfolg. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass gute Lerner ungleich auf die beiden Versuchsgruppen verteilt wurden. Der Lernerfolg in der ersten Aufgabe war allerdings in beiden Gruppen sehr gering. Bereits in früheren Studien konnte gezeigt werden, dass Umweltanreicherungen zu einem breiteren Verhaltensspektrum sowie zu komplexeren neuronalen Hirnstrukturen und besseren Lernleistungen führen (KEMPERMANN ET AL. 1997, PATEL ET AL. 1997, VAN PRAAG ET AL. 2000). Des Weiteren wirken sich angereicherte Haltungsumwelten positiv auf die Lernleistung sowie das Langzeitgedächtnis aus und reduzieren Altersdefizite beim Lernen von Labortieren (PAYLOR ET AL. 1992, ESCORIHUELA ET AL. 1994, BENAROYA-MILSHTEIN ET AL. 2004, SCHRIJVER ET AL. 2004) und Nutztieren (FERNANDEZ-TERUEL ET AL. 1997, DE JONG ET AL. 2000, SNEDDON ET AL. 2000, BOLHUIS ET AL. 2004). Allerdings sind die Haltungsbedingungen dieser und anderer Studien dagegen deutlich reizärmer im Gegensatz zu den natürlichen Umgebungen von den Vorfahren der Tiere. Kognition wird somit nicht durch Anreicherung gefördert, sondern durch Reizarmut gehemmt. Es wurde bisher aber kontrovers diskutiert, ob eine gezielte strukturelle Anreicherung der Umwelt diese kognitiven Defizite ausgleichen kann (SNEDDON ET AL. 2000).

Da es schwierig ist, direkte Vergleiche des Verhaltens anzustellen, die in Umwelten von unterschiedlicher physikalischer Komplexität ausgedrückt wurden (HASKELL ET AL. 1996), wurde für die Tiere aller Versuchsgruppen ein externer Verhaltenstest unter standardisierten Bedingungen durchgeführt. Der kombinierte ‚*open-field/novel-object*‘ Test ist geeignet, um die Reaktion von Tieren auf neue Herausforderung zu untersuchen (BELZUNG UND LE PAPE 1994, BOISSY UND BOUISSOU 1995). Der Verhaltenstest wurde mit allen Tieren wiederholt durchgeführt, wobei nur die Ziegen aus den strukturell angereicherten Haltungsbedingungen an die Testsituation habituierten. Dies äußerte sich in einer Zunahme ihrer generellen motorischen Aktivität, in einer erhöhten Anzahl an Aufrichten sowie einem schnelleren Betreten der ‚*open-field*‘ Arena über die vier Tests im Vergleich zu den Tieren aus strukturell reizarmen Bedingungen. Auch bei der Anzahl an überlaufenen Segmenten unterschieden sich die Werte über die vier Tests signifikant, sodass die Ziegen aus strukturell angereicherten Abteilen mehr Segmente im ‚*open-field*‘ Test überliefen, als Tiere aus reizarmen Bedingungen. HASKELL ET AL. (1996) stellten bei vor allem jungen Schweinen die Vermutung auf, dass die grundlegende Organisation und Äußerung des Verhaltens durch die langanhaltende Konfrontation mit kargen Haltungsumwelten beeinflusst werden kann. In verschiedenen Arbeiten wurde nachgewiesen, dass eine mehr passive Reaktion im ‚*open-field*‘ Test als Anzeichen für verstärkte Angst zu werten ist, wohingegen erhöhte Aktivität die Motivation zur Überwindung der Isolation anzeigt und eben auf die Abwesenheit von Angst hinweist (BOISSY UND BOUISSOU 1995, BOISSY ET AL. 2005, MÜLLER UND SCHRADER 2005). In einer Arbeit mit Schweinen konnte eine geringere Ängstlichkeit bei Ferkeln aus angereicherten Haltungen nachgewiesen werden. Die Tiere zeigten kürzere Latenzzeiten bis zum Verlassen ihres Abteils in einem ‚*novel environment*‘ Test (dt.: neue Umgebung). Allerdings konnte kein Unterschied in der Explorationszeit zwischen den Ferkeln aus angereicherten und den reizarmen Haltungsbedingungen gefunden werden (DE JONG ET AL. 2000). In einer weiteren Arbeit an Schweinen zeigte sich im durchgeführten ‚*open-field*‘ Test, anders als im vorliegenden Experiment, ein Einfluss von langanhaltender kognitiver Anreicherung. Die Anreicherung führte bei den Schweinen zu einer geringeren Aktivität im Gegensatz zu den Kontrolltieren, was als Anzeichen für verringerte Aufregung und

weniger ängstliches Verhalten interpretiert wurde (PUPPE ET AL. 2007). SIEBERT ET AL. (2011) haben insbesondere das Aufrichten als aktives Explorationsverhalten im ‚*open-field*‘ Test interpretiert. Eine hohe Aktivität und vermehrtes Aufrichten kann dabei als Motivation angesehen werden, den physischen Kontakt zu den Artgenossen wiederherstellen zu wollen. Als typische Reaktionen auf eine Isolation von seinen Sozialpartnern wird neben erhöhter Vokalisation auch eine generell erhöhte Aktivität angesehen (CAIRNS UND JOHNSON 1965, ZITO ET AL. 1977). Insgesamt weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die Tiere aus der strukturell angereicherten Umwelt im ‚*open-field*‘ Test eine höhere Verhaltenskompetenz aufwiesen. Die kognitive Anreicherung beeinflusste diese Verhaltenskompetenz nicht.

Obwohl in jedem der vier durchgeführten ‚*novel-object*‘ Tests ein anderes unbekanntes Objekt verwendet wurde, stieg die Kontakthäufigkeit über die vier Tests in allen Versuchsgruppen an. Sowohl die kognitive, als auch die strukturelle Anreicherung hatte einen Einfluss auf das Verhalten gegenüber dem unbekanntem Objekt. Die kognitive Anreicherung allein führte dazu, dass eine größere Anzahl Ziegen aus den Gruppen mit Lernautomat Kontakt zum unbekanntem Objekt hatte. Die Ziegen aus sowohl kognitiv, als auch strukturell angereicherten Abteilen waren weniger ängstlich und hatten häufiger Kontakt mit dem unbekanntem Objekt, als Tiere aus nicht angereicherten Haltungsbedingungen. Eine geringere Ängstlichkeit, oder aber eventuell auch ein höheres Interesse der Ziegen aus kognitiv angereicherten Haltungen gegenüber dem unbekanntem Objekt zeigte sich ebenfalls in der verkürzten Latenzzeit bis zum ersten Kontakt mit dem Objekt. Verschiedene andere Untersuchungen an Nutztieren zeigten ebenfalls, dass Tiere vor allem aus strukturell angereicherten Haltungsbedingungen weniger ängstlich waren und mehr Explorationsverhalten gegenüber einem unbekanntem Objekt zeigten (JONES 1996, VANDENHEEDE 1996, BEATTIE ET AL. 2000, HILLMANN ET AL. 2003). Im Gegensatz dazu, zeigten weitere Studien gegenteilige Ergebnisse. Dort führten strukturell reizarme Haltungsbedingungen bei Schweinen zu einer Erhöhung der Exploration neuer Umgebungen und unbekannter Objekte (STOLBA UND WOOD-GUSH 1980, MENDEL ET AL. 1997a, DE JONG ET AL. 1998). Daraus wurde geschlossen, dass Schweine, die in reizarmen Bedingungen gehalten wurden, eine höhere Motivation zur Exploration aufwiesen, als Tiere aus strukturell angereicherten Haltungsbedingungen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich eine strukturelle Umweltanreicherung generell positiv auf die Aktivität von Zwergziegen auswirkt. Kognitive Anreicherung führt zu keinem solchen Effekt, wirkt sich allerdings bei der Konfrontation und dem Umgang mit neuen Objekten aus. Aus diesem Grund bietet sich eine Integration von Elementen an, in denen sowohl strukturelle, als auch kognitive Anreicherungen berücksichtigt werden, um eine größere Verhaltensvielfalt auch unter Bedingungen in Gefangenschaft zuzulassen.

Bei der Untersuchung der Cortisolkonzentration im Speichel der Zwergziegen traten nur marginale Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen auf. Viel mehr war der generelle Anstieg vom Basiswert zur Cortisolkonzentration nach der Belastungssituation auffällig. Es zeigte sich ein Effekt der Interaktion zwischen der kognitiven Anreicherung und dem Zeitpunkt der Probenentnahme (vor bzw. nach dem ‚*open-field/novel-object*‘ Test). Insgesamt stieg der Cortisolwert im Speichel bei Ziegen aus kognitiv angereicherten Haltungsbedingungen weniger nach einer Belastungssituation an, als bei den Tieren aus kognitiv nicht angereicherten Bedingungen, was sich allerdings nicht signifikant nachweisen ließ. Eine strukturelle Anreicherung der Haltungsbedingungen wirkte sich nicht auf den Cortisolgehalt im Speichel aus, weder in den Basismessungen noch beim Anstieg nach dem Verhaltenstest. Zu ebendiesem Ergebnis

kamen auch DE JONG ET AL. (1998), in deren Studie bei Schweinen die physiologischen Reaktionen auf Stressoren gleich waren für die Tiere aus strukturell angereicherten und reizarmen Haltungsumwelten. Überraschenderweise wiesen aber die Tiere aus angereicherten Umwelten höhere Basiswerte im Speichelcortisol auf, als die Schweine aus reizarmen Bedingungen (DE JONG ET AL. 1998). Die Cortisolwerte die direkt nach dem Verhaltenstest genommen wurden, sanken vom ersten zum zweiten Test signifikant ab, was als Zeichen einer Habituation gedeutet werden könnte. Allerdings stiegen die Werte im Laufe der weiteren Tests wieder an, sodass im letzten Test der Cortisolwert zwar numerisch noch unter dem des ersten Tests lag, sich von diesem aber nicht mehr signifikant unterschied. Durch die wiederkehrende Belastung könnte es zu einer chronischen Stressbelastung gekommen sein, die zu einer Erhöhung der Cortisolwerte geführt hat. Insgesamt stellte die externe Belastungssituation in Form eines ‚*open-field/novel-object*‘ Tests einen deutlichen Stressor für die Zwergziegen dar, da die Cortisolkonzentration im Speichel nach dem Test signifikant erhöht war. Generell waren die Werte allerdings sehr niedrig und sind nur schlecht mit anderen Arten vergleichbar, da keine eigenen Cortisol Kits für die Ziege bestehen und diese validiert werden mussten. In einer aktuellen Studie zum Speichelcortisol während Transportsituationen mit einer anderen Ziegenrasse, wurden nach einem 30-minütigem Transport ca. vierfach höhere Werte gefunden (AL-BADAWI ET AL. 2012), als nach dem Verhaltenstest in der vorliegenden Arbeit.

Um weitere Aussagen zu physiologischen Änderungen infolge verschiedener Umweltanreicherungen treffen zu können, wurde die Herzaktivität der Zwergziegen im Haltungsabteil untersucht. Durch die Analyse der Herzaktivität während ruhiger Aktivität sollten kurzzeitige Effekte durch Änderung der physischen Aktivität, Erregung oder geistige Anstrengungen ausgeschlossen werden. Stattdessen konnten längerfristige Effekte der Haltung auf die Herzaktivität untersucht werden. Dabei zeigte sich, dass sowohl die Tiere aus strukturell angereicherten als auch reizarmen Haltungsbedingungen bei der ersten Messung eine erhöhte Herzfrequenz (HR) im Gegensatz zu den folgenden Messungen aufwiesen. Das zeigt, dass sich die Ziegen im Laufe des Experiments sowohl an die Haltungsbedingungen, als auch eventuell an die Messung an sich gewöhnten, da vor dem Versuch keine Gewöhnungsphase an die Messgurte stattfand. Zudem wiesen Tiere, die eine kognitive Anreicherung erfuhren, eine niedrigere HR auf, als die Tiere ohne kognitive Anreicherung im Haltungsabteil. Durch die langfristige Auseinandersetzung mit dem Lernautomaten scheint die niedrigere HR durch eine Verschiebung der vago-sympathische Balance in Richtung Vagus begründet zu sein. Die weitere Analyse der Herzfrequenzvariabilität (HRV) erlaubt die Unterscheidung, welcher Zweig des autonomen Nervensystems die Effekte auf die HR vermittelt (HAINSWORTH 1995). Während der RMSSD-Wert ein Anzeiger für die vagal vermittelten Änderungen darstellt (KLEIGER ET AL. 1995), scheint der SDNN-Wert ein Anzeiger für die sowohl sympathische, als auch parasympathische Aktivität des Herzens darzustellen (HOULE UND BILLMAN 1999). Für die Ziegen mit der niedrigeren HR wurde ein höherer RMSSD-Wert erwartet, d. h., dass sich auch hier ein größerer vagaler Einfluss zeigt. Gemittelt über alle Messwiederholungen, zeigte sich vor allem bei den Ziegen aus strukturell reizarmen Haltungsbedingungen ein positiver Einfluss des Lernautomaten auf den RMSSD-Wert. Da mit Hilfe des SDNN-Werts keine eindeutigen Aussagen zu Sympathikus und Vagus getroffen werden können, wird er als weniger wichtiger Parameter betrachtet. Ähnlich dem RMSSD-Wert, ist bei den Ziegen aus strukturell reizarmen Haltungsbedingungen der SDNN-Wert bei Tieren mit kognitiver Anreicherung höher, als bei den Tieren ohne kognitive Anreicherung im

Haltungsabteil. Im Verhältnis von RMSSD zu SDNN zeigte sich auch hier ein positiver Einfluss des Lernautomaten, sodass auch in diesem Parameter die Aktivität in Richtung des Vagus verschoben war. Insgesamt passen die Ergebnisse von HR, RMSSD sowie RMSSD/SDNN dahingegen zusammen, dass sich eine langfristige kognitive Anreicherung scheinbar positiv auf die Herzaktivität der Zwergziegen auswirkt. Eine hohe HRV, angezeigt durch hohe vagale Aktivität, steht für gute regulatorische Flexibilität und Anpassungsfähigkeit eines Tieres (FRIEDMAN UND THAYER 1998, THAYER UND STERNBERG 2006). Ist die Aktivität des Vagus allerdings verringert, führt dies zu einer hauptsächlich sympathischen Kontrolle, was eine Belastung des Tieres anzeigt (ZEBUNKE 2009). Auf Grund der kognitiven Anreicherung durch einen Lernautomaten scheinen die Ziegen bei ruhiger Aktivität entspannter in ihren gewohnten Haltungsabteilen zu sein, als Tiere ohne kognitive Anreicherung. Bereits bei Schweinen konnte auf Grund von kognitiver Anreicherung in Form eines sogenannten Ton-Schalter-Futterautomaten eine Entspanntheit der Tiere festgestellt werden (ZEBUNKE 2009).

Für die Untersuchung der räumlichen Lernleistung der Zwergziegen wurde ein Y-Labyrinth eingesetzt, in dem die Tiere sich für einen Arm entscheiden mussten, um zurück zu ihren Artgenossen zu kommen. Es wird angenommen, dass die soziale Wiederherstellung eine starke Motivation darstellt, um den Ausgang eines Labyrinths zu finden und somit zurück zur Gruppe zu gelangen (JANSEN ET AL. 2009). Bereits beispielsweise bei Ratten (JURASKA ET AL. 1984, PAYLOR ET AL. 1992), Schweinen (SNEDDON ET AL. 2000) und Mullen (DU TOIT ET AL. 2012) konnten positive Auswirkungen von strukturellen Umweltanreicherungen auf die räumliche Lernleistung der Tiere in einem Labyrinth festgestellt werden. Afrikanische Mulle etwa, die aus ihren komplexen natürlichen Höhlensystemen gefangen wurden, machten weniger Fehler und durchquerten ein Labyrinth schneller, als ihre Artgenossen, die in Gefangenschaft unter einfachen Bedingungen gehalten wurden. Der Einfluss von sowohl struktureller, als auch kognitiver Anreicherung wurde bisher noch nicht untersucht. Laut Literatur verwenden Ziegen in einem Labyrinth eine ‚win-stay‘-Strategie (dt.: wenn Gewinn, dann bleib). Wenn sie beispielsweise einen Ort mit Futter finden, tendieren sie beim nächsten Versuch zum selben Ort bzw. zum selben Arm (HOSOI ET AL. 1995). In der vorliegenden Arbeit lernten die Tiere aller Versuchsgruppen den ihnen zugewiesenen Arm. Es traten allerdings keine Unterschiede in der Lerngeschwindigkeit zwischen den verschiedenen Versuchsgruppen auf. Weder die strukturelle Anreicherung noch die langfristige kognitive Anreicherung durch visuelle Diskriminationsaufgaben am Lernautomaten hatten einen Einfluss auf andere kognitive Bereiche wie beispielsweise das räumliche Lernen in einem Labyrinth.

6. ZUSAMMENFASSENDER DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die vorliegende Arbeit befasste sich mit zwei unterschiedlichen Komplexen. In beiden Komplexen wurde zur kognitiven Umweltsanreicherung ein in die normale Haltungsumwelt integrierter Lernautomat bei Zwergziegen eingesetzt. Dieser bot den Tieren 24 Stunden am Tag visuelle vierfach-Diskriminationsaufgaben an, die bei erfolgreicher Bewältigung eine Belohnung in Form von Trinkwasser für die Ziegen bedeuteten. Die Ziegen konnten in der sozialen Gruppe individuell entscheiden wann und wie oft sie den Lernautomaten aufsuchten. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigen die hervorragenden kognitiven Lernleistungen von Zwergziegen (BALDWIN 1979, ROITBERG UND FRANZ 2004, KAMINSKI ET AL. 2005, LANGBEIN ET AL. 2007a, 2008). Im ersten Komplex (Experiment 1 und 2) wurden die generellen kognitiven Fähigkeiten der Zwergziegen untersucht. Der zweite Komplex (Experiment 3) beschäftigte sich mit den Auswirkungen von Umweltsanreicherungen auf das Verhalten und die Physiologie der Ziegen.

Durch die Vielzahl auftretender Informationen in einer komplexen Umwelt, spielt es eine große Rolle, die Informationen schnell und effizient verarbeiten zu können. Im **Experiment 1** dieser Studie konnte gemäß der Hypothese gezeigt werden, dass Zwergziegen in der Lage sind, offene Kategorien unter Verwendung künstlicher visueller Symbole zu etablieren und auch über neue Symbole generalisieren können. Dies entspricht nach der Einteilung des Kategorielernens von HERRNSTEIN (1990) dem Level 3 und stellt nach der Lern-Intelligenz-Hierarchie von THOMAS (1996) die Ebene 6 von 8 dar. Diese Feststellung wird belegt durch die Lernleistung der Ziegen während des Trainings, als auch teilweise des Transfer-Tests. Die Ergebnisse des Trainings deuten darauf hin, dass die beiden zu etablierenden Kategorien bereits nach drei Trainingsaufgaben erfasst wurden, da von Aufgabe 3 zu Aufgabe 4 ein deutlicher Anstieg im Lernerfolg zu verzeichnen war und das in der nachfolgenden Aufgabe belohnte Symbol ab dem vierten Vor-Test von Beginn an signifikant vor den anderen präferiert wurde. Obwohl im Transfer-Test einige Aufgaben schlechter diskriminiert wurden als andere, spricht die Erfolgsrate bei der jeweils ersten Wahl über alle neuen Transfer-Aufgaben von insgesamt über 70 % eindeutig für die Erarbeitung offener Kategorien mit Hilfe künstlicher Symbole. Es wird vermutet, dass die deutlich niedrigere Lernleistung in den zweiten acht Transfer-Aufgaben mit Wahrnehmungsschwierigkeiten eines spezifischen Symbols in Zusammenhang steht. Dies konnte allerdings nicht eindeutig geklärt werden und muss durch weitere Untersuchungen mit ähnlichen Symbolen überprüft werden. Dennoch wurden die Fähigkeiten der Zwergziegen neben dem Lernen zu Lernen und dem konkurrierenden Lernen, durch die Fähigkeit offene Kategorien zu lernen, erweitert. Ob sie aber auch in der Lage sind, konzeptionelle Kategorien zu erarbeiten, muss noch überprüft werden. Einen ersten Ansatz dazu lieferten ROITBERG UND FRANZ (2004), die bei einer von 17 untersuchten Ziegen die Fähigkeit des Konzeptlernens suggerieren. Bei der Kategoriebildung handelt es sich zwar um eine grundlegende kognitive Funktion, die es den Tieren ermöglicht Konzepte zu verstehen (ZAYAN UND VAUCLAIR 1998), allerdings ist es sehr schwer, zwischen der

Fähigkeit zur Bildung offener Kategorien und dem Verständnis von Konzepten zu unterscheiden (HERRNSTEIN 1990).

Das wohl wesentlichste Merkmal von Nutztieren ist ihre Geselligkeit und das Zusammenleben in Gruppen (KEELING UND GONYOU 2001). Dabei spielt das gegenseitige Lernen durch Beobachtung von Verhaltensweisen oder Aktivitäten oft eine entscheidende Rolle, um schneller Herausforderungen bewältigen zu können, ohne sich den Lösungsweg durch einen eventuell langen Prozess selbst aneignen zu müssen. Daher wurde im **Experiment 2** untersucht, ob Zwergziegen durch Beobachtung erfahrener Demonstratoren (direkt live bzw. über einen Bildschirm) zwei verschiedene visuelle Diskriminationsaufgaben schneller erlernen konnten als Kontrolltiere, die keine Möglichkeit zur Beobachtung der Demonstratoren hatten. Auf Grund generell sehr weniger Beobachtungen der Demonstratoren sowohl durch die Plexiglasscheibe, als auch über den Bildschirm, erwies sich die Auswertung und Interpretation der Daten als sehr schwierig. Nur in der zweiten Aufgabe zeigten Ziegen mit der Möglichkeit zur Beobachtung der Demonstratoren über einen Bildschirm einen höheren Lernerfolg, als sowohl die Tiere aus der Gruppe mit der Möglichkeit zur direkten live-Beobachtung der Demonstratoren, als auch Tiere aus der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied ließ sich allerdings nicht auf die erhöhte Anzahl an Beobachtungen zurückführen. Scheinbar spielten andere Parameter eine Rolle, die im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden konnten. Die Annahme, dass Zwergziegen fähig zum sozialen Lernen sind, konnte mit dem in dieser Arbeit durchgeführten Ansatz nicht nachgewiesen werden. Dass Zwergziegen eine Herausforderung durch Beobachtung erfahrener Demonstratoren schneller bewältigen können, muss in weiteren Untersuchungen mit abgeänderten Versuchsbedingungen überprüft werden. Neben der Umstrukturierung der Elemente in den Versuchsabteilungen könnte auch eine andere Art von Lernaufgabe eingesetzt werden.

In der intensiven Landwirtschaft haben Nutztiere nur eingeschränkt die Möglichkeit, artspezifisches Verhalten auszuführen. Während durch strukturelle Umweltanreicherung bereits positive Auswirkungen auf das tierische Wohlbefinden nachgewiesen werden konnten, ist über den Einfluss von kognitiver Umweltanreicherung in diesem Kontext bis jetzt erst wenig bekannt. Da sich Haltungsbedingungen allerdings signifikant auf das Verhalten und die Physiologie von Tieren in Gefangenschaft auswirken können (KRAUSE ET AL. 2006), wurden im **Experiment 3** die Auswirkungen von sowohl struktureller als auch kognitiver Umweltanreicherung untersucht. Gemäß den Erwartungen zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass strukturelle Anreicherung zu einer Erhöhung der Lernfähigkeit bei Zwergziegen führt. Zudem steigert sowohl strukturelle, als auch kognitive Anreicherung verschiedene Aspekte des Verhaltens der Tiere in externen Belastungssituationen, wie beispielsweise dem ‚*open-field/novel-object*‘ Test. Strukturelle Anreicherungen der Haltungsumwelt wirkten sich dabei positiv auf die generelle Aktivität der Ziegen aus, kognitive Umweltanreicherung hingegen führte zu einer gesteigerten Auseinandersetzung und Neugier gegenüber unbekanntem Objekten. Das zeigt, dass vor allem eine Kombination aus diesen eingesetzten Formen der Umweltanreicherung zu einer erhöhten Verhaltenskompetenz der Zwergziegen führt. Entgegen der Hypothese, wirkten sich unterschiedliche Formen von Umweltanreicherung weder auf die Stressbelastung in einer externen Belastungssituation, gemessen durch den Cortisolgehalt im Speichel, noch auf die räumliche Lernleistung der Zwergziegen in einem Labyrinth aus. Da die Ziegen im ‚*open-field/novel-object*‘ Test zwar visuell, nicht aber akustisch und olfaktorisch von ihren Artgenossen isoliert waren, stellte der Test möglicherweise keine so große Stressbelastung für die Tiere dar, sodass keine Unterschiede zwischen den Gruppen auftraten.

Für Auswirkungen auf die räumliche Lernleistung der Tiere könnten die angebotenen Umweltanreicherungen eventuell nicht geeignet gewesen sein oder sie wurden nicht lang genug mit diesen konfrontiert.

Zumeist werden Lernversuche unter streng kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Im Training, das separiert von der sozialen Gruppe und der gewohnten Umgebung durchgeführt wird, werden einzelne Tiere in vordefinierten Anzahlen an Wahlen getestet. Diese Beschränkungen können sich allerdings negativ auf die Lernleistung der Tiere auswirken (THOMAS ET AL. 1985, MENDEL 1999, SONDERGAARD UND LADEWIG 2004), da die Tiere nicht selbst entscheiden können wo und wann sie lernen wollen. Bisher existieren erst wenige Studien, in denen Tiere unter authentischen Lernbedingungen in normalen sozialen Haltungsbedingungen agieren (z. B. LEPOIVRE UND PALLAUD 1986, DREA UND WALLEN 1995, PUPPE ET AL. 2007). Durch die Integration eines voll automatischen Lernautomaten im Haltungsabteil stellt die vorliegende Studie einen weiteren Ansatz dar, in dem die Beschränkungen der meisten Lernuntersuchungen umgangen werden. Der eingesetzte ‚*closed-economy approach*‘ (dt.: Ansatz einer geschlossenen Ökonomie; HURSH 1980) erlaubt es den Zwergziegen, durch den Lernautomaten individuell in ihrer sozialen Gruppe und in ihrer bekannten Haltungsumwelt zu lernen, was auch für eine Vielzahl an Lernstudien weiterempfohlen wird. Die Tiere lernten in allen Phasen der Experimente selbständig unter natürlichen Bedingungen in gewohnter sozialer Umgebung, ohne eine Separation von der Gruppe. Gerade für soziale Arten ist es wichtig, Untersuchungen zur Lernleistung unter normalen Haltungsbedingungen und im sozialen Umfeld durchzuführen (SCHRIER UND THOMPSON 1984, DREA UND WALLEN 1995). Bei der Gewöhnung an den Lernautomaten ergab sich eine relativ lange Anlernphase, da die Ziegen individuell jeden Schritt allein durch Versuch und Irrtum (engl.: *trial and error-learning*) erlernen mussten. Die Ziegen lernten somit Schritt für Schritt, den Lernautomaten zu betätigen. Bei einer sofortigen Konfrontation mit dem komplexen Lernautomaten hätte es andererseits zu Überforderung und somit auch zu Frustration und Stress kommen können. In allen drei Experimenten wurden jeweils lernaive juvenile Tiere eingesetzt, da jüngere Tiere normalerweise neue Verhaltensweisen durch Lernen schneller entwickeln als ältere Tiere (MILGRAM 2003). Den Ziegen stand der Lernautomat 24 Stunden zur Verfügung, sodass sie eine unbegrenzte Anzahl an Wahlen durchführen und selbst entscheiden konnten, wann und wie lange sie lernen wollten. Das Lernen verlief über die gesamte Zeit ohne menschliche Störung, denn andernfalls könnte es zu zusätzlichen unbeabsichtigten Verstärkung durch den Experimentator kommen („Kluger Hans“-Phänomen, SEBEOK 1970). Durch das angewendete Versuchsdesign war es möglich, das individuelle Lernverhalten größerer Gruppen von Zwergziegen gleichzeitig zu untersuchen. Da es in dieser Untersuchung keine Beschränkung der Anzahl an Wahlen für das einzelne Tier gab, konnte der Wasserbedarf auch ohne steigenden Lernerfolg, allein durch eine erhöhte Frequenz an Schalterbetätigungen gedeckt werden. Eine tägliche Kontrolle der abgerufenen Wassermengen ist bei diesem Versuchsdesign unerlässlich, um eventuell auftretende Unterversorgungen der Tiere, beispielsweise durch Erkrankungen bzw. einen defekten Lernautomaten, umgehend zu beheben.

Obwohl Tiere in sehr vielen Untersuchungen zum Lernen mit zweifach-Wahlaufgaben konfrontiert werden, hat sich bei Zwergziegen der Einsatz von vierfach-Diskriminationsaufgaben etabliert, da diese von den Tieren schneller gelernt werden, als Aufgaben mit nur zwei Wahlmöglichkeiten (FRANZ UND ROITBERG 2001). Dieses Ergebnis konnte ebenfalls schon bei Ratten bestätigt werden, die vierfach- schneller als zweifach-Wahlaufgaben lernten, welche aus geometrischen Symbolen bestanden

(WEAVER UND MICHELS 1961). Zudem müssen Tiere im normalen Leben meistens zwischen mehr als zwei Varianten wählen. Eine Erhöhung der zu diskriminierenden Stimuli steigert den Druck für die Ziegen, das korrekte Symbol zu lernen, da die Wahrscheinlichkeit die Belohnung zu bekommen, nur 0,25, statt 0,5 wie bei zweifach-Wahlaufgaben, beträgt. In den meisten Lernversuchen werden essentielle Ressourcen als Belohnung für die Bewältigung von Herausforderungen eingesetzt, über die Tiere in Gefangenschaft nur wenig Kontrolle haben und somit eine konstant hohe Lernmotivation gewährleistet ist (MANTEUFFEL ET AL. 2009a). Am häufigsten wird dabei Futter eingesetzt. In einigen Studien bekommen die Tiere einige Zeit vor dem Versuch zudem kein Futter mehr, um die Lernmotivation nochmals zu erhöhen (KANETO 1997). Dies kann allerdings auch dazu führen, dass die Tiere unüberlegte oder ungeduldige Wahlen ausführen, was ungewollt das Lernverhalten beeinflussen kann. Durch den unbegrenzten Zugang zum Lernautomaten in der vorliegenden Studie, besteht beim Einsatz von Futter als Belohnung die Gefahr der Überkonsumierung und somit eine Verfettung der Ziegen (LANGBEIN unveröffentlicht). Aus diesem Grund wurde mit Trinkwasser als Belohnung gearbeitet, das ebenfalls konstant von den Tieren benötigt, im Gegensatz zu Futter aber nicht überkonsumiert wird. Werden alle Wahlen der Ziegen mit Trinkwasser belohnt, liegt die Anzahl der Aktionen konstant zwischen 34 bis 44 (LANGBEIN ET AL. 2004). Dies entspricht durchschnittlich einer konsumierten Wassermenge von 1,0 bis 1,3 Liter pro Tier.

In allen drei durchgeführten Experimenten der vorliegenden Arbeit wurden die Zwergziegen durch das Lernen visueller vierfach-Diskriminationsaufgaben herausgefordert, was eine kognitive Anreicherung der Haltungsumwelt bedeutet. Durch die Bewältigung der gestellten Herausforderungen und der damit verbundenen Ausgabe einer Belohnung, konnten die Tiere durch ihr aktives und zielgerichtetes Verhalten eine gewisse Kontrolle über ihre Umwelt erlangen (SAMBROOK UND BUCHANAN-SMITH 1997, JONES UND NICOL 1998). Durch solch eine Kontrolle erfahren die Tiere etwas über die Konsequenzen ihrer Aktionen, was als wichtiger Faktor für Wohlbefinden angesehen wird und bei Verlust als wesentliche Ursache für Disstress sorgt (BASSETT UND BUCHANAN-SMITH 2007). Somit wird die Aneignung von Kontrolle als ein bedeutender Faktor bei der Anreicherung von Haltungsumwelten angesehen (SAMBROOK UND BUCHANAN-SMITH 1997, LAULE UND DESMOND 1998). Der in dieser und früheren Studien durchgeführte Ansatz zur kognitiven Umweltsanreicherung bei Zwergziegen (LANGBEIN ET AL. 2004, 2009) oder auch der schon in der Praxis erprobte Ansatz bei Schweinen (ERNST ET AL. 2005, PUPPE ET AL. 2007, ZEBUNKE ET AL. 2011) zeigt, wie sich ein automatisch ablaufendes Training, das in die normale Haltungsumwelt integriert ist, positiv auf Lernleistung, Verhalten und Physiologie der Tiere auswirken kann. Mit Hilfe von Umweltsanreicherungen können nicht nur Reizarmut, Langeweile und Frustration von Tieren in Gefangenschaft verhindert werden. Durch erfolgreiche Bewältigung der Aufgaben kann es langanhaltend zu positiv-emotionalen Beurteilungen führen, die sich positiv auf das tierische Wohlbefinden auswirken können (MEEHAN UND MENCH 2007, PUPPE ET AL. 2007), vor allem wenn die Tiere eine Belohnung erwarten (SPRUIJT ET AL. 2001). Bei Nutztieren konnte bereits mehrfach gezeigt werden, dass die Tiere bereit dafür sind, für eine Ressource zu arbeiten, um eine Belohnung in Form von z. B. Futter oder Wasser zu erhalten, auch wenn diese frei zur Verfügung steht. Dieses als ‚*Contrafreeloading*‘ bezeichnete Phänomen (OSBORNE 1977) konnte beispielsweise bei Schweinen (DE JONGE ET AL. 2008), Rindern (HESSLE ET AL. 2008), Hühnern (LINDQVIST UND JENSEN 2008) und auch bei Zwergziegen (LANGBEIN ET AL. 2009) nachgewiesen werden. Dies zeigt, dass sich die eingesetzten Aufgaben zur

Anreicherung der Haltungsumwelten eigneten und sich die Tiere freiwillig mit den Herausforderungen beschäftigten, um an ihre Belohnung zu kommen. Nach einem Training der gestellten Aufgaben kann es zur Aktivierung des affektiven Belohnungssystems kommen, was bei Schweinen durch ein akustisches Konditionierungsparadigma bereits nachgewiesen werden konnte (KALBE UND PUPPE 2010).

Da Lernen eine wesentliche Eigenschaft von Tieren ist, sind diese generell gut in der Lage, kognitive und sensorische Herausforderungen zu bewältigen (Nicol 1996, WECHSLER UND LEA 2007). Für das zukünftige Design von artgerechten Apparaten zur kognitiven Anreicherung von Haltungseinrichtungen ist ein umfassendes Wissen über die Lernfähigkeit von Nutztieren Voraussetzung (MANTEUFFEL ET AL. 2009a). Bei der Anwendung vor allem kognitiver Umweltsanierungen ist es grundsätzlich wichtig, die Aufgaben so zu wählen, dass sie für die jeweilige Tierart geeignet und potentiell lösbar sind und somit den jeweiligen kognitiven Fähigkeiten angepasst werden (MEEHAN UND MENCH 2007, WECHSLER UND LEA 2007, MEYER ET AL. 2010). Allerdings muss eine generelle Lernanforderung gewährleistet sein, um die Motivation auch über eine lange Zeit hoch zu halten (MEEHAN UND MENCH 2007). Andersfalls entwickeln sich schnell Routinen, die dann nur eingeschränkt oder keine kognitive Herausforderung mehr darstellen. Beim kommerziellen Einsatz von Umweltsanierungen in die Haltungssysteme von Nutztieren, sollte das Training der Tiere automatisch ablaufen und nur wenig Hilfe durch den Menschen nötig sein (WECHSLER UND LEA 2007). Der ausreichende Zugang zu den Automaten und die Versorgung mit den als Belohnung eingesetzten, oftmals essentiellen, Ressourcen wie Futter und Wasser muss auch bei einem geringen Lernerfolg sichergestellt sein. Es sollte dabei nicht nur überprüft werden, ob die Tiere die Herausforderungen lösen können, sondern ob sich diese auch positiv auf das Wohlbefinden auswirken (MANTEUFFEL ET AL. 2009a). Allerdings scheitert eine Anreicherung oft schon an den entstehenden finanziellen Kosten, dem erhöhten Platzbedarf oder auch dem gesteigerten Zeitaufwand für Planung, Umsetzung und Pflege der (Stall)anlage. Auch lassen sich die verschiedenen Studien zur Umweltsanierung oft nicht vergleichen. Es bestehen große Unterschiede in den Ausmaßen der Anreicherung, da es keine standardisierten Vorgaben gibt, ab wann es sich um eine Anreicherung handelt (NEWBERRY 1995). Es wird allerdings empfohlen, Nutztiere so bald wie möglich mit den Haltungsbedingungen vertraut zu machen, in denen sie während ihres Erwachsenenalters gehalten werden (KRAUSE ET AL. 2006).

Die vorliegende Arbeit bestätigt die sehr guten kognitiven Fähigkeiten von Zwergziegen sowie die positiven Auswirkungen verschiedener Formen der Umweltsanierung auf das Verhalten der Tiere. Zwar lassen sich die Ergebnisse mit den angewendeten Versuchsbedingungen nicht unverändert auch auf andere sozial lebende Wiederkäuer übertragen. Allerdings wird davon ausgegangen, dass alle Wiederkäuer ähnliche kognitive Fähigkeiten aufweisen. Zur Untersuchung aller Arten müssten allerdings die Herausforderungen, Apparaturen und Bedingungen tierartspezifisch modifiziert werden, was sowohl aus Kosten- als auch aus Zeitgründen nur schwer umsetzbar ist. Trotzdem zeigt die vorliegende Studie neben weiteren bisher veröffentlichten Untersuchungen vor allem zur kognitiven Umweltsanierung, dass angemessene Herausforderungen und Aufgaben in die normale Haltungsumwelt von Nutztieren implementiert werden sollten, um somit deren Tiergerechtigkeit zu erhöhen. Sofern es jedoch nicht durch Gesetze vorgeschrieben wird oder ein ökonomischer Anreiz für die Implementierung besteht, verhindern oft Einschränkungen wie beispielsweise die anfallenden Kosten eine Verbesserung der Haltungsumwelt (MANTEUFFEL ET AL. 2009a). Dennoch müssen in der Tierhaltung die Umweltbedingungen generell durchdacht

gestaltet sein, da die aktuelle Tierschutzgesetzgebung in Deutschland (TierSchG 2006, TierSchutzNutzV 2006) den generellen Schutz des Wohlbefindens, als auch eine verhaltensgerechte Haltung von Tieren fordert, sodass die Tiere die Möglichkeit haben, Beschäftigungs- und Erkundungsverhalten ausüben zu können. Zukünftig werden Tierhaltung, Management und Tierzucht nicht nur von der Gesetzgebung, sondern auch vom Verbraucher dahingehend beobachtet, ob sie die kognitiven Fähigkeiten der Tiere berücksichtigen und zur Verbesserung von Tierschutz und Wohlbefinden beitragen (PUPPE ET AL. 2012).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die vorliegende Arbeit am Beispiel der Zwergziege einen Beitrag zur Beurteilung der Lernfähigkeit von Nutztieren unter normalen Haltungsbedingungen und ohne menschliche Einflussnahme sowie zur Bewertung der Auswirkungen von struktureller und kognitiver Anreicherungen der Haltungsumwelt auf das Verhalten und die Physiologie von Tieren leistet. Neben grundlegenden Änderungen der Haltungsbedingungen zur Erhöhung des tierischen Wohlbefindens kann sich durch das Wissen über die kognitiven Fähigkeiten von Nutztieren auch die Einstellung des Menschen gegenüber den Tieren grundlegend ändern, sodass Aussagen wie beispielsweise „dumme Ziege“ noch einmal überdacht werden müssen.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Nutztiere müssen sich in der intensiven Landwirtschaft mit vielen Änderungen in ihrer Umgebung auseinandersetzen. Dazu zählen neben neuen Haltungssystemen auch die Konfrontation mit neuem Futter oder die Neugruppierung mit unbekanntem Artgenossen. Aber auch die steigende Automatisierung der Tierhaltung stellt höhere kognitive Anforderungen an die Nutztiere. Die Lernprozesse der Tiere spielen während dieser Änderungen eine wichtige Rolle, da erfolgreiches Lernen dazu beiträgt, die Ungewissheit in neuen Situationen zu reduzieren, die Vorhersagbarkeit der Umwelt zu erhöhen und das Belohnungssystem wiederholt zu stimulieren. Durch die Aneignung von Kenntnissen über kognitive Lernleistungen von Nutztieren können diese bei der Berücksichtigung der zukünftigen Gestaltung von Haltungsumwelten das Wohlbefinden der Tiere positiv beeinflussen. Die vorliegende Arbeit befasste sich am Beispiel der Afrikanischen Zwergziege (*Capra hircus*) mit zwei Untersuchungskomplexen. Der erste Komplex beschäftigte sich mit kognitiven Fähigkeiten von Zwergziegen unter natürlichen Haltungsbedingungen (Experiment 1 und 2). Der zweite Komplex untersuchte die Auswirkungen verschiedener Formen von Umweltanreicherung auf die Lernleistung, das Verhalten und die Physiologie der Ziegen (Experiment 3).

In allen drei Experimenten stand den Tieren als kognitive Anreicherung ein in die Haltungsumwelt integrierter automatischer Lernautomat 24 Stunden am Tag zur Verfügung. Bei erfolgreicher Bewältigung der angebotenen visuellen vierfach-Diskriminationsaufgaben erhielten die Ziegen als Belohnung Trinkwasser, welches nur am Lernautomaten verfügbar war. Anders als bei den meisten Lernversuchen, bei denen Tiere eine vordefinierte Anzahl an Wahlen in einer künstlichen Umgebung ausführen, hatten die Ziegen uneingeschränkt Zugang zum Lernautomaten und somit individuelle Lernbedingungen in der gewohnten sozialen Gruppe ohne menschliche Störung. Mit Hilfe dieses Versuchsdesigns war es möglich, das individuelle Lernverhalten größerer Gruppen von Zwergziegen gleichzeitig zu untersuchen.

Im **Experiment 1** wurde die Fähigkeit von Zwergziegen untersucht, offene Kategorien (d. h. Kategorien, die potentiell eine unbegrenzte Anzahl an Stimuli enthalten können) anhand künstlicher Symbole zu erarbeiten. Dabei wurden insgesamt 26 Tiere auf acht verschiedene Diskriminationsaufgaben, bestehend aus je vier Symbolen, trainiert. Die eingesetzten Symbole konnten zwei verschiedenen Kategorien zugeordnet werden: die Wahl schwarz gefüllter Symbole blieb unbelohnt, während Symbole mit einem weißen Zentrum belohnt wurden. Die tatsächliche Fähigkeit zur Kategoriebildung, ob auch neue Symbole spontan generalisiert und in die richtigen Kategorien eingeordnet werden können, wurde in einem anschließenden Transfer-Test überprüft. Es konnte gezeigt werden, dass Zwergziegen in der Lage sind, offene Kategorien unter Verwendung künstlicher visueller Symbole zu etablieren, aber auch über neue Symbole zu generalisieren. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Tiere bereits nach drei Trainingsaufgaben die Kategorien erfassten. Bei einigen Symbolen hatten die Zwergziegen Schwierigkeiten bei der Diskrimination. Trotzdem bestätigte insgesamt die Lernleistung im Transfer-Test die Fähigkeit zur Kategorieerfassung eindeutig.

Das **Experiment 2** beschäftigte sich mit dem sozialen Lernen bei Zwergziegen (insgesamt 39 Tiere). Es wurde überprüft, ob die Tiere visuelle Diskriminationsaufgaben mit einem höheren Lernerfolg beantworten können, wenn ihnen die Möglichkeit zur Beobachtung erfahrener Demonstratoren gegeben wird. Die Ziegen konnten erfahrene Artgenossen beim Diskriminieren zwei verschiedener Aufgaben am Lernautomaten beobachten. Dabei wurde unterschieden, ob die Beobachtung direkt live durch eine Plexiglasscheibe erfolgte oder aber die Aktionen der Demonstratoren live auf einen im Abteil befindlichen Flachbildschirm übertragen wurden. Die Kontrollgruppe hatte keine Möglichkeit zur Beobachtung der Demonstratoren. Die Zwergziegen zeigten generell sehr wenige Beobachtungen der Demonstratoren. In der ersten Diskriminationsaufgabe ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen und im Vergleich zur Kontrollgruppe. In Aufgabe 2 war der Lernerfolg der Ziegen mit dem Bildschirm im Abteil höher, sowohl bei den direkt live beobachtenden Ziegen, als auch bei der Kontrollgruppe. Die beiden letzteren Gruppen unterschieden sich untereinander nicht. Der höhere Lernerfolg ließ sich allerdings weder auf die Anzahl, noch auf die Dauer der Beobachtungen zurückführen. Mit dem durchgeführten Ansatz konnte letztlich die Fähigkeit zum sozialen Lernen bei Zwergziegen nicht nachgewiesen werden.

Das mehr praktisch orientierte **Experiment 3** beschäftigte sich mit der Auswirkung von sowohl struktureller als auch kognitiver Anreicherung auf die Lernleistung in visuellen Diskriminationsaufgaben, auf das räumliche Lernen in einem Labyrinth, als auch auf das Verhalten und die physiologische Stressreaktion in einer externen Belastungssituation (*open-field/novel-object* Test) von insgesamt 34 Zwergziegen. Als strukturelle Anreicherung dienten Einstreu und verschiedene Beschäftigungselemente. Über den Lernautomaten angebotene Diskriminationsaufgaben stellten die kognitive Anreicherung dar. Es zeigte sich, dass strukturelle Anreicherung die Lernleistung langfristig positiv beeinflusste. Sowohl strukturelle, als auch kognitive Anreicherung steigerten verschiedene Aspekte der Verhaltenskompetenz von Ziegen in externen Belastungssituationen. Strukturelle Anreicherung wirkte sich dabei positiv auf die generelle Aktivität aus, kognitive Umwelтанreicherung führte hingegen zu einer gesteigerten Auseinandersetzung gegenüber unbekanntem Objekten. Allerdings hatten beide Formen der Anreicherung weder einen Einfluss auf den Cortisolgehalt im Speichel im Verhaltenstest, noch auf die räumliche Lernleistung der Zwergziegen in einem Labyrinth. Möglicherweise war der ‚*open-field/novel-object*‘ Test als Stressor nicht groß genug, um entsprechende Änderungen hervorzurufen oder die Anreicherungen wurden nicht lang genug angeboten.

Mit Hilfe automatischer Systeme in der Tierhaltung, die speziell auf die sensorischen Eigenschaften der jeweiligen Tierart angepasst werden, kann Stress und Frustration vermieden werden. Neben der Verbesserung des Managements bietet die Bereitstellung von angemessenen und lösbarer Herausforderungen den Tieren eine gewisse Kontrolle über einige Aspekte ihrer Haltungsumwelt. Dadurch werden einerseits die kognitiven Fähigkeiten der Tiere angesprochen und Reizarmut in der Haltung verringert, andererseits wirken sich wiederholte positiv-affektive Zustände im Zusammenhang mit der erfolgreichen Bewältigung von Herausforderungen nachweisbar positiv auf das tierische Wohlbefinden aus. Die vorliegende Arbeit leistet einerseits einen Beitrag zur Grundlagenforschung über kognitive Fähigkeiten von Nutztieren und zeigt andererseits die positiven Auswirkungen von Umwelтанreicherungen im Stallalltag auf. Aus diesem Grund wird die Implementierung von Herausforderungen und Anreicherungen in die Haltungsumwelt von Nutztieren vorgeschlagen, um somit die Tiergerechtigkeit zu erhöhen.

8. SUMMARY

In an intensive husbandry, farm animals have to deal with various changes in their environment. In addition to new housing systems, this also includes the confrontation with new types of food or the regrouping with unknown conspecifics. However, the increasingly enhanced automation of animal husbandry leads to higher cognitive demands on farm animals. During these changes, learning processes of the animals are of particular importance, as they reduce the uncertainty in new situations, increase the predictability of the environment and repeatedly stimulate the rewarding system. By enhancing the understanding of cognitive learning efficiencies of farm animals, the housing systems could be adapted to the specific sensory capabilities and thus positively influence animal welfare. This study investigates two different aspects of animal husbandry using the example of Nigerian dwarf goats (*Capra hircus*). In a first assessment the cognitive abilities of dwarf goats were investigated under natural housing conditions (experiment 1 and 2). In a second assessment the effects of different forms of enrichment on learning efficiency, behaviour and physiology of dwarf goats were determined (experiment 3).

For the cognitive enrichment of goats, an automatic learning device, integrated in the normal housing conditions, was made available 24 hours to the animals during all experiments. By successfully accomplishing of visual four-choice discrimination tasks, presented by the learning device, the goats received water as a reward. Water was only available at the device. Unlike the most learning studies, where animals have to perform a predefined number of choices in an artificial environment, during this study the goats had unlimited access to the device and therefore individual conditions for learning in their usual social environment without human disturbance. With this experimental setup it was possible to examine the individual learning behaviour of larger groups of goats simultaneously.

Experiment 1 investigated the capability of dwarf goats to develop open-ended categories (categories, potentially containing an unlimited number of stimuli) by means of artificial symbols. The animals were trained for eight different discrimination tasks, each one consisting of four different symbols. The symbols used could allocate two different categories: the selection of solid black symbols remained unrewarded, whereas choosing a symbol with an open centre was rewarded. The general capacity to establish categories, and the skills for generalising also new symbols to be classified in the right category, was tested in a subsequent transfer-test. It was shown that on the basis of artificial visual symbols dwarf goats are able to establish open-ended categories and to generalise on new symbols. The results indicate that the goats did understand the categories already after three training tasks. The animals had difficulties to discriminate some symbols. However, the overall learning efficiency in the transfer-test clearly confirmed the acquisition of the categories.

Experiment 2 dealt with the social learning capacity of dwarf goats. It was sought to verify if the animals were able to respond to visual discrimination tasks with increased learning efficiency when they had the possibility to observe experienced demonstrators. Goats could observe experienced conspecifics while these performed

two different discrimination tasks in the learning device. It was distinguished if the observations took place directly through a perspex disk or if the choices of the demonstrators were transferred real time on a monitor situated in the home pen. The control group had no possibility to observe any demonstration. Generally, there were only very few observations of the demonstrators. In the first discrimination tasks there were no differences between the experimental groups and the control group. In discrimination task 2, the goats with the possibility to observe on a monitor showed higher learning success than goats which observed directly or animals of the control group. There were no differences between learning of the two latter groups. However, the increased learning success was not related to the amount or duration of observations. Thus, based on the results of this experiment, we did not find indications suggesting social learning in dwarf goats.

The more practical **experiment 3** examined the impact of structural and cognitive enrichment on the learning performance in visual discrimination tasks, the spatial learning in a maze and the behaviour as well as the physiological stress response in an external loading situation (open-field/novel-object test). For structural enrichment a huge amount of litter and several opportunities for activity were introduced. Different discrimination tasks presented by the learning device represented the cognitive enrichment. The results showed that prolonged structural enrichment positively affected the learning performance of dwarf goats. Both structural and cognitive enrichment improved different aspects of the behavioural competence of goats in external loading situations. Whereas the general activity was positively influenced by structural enrichment, cognitive enrichment led to an increased confrontation towards unknown objects. However, both forms of enrichment had no influence neither on cortisol concentrations in the saliva in the external loading situation nor on the spatial learning performance of the goats in a maze. Possibly the open-field/novel-object test was insufficient as a stressor to cause modifications or the enrichment was not offered long enough.

Due to automatic systems in animal husbandry, which were adapted to the sensory abilities of the particular animals, stress and frustration of farm animals could be avoided. In addition to the improvement of the management, adequate and solvable challenges provide the animals a certain control over some aspects of their environment. As a result the cognitive capabilities were demanded and the lack of excitement reduced. On the other hand, repeated positively-affected conditions in conjunction with successful coping promote animal welfare. This study contributes to fundamental research on cognitive capabilities of farm animals and furthermore shows the positive impacts of enrichment in animal husbandry. Therefore, it is proposed to implement challenges and enrichment into housing systems of farm animals in order to increase animal welfare.

9. LITERATUR

- Aarnink AJA, Swierstra D, van den Berg AJ, Speelman L (1997): Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries. *Journal of Agricultural Engineering Research* 66, 93-102
- Adler LL, Adler HE (1977): Ontogeny of observational learning in the dog (*Canis familiaris*). *Developmental Psychobiology* 10, 267-271
- Al-Badawi MA, Mohamed HE, Alhaidary A, Al-Hassan MJ (2012): Plasma and salivary cortisol levels in transportationstressed Aardi goats. *Journal of Animal & Plant Sciences* 13, 1731-1735
- Alpert M, Schein MW, Beck CH, Warren M (1962): Learning set formation in young chickens. *American Zoologist* 2, 502
- Arave CW (1996): Assessing sensory capacity of animals using operant technology. *Journal of Animal Science* 74, 1996-2009
- Averos X, Brossard L, Dourmad JY, de Greef KH, Edge HL, Edwards SA, Meunier-Salaun MC (2010): A meta-analysis of the combined effect of housing and environmental enrichment characteristics on the behaviour and performance of pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 127, 73-85
- Baer KL, Potter GD, Friend TH, Beaver BV (1983): Observation effects on learning in horses. *Applied Animal Ethology* 1, 123-129
- Bailey DW, Rittenhouse LR, Hart RH, Richards RW (1989): Characteristics of spatial memory in cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 23, 331-340
- Baker AEM, Crawford BH (1986): Observational-learning in horses. *Applied Animal Behaviour Science* 15, 7-13
- Baker LM (1997): *Learning and Behavior. Biological, psychological, and sociocultural perspectives*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey
- Baldock NM, Sibly RM (1990): Effects of handling and transportation on the heart rate and behaviour of sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 28, 15-39
- Baldwin BA (1977): Ability of goats and calves to distinguish between conspecific urine samples using olfaction. *Applied Animal Ethology* 3, 145-150
- Baldwin BA, Meese GB (1977): The ability of sheep to distinguish between conspecifics by means of olfaction. *Physiology & Behaviour* 18, 803-808
- Baldwin BA (1979): Operant Studies on Shape Discrimination in Goats. *Physiology & Behavior* 23, 455-459
- Bandura A (1969): Social learning theory of identificatory processes. In: Goslin DA (Hrsg.): *Handbook of socialization theory and research*. Rand-McNally, Chicago, 213-262

- Barber J, Kuhar C (2005): Keeping birds in bushes not in hands: the use of cognitive tasks as individually-paced enrichment. In: Clum N, Silver S, Thomas P (Hrsg.): Proceedings of the Seventh International Conference on Environmental Enrichment. Wildlife Conservation Society, Bronx, New York, 15-20
- Bassett L, Buchanan-Smith HM (2007): Effects of predictability on the welfare of captive animals. *Applied Animal Behaviour Science* 102, 223-245
- Bates LA, Byrne RW (2010): Imitation: what animal imitation tells us about animal cognition. *Cognitive Science* 1, 685-695
- Bateson PPG (1991): Assessment of pain in animals. *Animal Behaviour* 42, 827-839
- Baymann U (2007): Bestimmung des Einflusses der sozialen Umwelt auf das visuelle Diskriminierungsvermögen von Zwergziegen mittels Analyse der Herzschlagaktivität. Unveröffentlichte Dissertation, Universität Rostock
- Baymann U, Langbein J, Siebert K, Nürnberg G, Manteuffel G, Mohr E (2007): Cognitive enrichment in farm animals - the impact of social rank and social environment on learning behaviour of dwarf goats. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 120, 89-97
- Beattie VE, Walker N, Sneddon IA (1996): An investigation of the effect of environmental enrichment and space allowance on the behaviour and production of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 48, 151-158
- Beattie VE, O'Connell NE, Kilpatrick DJ, Moss BW (2000): Influence of enrichment on welfare-related behavioural and physiological parameters in growing pigs. *Animal Science* 70, 443-450
- Belzung C, Le Pape G (1994): Comparison of different behavioral test situations used in psychopharmacology for measurement of anxiety. *Physiology and Behavior* 56, 623-628
- Benard J, Stach S, Giurfa M (2006): Categorization of visual stimuli in the honeybee *Apis mellifera*. *Animal Cognition* 9, 257-270
- Benaroya-Milshtein N, Hollander N, Apter A, Kukulansky T, Raz N, Wilf A, Yaniv I, Pick CG (2004): Environmental enrichment in mice decreases anxiety, attenuates stress responses and enhances natural killer cell activity. *European Journal of Neuroscience* 20, 1341-1347
- Benefiel AC, Dong WK, Greenough WT (2005): Mandatory "enriched" housing of laboratory animals: The need for evidence-based evaluation. *Ilar Journal* 46, 95-105
- Biederman GB, Robertson HA, Vanayan M (1986): Observational-learning of 2 visual discriminations by pigeons - a within subjects design. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 46, 45-49
- Bitterman ME (1965): The evolution of intelligence. *Scientific American* 212, 92-100
- Bitterman ME (1975): Comparative analysis of learning - are laws of learning same in all animals. *Science* 188, 699-709
- Blakeman NE, Friend TH (1986): Visual discrimination at varying distances in Spanish goat. *Applied Animal Behaviour Science* 16, 279-283

- Blissett MJ, Boland KP, Cottrell DF (1990): Discrimination between odours of fresh oestrous and non-oestrous ewe urine by rams. *Applied Animal Behaviour Science* 25, 51-59
- Bodily KD, Katz JS, Wright AA (2008): Matching-to-sample abstract concept learning by pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 34, 178-184
- Boissy A, Bouissou M-F (1995): Assessment of individual differences in behavioural reactions of heifers exposed to various fear-eliciting situations. *Applied Animal Behaviour Science* 46, 17-31
- Boissy A, Bouix J, Orgeur P, Poindron P, Bibé B, Le Neindre P (2005): Genetic analysis of emotional reactivity in sheep: effects of the genotypes of the lambs and of their dams. *Genetics Selection Evolution* 37, 381-401
- Boissy A, Manteuffel G, Jensen MB, Moe RO, Spruijt B, Keeling LJ, Winckler C, Forkman B, Dimitrov I, Langbein J, Bakken M, Veissier I, Aubert A (2007): Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology & Behavior* 92, 375-397
- Bolhuis JE, Schouten WGP, de Leeuw JA, Schrama JW, Wiegant VA (2004): Individual coping characteristics, rearing conditions and behavioural flexibility in pigs. *Behavioural Brain Research* 152, 351-360
- Bonnie KE, Earley RL (2007): Expanding the scope for social information use. *Animal Behaviour* 74, 171-181
- Boyd R, Richerson PJ (1985): *Culture and the Evolutionary Process*. University of Chicago Press, Chicago
- Boyd R, Richerson PJ (1988): An evolutionary model of social learning: The effect of spatial and temporal variation. In: Zentall TR, Galef BG Jr (Hrsg.): *Social learning: Psychological and biological perspectives*. Erlbaum, Hillsdale, New Jersey, 29-48
- Box HO (1984): *Primate behavior and social ecology*. Chapman & Hall, London
- Bracke MBM, Spoolder HAM (2008): Novel object test can detect marginal differences in environmental enrichment in pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 109, 39-48
- Bradshaw RH (1991): Discrimination of group members by laying hens *Gallus Domesticus*. *Behavioural Processes* 24, 143-151
- Bradshaw RH (1992): Conspecific discrimination and social preference in the laying hen. *Applied Animal Behaviour Science* 33, 69-75
- Brookshi K, Warren JM, Ball GG (1961): Reversal and transfer learning following overtraining in rat and chicken. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 54, 98
- Broom DM (1991): Animal-welfare: concepts and measurement. *Journal of Animal Science* 69, 4167-4175
- Burdyn LE Jr, Thomas RK (1984): Conditional discrimination with conceptual simultaneous and successive cues in the squirrel monkey (*Saimiri sciuretis*). *Journal of Comparative Psychology* 98, 405-413

- Cairns RB, Johnson DL (1965): The development of interspecies social attachments. *Psychonomic Science* 2, 337-338
- Caldwell CA, Whiten A (2002): Evolutionary perspectives on imitation: is a comparative psychology of social learning possible? *Animal Cognition* 5, 193-208
- Caldwell CA, Whiten A (2004): Testing for social learning and imitation in common marmosets, *Callithrix jacchus*, using an artificial fruit. *Animal Cognition* 7, 77-85
- Camm AJ, Malik M, Bigger JT, Breithardt G, Cerutti S, Cohen RJ, Coumel P, Fallen EL, Kennedy HL, Kleiger RE, Lombardi F, Malliani A, Moss AJ, Rottman JN, Schmidt G, Schwartz PJ, Singer DH (1996): Heart rate variability - Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal* 17, 354-381
- Canadian Council on Animal Care (1993): Guide to the care and use of experimental animals, Vol. 1, 2nd edn. Olfert ED, Cross BM, McWilliam AA (Hrsg.), Canadian Council on Animal Care, Ottawa
- Carlstead K, Shepherdson D (2000): Alleviating stress in zoo animals with environmental enrichment. *Biology of Animal Stress*, 337-354
- Cavalli-Sforza LL, Feldman MW (1983): Cultural versus genetic adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.* 80, 4993-4996
- Celli ML, Tomonaga M, Udono T, Teramoto M, Nagano K (2003): Tool use task as environmental enrichment for captive chimpanzees. *Applied Animal Behaviour Science* 81, 171-182
- Chamove AS (1989): Environmental enrichment: a review. *Animal Technology* 40, 155-178
- Chapple RS, Wodzicka-Tomaszewska M, Lynch JJ (1987): The learning behaviour of sheep when introduced to wheat. II. Social transmission of wheat feeding and the role of the senses. *Applied Animal Behaviour Science* 18, 163-172
- Choleris E, Guo C, Liu H, Mainardi M, Valsecchi P (1997): The effect of demonstrator age and number on duration of socially-induced food preferences in house mouse (*Mus domesticus*). *Behavioural Processes* 41, 69-77
- Choleris E, Kavaliers M (1999): Social learning in animals: Sex differences and neurobiological analysis. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 64, 767-776
- Church JS, Tennessen T, Webster AB (1993): Environmental enrichment influences the productivity and well-being of caged White-Leghorn hens. In: *Proceedings of the VII World Conference on Animal Production Vol. 3*. University of Alberta, Edmonton, Alberta, 369-370
- Clarke JV, Nicol CJ, Jones R, McGreevy PD (1996): Effects of observational learning on food selection in horses. *Applied Animal Behaviour Science* 50, 177-184
- Cook M, Mineka S, Wolkenstein B, Laitsch K (1985): Observational conditioning of snake fear in unrelated rhesus monkeys. *Journal of Abnormal Psychology* 93, 355-372
- Coulon M, Deputte BL, Heyman Y, Delatouche L, Richard C (2007): Visual discrimination by heifers (*Bos taurus*) of their own species. *Journal of Comparative Physiology* 121, 198-204

- Coulon M, Deputte B, Heyman Y, Baudoin C (2009): Individual recognition in domestic cattle (*Bos taurus*): evidence from 2D-images of heads from different breeds. PLoS One 4, 1-8
- Coulon M, Baudoin C, Heyman Y, Deputte B (2011): Cattle discriminate between familiar and unfamiliar conspecifics by using only head visual cues. Animal Cognition 14, 279-290
- Cowan N, Wood NL, Nugent LD, Treisman M (1997): There are two word-length effects in verbal short-term memory: Opposed effects of duration and complexity. Psychological Science 8, 290-295
- Croney CC, Newberry RC (2007): Group size and cognitive processes. Applied Animal Behaviour Science 103, 215-228
- Curtis SE (1993): The physical environment and swine growth. In: Hollis GR (Hrsg.): Growth of the pig. CAB International, Wallingford, United Kingdom, 93-105
- D'Amato MR, Colombo M (1985): Auditory matching-to-sample in monkeys (*Cebus apella*). Animal Learning & Behavior 13, 375-382
- D'Amato MR, Salmon DP, Colombo M (1985): Extent and limits of the matching concepts in monkeys (*Cebus apella*). Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes 11, 35-51
- Danchin E, Giraldeau L-A, Valone TJ, Wagner RH (2004): Public information: from nosy neighbors to cultural evolution. Science 305, 487-491
- Dantzer R (2002): Can farm animal welfare be understood without taking into account the issues of emotion and cognition? Journal of Animal Science 80, E1-E9
- Dawkins MS (1990): From an animal's point of view: motivation, fitness, and animal welfare. Behavioral and Brain Sciences 13, 1-61
- Day JEL, Spooler HAM, Burfoot A, Chamberlain HL, Edwards SA (2002): The separate and interactive effects of handling and environmental enrichment on the behaviour and welfare of growing pigs. Applied Animal Behaviour Science 75, 177-192
- de Azevedo CS, Cipreste CF, Young RJ (2007): Environmental enrichment: A GAP analysis. Applied Animal Behaviour Science 102, 329-343
- de Groot J, de Jong IC, PELLE IT, Koolhaas JM (2000): Immunity in barren and enriched housed pigs differing in baseline cortisol concentration. Physiology & Behavior 71, 217-223
- de Jong IC, Ekkel ED, van de Burgwal JA, Lambooi E, Korte SM, Ruis MAW, Koolhaas JM, Blokhuis HJ (1998): Effects of strawbedding on physiological responses to stressors and behavior in growing pigs. Physiology & Behavior 64, 303-10
- de Jong IC, PELLE IT, van de Burgwal JA, Lambooi E, Korte SM, Blokhuis HJ, Koolhaas JM (2000): Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning, and memory, and the circadian rhythm in cortisol in growing pigs. Physiology & Behavior 68, 571-578

- de Jonge FH, Tilly SL, Baars AM, Spruijt BM (2008): On the rewarding nature of appetitive feeding behaviour in pigs (*Sus scrofa*): do domesticated pigs contrafreeload? *Applied Animal Behaviour Science* 114, 359-372
- Delius JD (1992): Categorical discrimination of objects and pictures by pigeons. *Animal Learning & Behavior* 20, 301-311
- Désiré L, Veissier I, Despres G, Delval E, Toporenko G, Boissy A (2006): Appraisal process in sheep (*Ovis aries*): Interactive effect of suddenness and unfamiliarity on cardiac and behavioral responses. *Journal of Comparative Psychology* 120, 280-287
- Després G, Veissier I, Boissy A (2002): Effect of autonomic blockers on heart period variability in calves: Evaluation of the sympatho-vagal balance. *Physiological Research* 51, 347-353
- Dixon J (1970): The horse: A dumb animal?. . .neigh! *The Thoroughbred Record* 192, 1654-1657
- Drea CM, Wallen K (1995): Gradual acquisition of visual discrimination tasks in a social group of rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Animal Learning & Behavior* 23, 1-8
- Dumont B, Petit M (1998): Spatial memory of sheep at pasture. *Applied Animal Behaviour Science* 60, 43-53
- Duncan IJH (1970): Frustration in the fowl. In: Freeman BM, Gordon RF (Hrsg.): *Aspects of poultry behaviour*. British Poultry Science, Edinburgh, 15-31
- Duncan IJH, Poole TB (1990): Promoting the welfare of farm and captive environments. In: Monaghan P, Wood-Gush D (Hrsg.): *Managing the behaviour of animals*, Chapman & Hall, New York, 193-232
- Duncan IJH, Petherick JC (1991): The implications of cognitive processes for animal welfare. *Journal of Animal Science* 69, 5017-5022
- du Toit L, Bennett NC, Nickless A, Whiting MJ (2012): Influence of spatial environment on maze learning in African mole-rat. *Animal Cognition*, *in press*, DOI: 10.1007/s10071-012-0503-0
- Dwyer C (2009): The behaviour of sheep and goats. In: Jensen P (Hrsg.): *The ethology of domestic animals*, 2nd edition: an introductory text. CAB International, Wallingford, 161-176
- Edwards GR, Newman JA, Parsons AJ, Krebs JR (1996): The use of spatial memory by grazing animals to locate food patches in spatially heterogeneous environments: an example with sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 50, 147-160
- Engqvist L (2005): The mistreatment of covariate interaction terms in linear model analyses of behavioural and evolutionary ecology studies. *Animal Behaviour* 70, 967-971
- Ernst K, Puppe B, Schön PC, Manteuffel G (2005): A complex automatic feeding system for pigs aimed to induce successful behavioural coping by cognitive adaptation. *Applied Animal Behaviour Science* 91, 205-218

- Ernst K, Tuchscherer M, Kanitz E, Puppe B, Manteuffel G (2006): Effects of attention and rewarded activity on immune parameters and wound healing in pigs. *Physiology & Behavior* 89, 448-456
- Escorihuela RM, Tobena A, Fernandez-Teruel A (1994): Environmental enrichment reverses the detrimental action of early inconsistent stimulation and increases the beneficial effects of postnatal handling on shuttlebox learning in adult rats. *Behavioural Brain Research* 61, 169-173
- Estes WK (1994): *Classification and cognition*. Oxford University Press, Oxford
- Fernandez-Teruel A, Escorihuela RM, Castellano B, Gonzalez B, Tobena A (1997): Neonatal handling and environmental enrichment effects on emotionality, novelty/reward seeking and age-related cognitive and hippocampal impairments: focus on the Roman rat lines. *Behavior Genetics* 27, 513-526
- Fiedler I, Küchenmeister U, Ender K, Haider W, Ernst K, Puppe B, Manteuffel G (2005): Reaction of muscles to stimulation environment – effects on the loin muscle (*M. longissimus*) of Landrace pigs. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 112, 363-368
- Fisher J, Hinde RA (1949): The opening of milk bottles by birds. *British Birds* 42, 347-357
- Forkman B, Boissy A, Meunier-Salauen MC, Canali E, Jones RB (2007): A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiology & Behavior* 92, 340-374
- Frank D (1997): *Verhaltensbiologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- Franz H, Reichart H (1999): A general purpose computer system for behavioral conditioning experiments, named 'Feldermonitor' - a new possibility for learning experiments with animals and results of visual discrimination tasks in dwarf goats. *Archiv für Tierzucht-Archives of Animal Breeding* 42, 481-493
- Franz H (2001): The Influence of training methods on learning behaviour of dwarf goats on an automatic learning device. *Archiv für Tierzucht-Archives of Animal Breeding* 44, 553-560
- Franz H, Roitberg E (2001): A comparison of learning performance of dwarf goats in visual discrimination tasks with two or four simultaneously offered stimuli. *Archiv für Tierzucht-Archives of Animal Breeding* 44, 661-669
- Franz H, Roitberg E, Löhrke B, Nürnberg G, Dietl G, Kinzelbach R (2002): Visual discrimination learning of group housed goats at an automated learning device. *Archiv für Tierzucht-Archives of Animal Breeding* 45, 387-401
- Fraser D, Phillips PA, Thompson BK (1986): A test of a free-access two-level pen for fattening pigs. *Animal Production* 42, 269-274
- Friedman BH, Thayer JF (1998): Autonomic balance revisited: Panic anxiety and heart rate variability. *Journal of Psychosomatic Research* 44, 133-151
- Fritz J, Bisenberger A, Kortrschal K (2000): Stimulus enhancement in greylag geese: socially mediated learning of an operant task. *Animal Behaviour* 59, 1119-1125
- Gagne RM (1970): *The Conditions of Learning*. Holt, Rinehart and Winston, New York

- Gajdon GK, Hungerbuhler N, Stauffacher M (2001): Social influence on early foraging of domestic chicks (*Gallus gallus*) in a near-to-nature procedure. *Ethology* 107, 913-937
- Galef BG, Beck M (1985): Aversive and attractive marking of toxic and safe foods by Norway rats. *Behavioral and Neural Biology* 43, 298-310
- Galef BG (1988): Imitation in animals: history, definition and interpretation of data from the psychological laboratory. In: Zentall TR, Galef BG (Hrsg.): *Social learning: psychological and biological perspectives*. Erlbaum, Hillsdale, New Jersey, 3-28
- Galef BG, Whiskin EE (2001): Interaction of social and individual learning in food preferences of Norway rats. *Animal Behaviour* 62, 41-46
- Galef BG (2004): Approaches to the study of traditional behaviours of free-living animals. *Learning & Behavior* 32, 53-61
- Gardner RA, Gardner BT (1984): A vocabulary test for chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Comparative Psychology* 98, 381-404
- Ghirlanda S, Enquist M (2003): A century of generalization. *Animal Behaviour* 66, 15-36
- Green GC, Elwin RI, Mottershead BE, Keogh RG, Lynch JJ (1984): Long-term effects of early social experience to supplementary feeding in sheep. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 15, 373-380
- Greenwood PL, Shutt DA (1992): Salivary and plasma cortisol as an index of stress in goats. *Australian Veterinary Journal* 69, 161-163
- Gvoryahu G, Cunningham DL, van Tienhoven A (1989): Filial imprinting, environmental enrichment, and music application effects on behavior and performance of meat strain chicks. *Poultry Science* 68, 211-217
- Hagen K, Broom DM (2003): Cattle discriminate between individual familiar herd members in a learning experiment. *Applied Animal Behaviour Science* 82, 13-28
- Hagen K, Langbein J, Schmied C, Lexer D, Waiblinger S (2005): Heart rate variability in dairy cows - influences of breed and milking system. *Physiology & Behavior* 85, 195-204
- Hainsworth R (1995): The control and physiological importance of heart rate. In: Malik M, Camm AJ (Hrsg.): *Heart rate variability*. Futura Publishing Armonk, New York, 3-19
- Hall CS (1936): Emotional behaviour in the rat: III The relationship between emotionality and ambulatory activity. *Journal of Comparative Psychology* 22, 345-352
- Hanggi EB (1999): Categorization learning in horses (*Equus caballus*). *Journal of Comparative Psychology* 113, 243-252
- Hanggi EB (2003): Discrimination learning based on relative size concepts in horses (*Equus caballus*). *Applied Animal Behaviour Science* 83, 201-213
- Hanggi EB, Ingersoll JF (2009): Long-term memory for categories and concepts in horses (*Equus caballus*). *Animal Cognition* 12, 451-462

- Harlow HF (1949): The formation of learning sets. *Psychological Review* 56, 51-65
- Harnad S (1987): *Categorical perception: The groundwork of cognition*. Cambridge University Press, Cambridge, England
- Harris JD (1943): Habituated response decrement in the intact organism. *Psychological Bulletin* 40, 385-422
- Haskell M, Wemelsfelder F, Mendl MT, Calvert S, Lawrence AB (1996): The effect of substrate-enriched and substrate-impooverished housing environments on the diversity of behaviour in pigs. *Behaviour* 133, 741-761
- Hebb DO (1949): *The organization of behavior*. John Wiley and Sons, New York
- Held S, Mendl M, Devereux C, Byrne RW (2000): Social tactics of pigs in a competitive foraging task: the 'informed forager' paradigm. *Animal Behaviour* 59, 569-576
- Herrnstein RJ, Loveland DH (1964): Complex visual concept in the pigeon. *Science* 146, 149-151
- Herrnstein RJ, Loveland DH, Cable C (1976): Natural concept in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 2, 285-311
- Herrnstein RJ (1990): Levels of stimulus control - a functional approach. *Cognition* 37, 133-166
- Hess EH (1973): *Imprinting*. Van Nostrand/Reinhold, New York
- Hessle A, Rutter M, Wallin K (2008): Effect of breed, season and pasture moisture gradient on foraging behaviour in cattle on semi-natural grasslands. *Applied Animal Behaviour Science* 111, 108-119
- Heyes CM, Dawson GR (1990): A demonstration of observational learning using a bidirectional control. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 42b, 59-71
- Heyes CM (1993): Imitation, culture and cognition. *Animal Behaviour* 46, 999-1010
- Heyes CM (1994): Social learning in animals - categories and mechanisms. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 69, 207-231
- Heyes CM, Galef BG Jr (1996): *Social learning in animals: the roots of culture*. Academic Press, London
- Hille P, Dehnhardt G, Mauck B (2006): An analysis of visual oddity concept learning in a California sea lion (*Zalophus californianus*). *Learning & Behavior* 34, 144-153
- Hillmann E, von Hollen F, Büniger B, Todt D, Schrader L (2003): Farrowing conditions affect the reactions of piglets towards novel environment and social confrontation at weaning. *Applied Animal Behaviour Science* 81, 99-109
- Holmes PW (1979): Transfer of matching performance in pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 31, 103-114
- Hook MA, Lambeth SP, Perlman JE, Stavisky R, Bloomsmith MA, Schapiro SJ (2002): Inter-group variation in abnormal behavior in chimpanzees (*Pan troglodytes*) and rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *Applied Animal Behaviour Science* 76, 165-176
- Hoppitt WJE, Laland KN (2008): Social processes influencing learning in animals: A review of the evidence. *Advances in the Study of Behavior* 38, 105-165

- Hosoi E, Rittenhouse LR, Swift DM, Richards RW (1995): Comparative foraging strategies of sheep and goats in a T-maze apparatus. *Applied Animal Behaviour Science* 44, 37-45
- Houle MS, Billman GE (1999): Low-frequency component of the heart rate spectrum: a poor marker of sympathetic activity. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology* 276, 215-223
- Huber L (1995): On the biology of perceptual categorization. *Evolution and Cognition* 1, 121-138
- Huber L (2001): Visual categorization in pigeons. In: Cook RG (Hrsg.): *Avian visual cognition*. On-line: <http://www.pigeon.psy.tufts.edu/avc/huber/default.htm>
- Huber L, Range F, Voelkl B, Szucsich A, Virányi Z, Miklosi A (2009): The evolution of imitation: What do the capacities of non-human animals tell us about the mechanisms of imitation? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364, 2299-2309
- Hubrecht RC (1993): A comparison of social and environmental enrichment methods for laboratory housed dogs. *Applied Animal Behaviour Science* 37, 345-361
- Hursh SR (1980): Economic concepts for the analysis of behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 34, 219-238
- Jansen J, Bolhuis J, Schouten WG, Spruijt BM, Wiegant VM (2009): Spatial learning in pigs: effects of environmental enrichment and individual characteristics on behaviour and performance. *Animal Cognition* 12, 303-315
- Jitsumori M (1993): Category discrimination of artificial polymorphous stimuli based on feature learning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 19, 244-254
- Jitsumori M, Natori M, Okuyama K (1999): Recognition of moving video images of conspecifics by pigeons: Effects of individuals, static and dynamic motion cues, and movement. *Animal Learning & Behavior* 27, 303-315
- Johnston ANB, Burne THJ, Rose SPR (1998): Observational learning in day-old chicks using a one-trial passive avoidance learning paradigm. *Animal Behaviour* 56, 1347-1353
- Jones RB (1996): Fear and adaptability in poultry: insights, implications and imperatives. *World's Poultry Science Journal* 52, 131-174
- Jones RB, Nicol CJ (1998): A note on the effect of control of the thermal environment on the well-being of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 60, 1-9
- Juraska JM, Henderson C, Müller J (1984): Differential rearing experience, gender, and radial maze performance. *Developmental Psychobiology* 17, 209-215
- Kalbe C, Puppe B (2010): Long-term cognitive enrichment affects opioid receptor expression in the amygdala of domestic pigs. *Genes, Brain and Behavior* 9, 75-83
- Kamath MV, Fallen EL (1995): Correction of the heart rate variability signal for ectopics and missing beats. In: Malik M, Camm AJ (Hrsg.): *Heart Rate Variability*. Futura Publishing Company, Armonk, New York, 75-85

- Kaminski J, Riedel J, Call J, Tomasello M (2005): Domestic goats, *Capra hircus*, follow gaze direction and use social cues in an object choice task. *Animal Behaviour* 69, 11-18
- Kaneto H (1997): Learning/memory processes under stress conditions. *Behavioural Brain Research* 83, 71-74
- Kappeler P (2012): *Verhaltensbiologie*, 3. Auflage. Springer Verlag, Heidelberg
- Katz JS, Wright AA, Bodily KD (2007): Issues in the comparative cognition of abstract-concept learning. *Comparative Cognition & Behavior Reviews* 2, 79-92
- Kawai M (1965): Newly-acquired pre-cultural behavior of the natural troop of Japanese monkey on Koshima island. *Primates* 6, 1-30
- Keeling L, Gonyou H (2001): *Social behaviour in farm animals*. CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom
- Keil NM, Imfeld-Mueller S, Aschwanden J, Wechsler B (2012): Are head cues necessary for goats (*Capra hircus*) in recognising group members? *Animal Cognition*, *in press*, DOI 10.1007/s10071-012-0518-6
- Kempermann G, Kuhn HG, Gage FH (1997): More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. *Nature* 386, 493-95
- Kendal RL, Kendal JR, Hoppitt W, Laland KN (2009): Identifying social learning in animal populations: a new 'Option-Bias' method. *Plos One* 4, e6541
- Kendrick KM (1992): Cognition. In: Phillips C, Piggins D (Hrsg.): *Farm animals and the environment*. CAB International, Wallingford, 209-231
- Kendrick KM, Atkins K, Hinton MR, Broad KD, Fabrenys C, Keverne B (1995): Facial and vocal discrimination in sheep. *Animal Behaviour* 49, 1665-1676
- Kendrick KM, Atkins K, Hinton MR, Heavens P, Keverne B (1996): Are faces special for sheep? Evidence from facial and object discrimination learning tests showing effects of inversion and social familiarity. *Behavioural Processes* 38, 19-35
- Kendrick KM (1998): Intelligent perception. *Applied Animal Behaviour Science* 57, 213-232
- Kirschbaum C, Hellhammer DH (1989): Salivary cortisol in psychobiological research: an overview. *Neuropsychobiology* 22, 150-69
- Kleiger RE, Stein PK, Bosner MS, Rottman JN (1992): Time domain measurements of heart rate variability. *Cardiology Clinics* 10, 487-498
- Kleiger RE, Stein PK, Bosner MS, Rottman JN (1995): Time-domain measurements of heart rate variability. In: Malik M, Camm AJ (Hrsg.): *Heart rate variability*. Futura Publishing Armonk, New York, 33-45
- Knierim U (2001): Grundsätzliche ethologische Überlegungen zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit bei Nutztieren. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 109, 261-266
- Korte SM, Koolhaas JM, Olivier B (2007): A new animal welfare concept based on allostasis. *Physiology & Behavior* 92, 422-428
- Kouwenberg AL, Walsh CJ, Morgan BE, Martin GM (2009): Episodic-like memory in crossbred Yucatan minipigs (*Sus scrofa*). *Applied Animal Behavioural Science* 117, 165-172

- Krause ET, Naguib M, Trillmich F, Schrader L (2006): The effects of short term enrichment on learning in chickens from a laying strain (*Gallus gallus domesticus*). *Applied Animal Behaviour Science* 101, 318-327
- Krech D, Rosenzweig MR, Bennett EL (1962): Relations between chemistry and problem-solving among rats raised in enriched and impoverished environments. *Journal of Comparative Physiological Psychology* 55, 801-807
- Krueger K, Flauger B (2007): Social learning in horses from a novel perspective. *Behavioural Processes* 76, 37-39
- Ksikisi T, Laca EA (2002): Cattle do remember locations of preferred food over extended periods. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 15, 900-904
- Kubinyi E, Topal J, Miklosi A, Csanyi V (2003): Dogs (*Canis familiaris*) learn from their owners via observation in a manipulation task. *Journal of Comparative Psychology* 117, 156-165
- Laland KN, Hoppitt W (2003): Do animals have culture? *Evolutionary Anthropology* 12, 150-159
- Laland KN (2004): Social learning strategies. *Learning & Behavior* 32, 4-14
- Langbein J, Nürnberg G, Manteuffel G (2003): Telemetric measurement of heart rate and heart rate variability for evaluating psychological stress induced by visual discrimination learning in dwarf goats. In: Cox S (Hrsg.): *Precision Livestock Farming*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 105-111
- Langbein J, Nürnberg G, Manteuffel G (2004): Visual discrimination learning in dwarf goats and associated changes in heart rate and heart rate variability. *Physiology & Behavior* 82, 601-609
- Langbein J, Nürnberg G, Puppe B, Manteuffel G (2006): Self-controlled visual discrimination learning of group-housed dwarf goats (*Capra hircus*): Behavioral strategies and effects of relocation on learning and memory. *Journal of Comparative Psychology* 120, 58-66
- Langbein J, Siebert K, Nürnberg G, Manteuffel G (2007a): Learning to learn during visual discrimination in group housed dwarf goats (*Capra hircus*). *Journal of Comparative Psychology* 121, 447-456
- Langbein J, Siebert K, Nuernberg G, Manteuffel G (2007b): The impact of acoustical secondary reinforcement during shape discrimination learning of dwarf goats (*Capra hircus*). *Applied Animal Behaviour Science* 103, 35-44
- Langbein J, Siebert K, Nuernberg G (2008): Concurrent recall of serially learned visual discrimination problems in dwarf goats (*Capra hircus*). *Behavioural Processes* 79, 156-164
- Langbein J, Siebert K, Nürnberg G (2009): On the use of an automated learning device by group-housed dwarf goats: Do goats seek cognitive challenges? *Applied Animal Behaviour Science* 120, 150-158
- Langbein J (2012): Investigations on training, recall and reversal learning of a Y-maze by dwarf goats (*Capra hircus*): the impact of lateralization. *Behavioural Processes* 89, 304-310

- Laughlin K, Huck M, Mendl M (1999): Disturbance effects of environmental stimuli on pig spatial memory. *Applied Animal Behaviour Science* 64, 169-180
- Laule G, Desmond T (1998): Positive reinforcement training as an enrichment strategy. In: Shepherdson D, Mellen JD, Hutchins M (Hrsg.): *Second nature: Environmental enrichment for captive animals*. Smithsonian Institution Press, Washington DC, USA, 302-313
- Lawrence AB, Terlouw EMC, Illius AW (1991): Individual differences in behavioural responses of pigs exposed to non-social and social challenges. *Applied Animal Behaviour Science* 30, 73-86
- Lea SEG, Ryan CME (1983): Feature analysis of pigeons' acquisition of concept discrimination. In: Commons ML, Herrnstein RJ, Wagner AR (Hrsg.): *Quantitative analysis of behavior: Vol. 4. Discrimination processes*. MA: Ballinger, Cambridge, 239-253
- Lefebvre L, Palameta B. (1988): Mechanisms, ecology, and population diffusion of socially learned food-finding behavior in feral pigeons. In: Zentall TR, Galef BG Jr. (Hrsg.): *Social learning: Psychological and biological perspectives*. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 141-164
- Lefebvre L, Giraldeau L-A (1994): Cultural transmission in pigeons is affected by the number of tutors and bystanders present. *Animal Behaviour* 47, 331-337
- Lepoivre H, Pallaud B (1986): Learning set formation in a group of guinea baboons (*Papio-Papio*): Importance of the behavioral variable measured. *American Journal of Primatology* 10, 25-36
- Levine M (1959): A model of hypothesis behavior in discrimination learning set. *Psychological Reviews* 66, 353-366
- Lidfors L (1997): Behavioural effects of environmental enrichment for individually caged rabbits. *Applied Animal Behaviour Science* 52, 157-169
- Lien J, Klopfer FD (1978): Some relations between stereotyped suckling in piglets and exploratory behaviour and discrimination reversal learning in adult swine. *Applied Animal Ethology* 4, 223-233
- Ligout S (2010): Social learning. In: Mills DS, Marchant-Forde JN, McGreevy PD, Morton DB, Nicol CJ, Phillips CJC, Sandøe P, Swaisgood RR (Hrsg.): *The encyclopedia of applied animal behaviour and Welfare*. Cambridge University Press, Cambridge
- Lindberg AC, Kelland A, Nicol CJ (1999): Effects of observational learning on acquisition of an operant response in horses. *Applied Animal Behaviour Science* 61, 187-199
- Lindqvist C, Jensen P (2008): Effects of age, sex and social isolation on contrafreeloading in red junglefowl (*Gallus gallus*) and White Leghorn fowl. *Applies Animal Behaviour Science* 114, 419-428
- Lombardi CM (2008): Matching and oddity relational learning by pigeons (*Columba livia*): transfer from color to shape. *Animal Cognition* 11, 67-74
- Lorenz K (1935): Der Kumpan in der Umwelt des Vogels. Der Artgenosse als auslösendes Moment sozialer Verhaltensweisen. *Journal für Ornithologie* 83, 137-215 und 289-413

- Lorenz K (1937): The companion in the bird's world. *Auk* 54, 245-73
- Luikart G, Gielly L, Excoffier L, Vigne J-D, Bouvet J, Taberlet P (2001): Multiple maternal origins and weak phylogeographic structure in domestic goats. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.* 98, 5927-5932
- Mackintosh NJ (1965): Overtraining, reversal, and extinction in rats and chicks. *Journal of Comparative & Physiological Psychology* 59, 31-36
- Mackintosh NJ (1974): *The psychology of animal learning*. Academic Press, London, New York
- Macphail EM, Bolhuis JJ (2001): The evolution of intelligence: Adaptive specializations versus general process. *Biological Reviews* 76, 341-364
- Makino H, Jitsumori M (2007): Discrimination of artificial categories structured by family resemblances: a comparative study in people (*Homo sapiens*) and pigeons (*Columba livia*). *Journal of Comparative Psychology* 121, 22-33
- Manteuffel G, Puppe B, Schön PC (2004): Vocalization of farm animals as a measure of welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 88, 163-182
- Manteuffel G, Langbein J, Puppe B (2009a): From operant learning to cognitive enrichment in farm animal housing: bases and applicability. *Animal Welfare* 18, 87-95
- Manteuffel G, Langbein J, Puppe B (2009b): Increasing farm animal welfare by positively motivated instrumental behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 118, 191-198
- Markowitz H, Line S (1990): The need for responsive environments. In: Rollin BE (Hrsg.): *The experimental animal in biomedical research, Vol. I*. CRC Press, Boca Raton, USA, 153-170
- Markowitz H, Eckert K, McMillan FD (2005): Giving power to animals. In: McMillan FD (Hrsg.): *Mental health and well-being in animals*. Blackwell Publishing, Iowa, 201-209
- Martin TI, Zentall TR, Lawrence L (2006): Simple discrimination reversals in the domestic horse (*Equus caballus*): Effect of discriminative stimulus modality on learning to learn. *Applied Animal Behaviour Science* 101, 328-338
- Martin CF, Biro D, Matsuzawa T (2011): Chimpanzees' use of conspecific cues in matching-to-sample tasks: public information use in a fully automated testing environment. *Animal Cognition* 14, 893-902
- Mason G (1991): Stereotypies: a critical review. *Animal Behaviour* 41, 1015-1037
- Mason G, Mendl M (1993): Why is there no simple way of measuring animal welfare? *Animal Welfare* 2, 301-319
- Mason G, Clubb R, Latham N, Vickery S (2007): Why and how should we use environmental enrichment to tackle stereotypic behaviour? *Applied Animal Behaviour Science* 102, 163-188
- Mauck B, Dehnhardt G (2005): Identity concept formation during visual multiple-choice matching in a harbor seal (*Phoca vitulina*). *Learning & Behavior* 33, 428-436

- Mc Adie TM, Keeling LJ, Blokhuis HJ, Jones RB (2005): Reduction in feather pecking and improvement of feather condition with the presentation of a string device to chickens. *Applied Animal Behaviour Science* 93, 67-80
- Meehan CL, Mench JA (2007): The challenge of challenge: Can problem solving opportunities enhance animal welfare? *Applied Animal Behaviour Science* 102, 246-261
- Mench JA (1994): Environmental enrichment and exploration. *Laboratory Animal* 23, 38-41
- Mendl M, Ehrhardt HW, Haskell M, Wemelsfelder F, Lawrence AB (1997a): Experience in substrate-enriched and substrate-impooverished environments affects behaviour of pigs in a T-maze task. *Behaviour* 134, 643-59
- Mendl M, Laughlin K, Hitchcock D (1997b): Pigs in space: spatial memory and its susceptibility to interference. *Animal Behaviour* 54, 1491-1508
- Mendl M (1999): Performing under pressure: stress and cognitive function. *Applied Animal Behaviour Science* 65, 221-244
- Mercado E, Killebrew DA, Pack AA, Macha B, Herman LM (2000): Generalization of "same-different" classification abilities in Bottlenosed Dolphins. *Behavioural Processes* 50, 79-94
- Mersmann D, Tomasello M, Call J, Kaminski J, Taborsky M (2011): Simple mechanisms can explain social learning in domestic dogs (*Canis familiaris*). *Ethology* 117, 675-690
- Meyer S, Puppe B, Langbein J (2010): Kognitive Umweltanreicherung bei Zoo- und Nutztieren – Implikationen für Verhalten und Wohlbefinden der Tiere. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 123, 446-456
- Miklosi A (1999): The ethological analysis of imitation. *Biological Reviews* 74, 347-374
- Milgram NW (2003): Cognitive experience and its effect on agedependent cognitive decline in beagle dogs. *Neurochemical Research* 28, 1677-1682
- Mineka S, Davidson M, Cook M, Keir R (1984): Observational conditioning of snake fear in rhesus monkeys. *Journal of Abnormal Psychology* 93, 355-372
- Mohr E, Langbein J, Nürnberg G (2002): Heart rate variability-A noninvasive approach to measure stress in calves and cows. *Physiology & Behavior* 75, 251-259
- Morgan MJ, Fitch MD, Holman JG, Lea SE (1976): Pigeons learn the concept of an 'A'. *Perception* 5, 57-66
- Morgan KN, Tromborg CT (2007): Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science* 102, 262-302
- Müller R, Schrader L (2005): Behavioural consistency during social separation and personality in dairy cows. *Behaviour* 142, 1289-1306
- Murphy J, Arkins S (2007): Equine learning behaviour. *Behavioural Processes* 76, 1-13
- Napolitano F, Girolami A, Braghieri A (2010): Consumer liking and willingness to pay for high welfare animal-based products. *Trends in Food Science & Technology* 21, 537-543

- Nash LT, Fritz J, Alford PA, Brent L (1999): Variables influencing the origins of diverse abnormal behaviours in a large sample of captive chimpanzees (*Pan troglodytes*). *American Journal of Primatology* 48, 15-29
- Newberry RC (1993): The space-time continuum, and its relevance to farm animals. *Etologia* 3, 219-234
- Newberry RC (1995): Environmental enrichment - Increasing the biological relevance of captive environments. *Applied Animal Behaviour Science* 44, 229-243
- Nicol CJ (1992): Effects of environmental enrichment and gentle handling on behaviour and fear responses of transported broilers. *Applied Animal Behaviour Science* 33, 367-380
- Nicol CJ, Pope SJ (1992): Effects of social learning on the acquisition of discriminatory keypecking in hens. *Bulletin of the Psychonomic Society* 30, 293-296
- Nicol CJ, Pope SJ (1994a): Social learning in sibling pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 40, 31-43
- Nicol CJ, Pope SJ (1994b): Social learning in small flocks of laying hens. *Animal Behaviour* 47, 1289-1296
- Nicol CJ (1995): The social transmission of information and behavior. *Applied Animal Behaviour Science* 44, 79-98
- Nicol CJ (1996): Farm animal Cognition. *Animal Science* 62, 375-391
- Nicol CJ (2006): How animals learn from each other. *Applied Animal Behaviour Science* 100, 58-63
- Osborne SR (1977): Free food (contrafreeloading) phenomenon - review and analysis. *Animal Learning & Behavior* 5, 221-235
- Otte D (1974): Effects and functions in the evolution of signaling systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5, 385-417
- Pack AA, Herman LM, Roitblat HL (1991): Generalization of visual matching and delayed matching by a California sea lion (*Zalophus californianus*). *Animal Learning & Behavior* 19, 37-48
- Parr LA (2004): Perceptual biases for multimodal cues in chimpanzee (*Pan troglodytes*) affect recognition. *Animal Cognition* 7, 171-178
- Parrott RF, Misson BH, Baldwin BA (1989): Salivary cortisol in pigs following adrenocorticotrop stimulation: comparison with plasma levels. *British Veterinary Journal* 145, 362-366
- Patel SN, Clayton NS, Krebs JR (1997): Spatial learning induces neurogenesis in the avian brain. *Behavioural Brain Research* 89, 115-128
- Pawlow IP (1927): *Conditiones reflexes*. Oxford University Press, London
- Paxton R, Basile BM, Adachi I, Suzuki WA, Wilson ME, Hampton RR (2010): Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) rapidly learn to select dominant individuals in videos of artificial social interactions between unfamiliar conspecifics. *Journal of Comparative Psychology* 124, 395-401

- Paylor R, Morrison SK, Rudy JW, Waltrip LT, Wehner JM (1992): Brief exposure to an enriched environment improves performance on the Morris water task and increase hippocampal cytosolic protein kinase C activity in young rats. *Behavioural Brain Research* 52, 49-59
- Pearce GP, Paterson AM (1993): The effect of space restriction and provision of toys during rearing on the behaviour, productivity and physiology of male pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 36, 11-28
- Pearce JM (1994): Discrimination and categorization. In: Mackintosh NJ (Hrsg.): *Animal learning and cognition*. Academic Press, San Diego, 109-134
- Pearce JM (2008): Social learning. In: Pearce JM (Hrsg.): *Animal learning & cognition*, third edition. Psychology Press, Hove, New York
- Pepperberg IM, Brezinsky MV (1991): Acquisition of a relative class concept by an African Gray parrot (*Psittacus erithacus*): Discriminations based on relative size. *Journal of Comparative Psychology* 105, 286-294
- Platt DM, Novak MA (1997): Videostimulation as enrichment for captive rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Applied Animal Behaviour Science* 52, 139-155
- Porges SW (1995): Orienting in a defensive world - Mammalian modifications of our evolutionary heritage - A polyvagal theory. *Psychophysiology* 32, 301-318
- Price EO (1998): Behavioral genetics and the process of animal domestication. In: Gradin T (Hrsg.): *Genetics and the behavior of domesticated animals*. Academic Press, San Diego, 31-65
- Puppe B, Ernst K, Schön PC, Manteuffel G (2007): Cognitive enrichment affects behavioural reactivity in domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 105, 75-86
- Puppe B, Zebunke M, Düpjan S, Langbein J (2012): Kognitiv-emotionale Umweltbewältigung beim Hausschwein – Herausforderung für Tierhaltung und Tierschutz. *Züchtungskunde*, *in press*
- Rahmann G (2010): *Ökologische Schaf- und Ziegenhaltung. 100 Fragen und Antworten für die Praxis. 3. Auflage*, vTI-Selbstverlag, Braunschweig/Trenthorst
- Range F, Aust U, Steurer M, Huber L (2008): Visual categorization of natural stimuli by domestic dogs. *Animal Cognition* 11, 339-347
- Redbo I, Emanuelson M, Lundberg K, Oredsson N (1996): Feeding level and oral stereotypies in dairy cows. *Animal Science* 62, 199-206
- Roitberg E, Franz H (2004): Oddity learning by African dwarf goats (*Capra hircus*). *Animal Cognition* 7, 61-67
- Rumbaugh DM, Washburn D, Savage-Rumbaugh ES (1989): On the care of captive chimpanzees: methods of enrichment. In: Segal E (Hrsg.): *Housing, care and psychological wellbeing of captive and laboratory primates*. Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, 357-375
- Sambrook TD, Buchanan-Smith HM (1997): Control and complexity in novel object enrichment. *Animal Welfare* 6, 207-216
- Santucci AC, Treichler FR (1990): Concurrent object-discrimination learning in rats. *Animal Learning & Behavior* 18, 295-301

- Sappington BF, Goldman L (1994): Discrimination learning and concept formation in the arabian horse. *Journal of Animal Science* 72, 3080-3087
- Sappington BF, McCall CA, Coleman DA, Kuhlert DL, Lishak RS (1997): A preliminary study of the relationship between discrimination reversal learning and performance tasks in yearling and 2-year-old horses. *Applied Animal Behaviour Science* 53, 159-168
- Savage-Rumbaugh ES, Rumbaugh DM, Smith ST, Lawson J (1980): Reference: the linguistic essential. *Science* 210, 921-925
- Scheid C, Range F, Bugnyar T (2007): When, what, and whom to watch? Quantifying attention in ravens (*Corvus corax*) and jackdaws (*Corvus monedula*). *Journal of Comparative Psychology* 121, 380-386
- Schluessel V, Fricke G, Bleckmann H (2012): Visual discrimination and object categorization in the cichlid *Pseudotropheus* sp. *Animal cognition* 15, 525-537
- Schön PC, Puppe B, Manteuffel G (2004): Automated recording of stress vocalisations as a tool to document impaired welfare in pigs. *Animal Welfare* 13, 105-110
- Schrier AM, Thompson CR (1984): Are learning sets learned: A reply. *Animal Learning & Behavior* 12, 109-112
- Schrier AM, Angarella R, Povar M (1984): Studies of concept formation by stump-tail monkeys: concepts monkeys, humans and letter A. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 10, 564-584
- Schrijver NCA, Pallier PN, Brown VJ, Würbel H (2004): Double dissociation of social and environmental stimulation on spatial learning and reversal learning in rats. *Behavioural Brain Research* 152, 307-314
- Schusterman RJ, Kastak CR (1993): A California sea lion (*Zalophus californianus*) is capable of forming equivalence relations. *Psychological Record* 43, 823-839
- Sebeok TA (1970): Clever Hans phenomenon: Communication with horses, whales, and people. New York Academy of Sciences, New York
- Shephard RN (1958): Stimulus and response generalization: deduction of the generalization gradient from a trace model. *Psychological Review* 65, 242-256
- Shepherdson DJ (1998): Tracing the path of environmental enrichment in zoos. In: Shepherdson DJ, Mellen JD, Hutchins M (Hrsg.): *Second Nature: Environmental enrichment for captive animals*. Smithsonian Institution Press, Washington DC, 1-12
- Sherry DF, Galef BG Jr (1984): Cultural transmission without imitation: milk bottle opening by birds. *Animal Behaviour* 32, 937-938
- Shettleworth SJ (1998): *Cognition, evolution, and behavior*. Oxford University Press, Oxford
- Shettleworth SJ (2001): Animal Cognition and animal behaviour. *Animal Behaviour* 61, 277-286
- Siebert K, Langbein J, Schön PC, Tuchscherer A, Puppe B (2011): Degree of social isolation affects behavioural and vocal response patterns in dwarf goats (*Capra hircus*). *Applied Animal Behaviour Science* 131, 53-62

- Siemers B (2003): Verhaltensanalytische Untersuchungen des Farbsehens landwirtschaftlicher Nutztiere am Beispiel der Afrikanischen Zwergziege (*Capra hircus* L.). Dissertation, Freie Universität Berlin, Mensch & Buch Verlag, Berlin
- Simonsen HB (1990): Behaviour and distribution of fattening pigs in the multi-activity pen. *Applied Animal Behaviour Science* 27, 311-324
- Skinner BF (1959): A case history in scientific method. In: Koch S (Hrsg.): *Psychology: A study of a science*. McGraw Hill, New York
- Smith EE, Medin DI (1981): *Categories and concepts*. Harvard University Press, Cambridge
- Sneddon IA, Beattie VE, Dunne L, Neil W (2000): The effect of environmental enrichment on learning in pigs. *Animal Welfare* 9, 373-383
- Snowdon CT (1989): The criteria for successful captive propagation of endangered species. *Zoo Biology Supplement* 1, 149-161
- Sondergaard E, Ladewig J (2004): Group housing exerts a positive effect on the behaviour of young horses during training. *Applied Animal Behaviour Science* 87, 105-118
- Speidel GE, Nelson KE (1989): *The many faces of imitation in language learning*. Springer Verlag, New York
- Spence KW (1937a): Experimental studies of learning and higher mental processes in infra-human primates. *Psychological Bulletin* 34, 806-850
- Spence KW (1937b): The differential response to stimuli varying within a single dimension. *Psychological Review* 44, 430-444
- Spruijt BM, van den Bos R, Pijlman FTA (2001): A concept of welfare based on reward evaluating mechanisms in the brain: anticipatory behaviour as an indicator for the state of reward systems. *Applied Animal Behavioural Science* 72, 145-171
- Stach S (2003). Pattern recognition in honeybees: generalization and categorization. Unveröffentlichte Dissertation, Freie Universität Berlin
- Statistisches Bundesamt (2011): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Viehbestand und tierische Erzeugung 2010. Wiesbaden
- Stolba A, Wood-Gush DGM (1980): Arousal and exploration in growing pigs in different environments. *Applied Animal Ethology* 6, 381-382
- Suboski MD, Bartashunas C (1984): Mechanisms for social transmission of pecking preferences to neonatal chicks. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 10, 182-194
- Swaisgood RR, White AM, Zhou XP, Zhang HM, Zhang GQ, Wei RP, Hare VJ, Tepper EM, Lindburg DG (2001): A quantitative assessment of the efficacy of an environmental enrichment programme for giant pandas. *Animal Behaviour* 61, 447-457
- Tarou LR, Bashaw MJ (2007): Maximizing the effectiveness of environmental enrichment: Suggestions from the experimental analysis of behavior. *Applied Animal Behaviour Science* 102, 189-204

- Teff KL (2008): Visceral nerves: Vagal and sympathetic innervation. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* 32, 569-571
- Tembrock G (1978): *Wörterbücher der Biologie: Verhaltensbiologie*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York
- Terkel J (1995): Cultural transmission in the black rat : Pine cone feeding. In: Slater PJB, Rosenblatt JS, Beer C, Milinski M (Hrsg.): *Advances in the study of behaviour*. Academic Press, New York, 119-152
- Thayer JF, Sternberg E (2006): Beyond heart rate variability - Vagal regulation of allostatic systems. *Neuroendocrine and Immune Crosstalk* 1088, 361-372
- Thomas DR, Mckelvie AR, Mah WL (1985): Context as a conditional cue in operant discrimination reversal-learning. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes* 11, 317-330
- Thomas RK (1980): The evolution of intelligence: an approach to its assessment. *Brain Behavior and Evolution* 17, 454-472
- Thomas RK (1986): Vertebrate intelligence: A review of the laboratory research. In: Hoage RJ, Goldman L (Hrsg.): *Animal intelligence*. Smithsonian Institution Press, Washington DC, London, 37-55
- Thomas RK, Noble LM (1988): Visual and olfactory oddity learning in rats: what evidence is necessary to show conceptual behavior? *Animal Learning & Behavior* 16, 157-163
- Thomas RK (1996): Investigating cognitive abilities in animals: Unrealized potential. *Cognitive Brain Research* 3, 157-166
- Thompson RKR (1995): Natural and relational concepts in animals. In: Roitblat H, Meyer JA (Hrsg.): *Comparative approaches to cognitive science*. MIT Press, Cambridge, 175-224
- Thompson RKR, Oden DL (2000): Categorical perception and conceptual judgments by nonhuman primates: the paleological monkey and the analogical ape. *Cognitive Science* 24, 363-396
- Thorhallsdottir AG, Provenza FD, Balph DF (1990): Ability of lambs to learn about novel foods while observing or participating with social models. *Applied Animal Behaviour Science* 25, 25-33
- Thorndike EL (1898): *Animal intelligence: an experimental study of the associative process in animals*. Psychological Review, Monograph Supplement 8
- Thorne JB, Goodwin D, Kennedy MJ, Davidson HPB, Harris P (2005): Foraging enrichment for individually housed horses: Practicality and effects on behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 94, 149-164
- Thorpe WH (1956): *Learning and instinct in animals*. Methuen, London
- Thorpe WH (1961): *Bird song. The biology of vocal communication and expression in birds*. Cambridge University Press, Cambridge
- Toates F (1998): The interaction of cognitive and stimulus-response processes in the control of behaviour. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 22, 59-83

- Tomasello M (1994): The question of chimpanzee culture. In: Wrangham R, McGrew W, de Waal F, Haltne P (Hrsg.): 'Chimpanzee Cultures'. Harvard University Press, Harvard, 301-317
- Tommasi L, Vallortigara G, Zanforlin M (1997): Young chickens learn to localize the centre of a spatial environment. *Journal of Comparative Physiology A: Sensory, Neural and Behavioral Physiology* 180, 567-572
- Treit D (1985): Animal models for the study of anti-anxiety agents: a review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 9, 203-222
- Trickett SL, Guy JH, Edwards SA (2009): The role of novelty in environmental enrichment for the weaned pig. *Applied Animal Behavioural Science* 116, 45-51
- Turner ERA (1964): Social feeding in birds. *Behaviour* 13, 134-142
- Tuytens FAM (2005): The importance of straw for pig and cattle welfare: A review. *Applied Animal Behavioural Science* 92, 261-282
- Urcuioli PJ (2001): Categorization & acquired equivalence. In: Cook RG (Hrsg.): Avian visual cognition. On-line: <http://www.pigeon.psy.tufts.edu/avc/>
- Valsecchi P, Choleris E, Moles A, Guo C, Mainardi M (1996): Kinship and familiarity as factors affecting social transfer of food preferences in adult Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Journal of Comparative Psychology* 110, 243-251
- Vandenheede M (1996): Fear reactions in farm animals: assessment, factors of variation and effects on welfare and productivity. *Annales de Medecine Veterinaire* 140, 423-432
- van de Weerd HA, Docking CM, Day JEL, Avery PJ, Edwards SA (2003): A systematic approach towards developing environmental enrichment for pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 84, 101-118
- van de Weerd HA, Day JEL (2009): A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Applied Animal Behaviour Science* 116, 1-20
- van Praag H, Kempermann G, Gage FH (2000): Neural consequences of environmental enrichment. *Nature Reviews Neuroscience* 1, 191-198
- van Schaik CP (2010): Social learning and culture in animals. In: Kappeler P (Hrsg.): *Animal behaviour: Evolution and mechanisms*. Springer, Heidelberg, 623-653
- Vauclair J, Fagot J (1996): Categorization of alphanumeric characters by baboons (*Papio papio*): within and between class stimulus discrimination. *Current Psychology of Cognition* 15, 449-462
- Vaughan WJ, Greene SL (1984): Pigeon visual memory capacity. *Journal of Experimental Psychology - Animal Behavior Processes* 10, 256-271
- Veissier I, Stefanova I (1993): Learning to suckle from an artificial teat within groups of lambs - Influence of a knowledgeable partner. *Behavioural Processes* 30, 75-82
- von Borell E, Langbein J, Despres G, Hansen S, Leterrier C, Marchant-Forde J, Marchant-Forde R, Minero M, Mohr E, Prunier A, Valance D, Veissier I (2007): Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals - A review. *Physiology & Behavior* 92, 293-316

- von Fersen L, Delius JD (1989): Long-term retention of many visual patterns by pigeons. *Ethology* 82, 141-155
- Vonk J, MacDonald SE (2002): Natural concepts in a juvenile gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*) at three levels of abstraction. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 78, 315-332
- Warden CJ, Jackson TA (1935): Imitative behavior in the rhesus monkey. *Journal of Genetic Psychology* 46, 103-125
- Wasserman EA (1993): Comparative cognition: beginning the second century of the study of animal intelligence. *Psychological Bulletin* 113, 211-228
- Weaver LA, Michels KM (1961): Methodological factors affecting the formation of learning sets by rats. *Animal Behaviour* 9, 4-7
- Wechsler B, Lea SE (2007): Adaptation by learning: Its significance for farm animal husbandry. *Applied Animal Behaviour Science* 108, 197-214
- Weinandy R (2006a): Kognition. In: Gattermann R (Hrsg.): Wörterbuch zur Verhaltensbiologie der Tiere und des Menschen. Spektrum Akademisches Verlag, München, 165
- Weinandy R (2006b): Lernen. In: Gattermann R (Hrsg.): Wörterbuch zur Verhaltensbiologie der Tiere und des Menschen. Spektrum Akademisches Verlag, München, 183-184
- Weinandy R (2006c): Nachahmung, Beobachtungslernen. In: Gattermann R (Hrsg.): Wörterbuch zur Verhaltensbiologie der Tiere und des Menschen. Spektrum Akademisches Verlag, München, 209
- Wells DL (2004): The influence of toys on the behaviour and welfare of kennelled dogs. *Animal Welfare* 13, 367-373
- Wemelsfelder F (1993): The concept of boredom and its relationship to stereotyped behavior. In: Lawrence AB, Rushen J (Hrsg.): Stereotypie behavior: fundamentals and applications to animal welfare. CAB International, Wallingford, 65-95
- Wemelsfelder F (2005): Mental health and well-being in animals, chapter Animal boredom - Understanding the tedium of confined lives. Blackwell Publishing, Hoboken, New Jersey, 79-91
- Werner CW, Rehkämper G (1999): Discrimination of multidimensional geometrical figures by chickens: categorization and pattern-learning. *Animal Cognition* 2, 27-40
- Whiten A, Byrne RW (1991): The emergence of metarepresentation in human ontogeny and primate phylogeny. In: Whiten A (Hrsg.): Natural Theories of Mind. Blackwell, Oxford, 267-281
- Whiten A, Ham R (1992): On the nature and evolution of imitation in the animal kingdom: reappraisal of a century of research. *Advances in the Study of Behavior* 21, 239-283
- Whiten A (2000): Primate culture and social learning. *Cognitive Science* 24, 477-508
- Wisenden BD, Stacey NE (2005): Fish semiochemicals and the evolution of communication networks. In: McGregor PK (Hrsg.): Animal Communication Networks. Cambridge University Press, Cambridge, 540-567

- Wood-Gush DGM, Vestergaard K (1989): Exploratory behavior and the welfare of intensively kept animals. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 2, 161-169
- Wredle E, Munksgaard L, Spordly E (2006): Training cows to approach the milking unit in response to acoustic signals in an automatic milking system during the grazing season. *Applied Animal Behaviour Science* 101, 27-39
- Wright AA, Cook RG, Rivera JJ, Sands SF, Delius JD (1988): Concept learning by pigeons: matching-to-sample with trial-unique video picture stimuli. *Animal Learning & Behavior* 16, 436-444
- Wright AA, Katz JS (2007): Generalization hypothesis of abstract-concept learning: learning strategies and related issues in *Macaca mulatta*, *Cebus apella*, and *Columba livia*. *Journal of Comparative Psychology* 121, 387-397
- Zajonc RB (1965): Social facilitation. *Science* 149, 269-274
- Zayan R, Vauclair J (1998): Categories as paradigms for comparative cognition. *Behavioural Processes* 42, 87-99
- Zebunke M (2009): Affektive und emotionale Reaktionen von Schweinen im Kontext von kognitiver Umweltsanreicherung – Ein Beitrag zur Verbesserung des Wohlbefindens landwirtschaftlicher Nutztiere. Unveröffentlichte Dissertation, Universität Rostock
- Zebunke M, Langbein J, Manteuffel G, Puppe (2011): Autonomic reactions indicating positive affect during acoustic reward learning in domestic pigs. *Animal Behaviour* 81, 481-489
- Zentall TR, Hogan DE (1976): Pigeons can learn identity or difference, or both. *Science* 191, 408-409
- Zentall TR, Galef BG Jr (1988): *Social learning: psychological and biological perspectives*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey
- Zentall TR, Galizio M, Critchfield TS (2002): Categorization, concept learning, and behavior analysis: an introduction. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 78, 237-248
- Zentall TR (2006): Imitation: definitions, evidence, and mechanisms. *Animal Cognition* 9, 335-353
- Zentall TR, Wasserman EA, Lazareva OF, Thompson RKR, Rattermann MJ (2008): Concept learning in animals. *Comparative Cognition & Behavior Reviews* 3, 13-45
- Zentall TR (2012): Perspectives on observational learning in animals. *Journal of Comparative Psychology* 126, 114-128
- Zeuner F (1967): *Geschichte der Haustiere*. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München
- Zito CA, Wilson LL, Graves HB (1977): Some effects of social deprivation on behavioral development of lambs. *Applied Animal Ethology* 3, 367-377

10. ANHANG

ERGEBNISSE

EXPERIMENT 3: AUSWIRKUNGEN STRUKTURELLER UND KOGNITIVER UMWELTANREICHERUNGEN AUF LERNLEISTUNG, VERHALTEN UND PHYSIOLOGIE

VERHALTEN IM ‘*OPEN-FIELD/NOVEL-OBJECT*’ TEST

Tabelle 10.1: Einfluss der eingesetzten Umweltanreicherung auf die Dauer, Häufigkeit und Latenz von Verhaltensparametern (LSM ± SE) im ‚*open-field/novel-object*‘ Test 1.

Parameter	Strukturelle Anreicherung		Kognitive Anreicherung	
	angereichert	reizarm	Lernautomat	Tränke
Latenz bis Betreten der ‚ <i>open-field</i> ‘ Arena (s)	16,3 ± 3,5	20,9 ± 3,5	18,7 ± 3,5	18,4 ± 3,5
Dauer Aktivität (s)	231,1 ± 19,5	188,9 ± 19,5	219,1 ± 19,5	200,9 ± 19,5
Anzahl Aufrichten	2,4 ± 1,2	1,5 ± 1,2	2,2 ± 1,2	1,7 ± 1,2
Anzahl überlaufener Segmente	81,7 ± 8,8	63,9 ± 8,8	75,8 ± 8,8	69,9 ± 8,8
Dauer in Ecksegmenten (s)	345,3 ± 27,7	335,7 ± 27,7	317,9 ± 27,7	363,1 ± 27,7
Anzahl Vokalisation	132,9 ± 19,3	151,1 ± 19,3	152,2 ± 19,3	131,8 ± 19,3
Latenz bis Kontakt (s)	179,6 ± 29,4	182,8 ± 29,4	156,9 ± 29,4	205,5 ± 29,4
Dauer Kontakt (s)	7,8 ± 3,3	8,3 ± 3,3	10,2 ± 3,3	5,9 ± 3,3
Anzahl Kontakt	3,2 ± 1	2,4 ± 1	3 ± 1	2,6 ± 1
Anzahl Tiere mit Kontakt	10	7	10	7

Tabelle 10.2: Einfluss der eingesetzten Umweltanreicherung auf die Dauer, Häufigkeit und Latenz von Verhaltensparametern (LSM \pm SE) im ‚*open-field/novel-object*‘ Test 2.

Parameter	Strukturelle Anreicherung		Kognitive Anreicherung	
	angereichert	reizarm	Lernautomat	Tränke
Latenz bis Betreten der ‚ <i>open-field</i> ‘ Arena (s)	21,4 \pm 3,5	13,3 \pm 3,5	21,9 \pm 3,5	12,8 \pm 3,5
Dauer Aktivität (s)	180,2 \pm 19,5	171,4 \pm 19,5	191,2 \pm 19,5	160,3 \pm 19,5
Anzahl Aufrichten	1,9 \pm 1,2	1,6 \pm 1,2	1,4 \pm 1,2	2,1 \pm 1,2
Anzahl überlaufener Segmente	60,6 \pm 8,8	51,8 \pm 8,8	60 \pm 8,8	52,5 \pm 8,8
Dauer in Ecksegmenten (s)	395,2 \pm 27,7	371,3 \pm 27,2	371,9 \pm 27,7	394,6 \pm 27,7
Anzahl Vokalisation	124,3 \pm 19,3	143,8 \pm 19,3	123,3 \pm 19,3	144,6 \pm 19,3
Latenz bis Kontakt (s)	190,5 \pm 29,4	204,1 \pm 29,4	168,3 \pm 29,4	226,3 \pm 29,4
Dauer Kontakt (s)	11,2 \pm 3,3	10,2 \pm 3,3	13,1 \pm 3,3	8,3 \pm 3,3
Anzahl Kontakt	3,8 \pm 1	2,9 \pm 1	4,6 \pm 1	2,1 \pm 1
Anzahl Tiere mit Kontakt	8	9	12	5

Tabelle 10.3: Einfluss der eingesetzten Umweltanreicherung auf die Dauer, Häufigkeit und Latenz von Verhaltensparametern (LSM \pm SE) im ‚*open-field/novel-object*‘ Test 3.

Parameter	Strukturelle Anreicherung		Kognitive Anreicherung	
	angereichert	reizarm	Lernautomat	Tränke
Latenz bis Betreten der ‚ <i>open-field</i> ‘ Arena (s)	20 \pm 3,5	24,6 \pm 3,5	23,5 \pm 3,5	21,2 \pm 3,5
Dauer Aktivität (s)	232,7 \pm 19,5	174,5 \pm 19,5	225,2 \pm 19,5	181,9 \pm 19,5
Anzahl Aufrichten	5,7 \pm 1,2	3,8 \pm 1,2	5,4 \pm 1,2	4,2 \pm 1,2
Anzahl überlaufener Segmente	86,8 \pm 8,8	59,9 \pm 8,8	79,2 \pm 8,8	67 \pm 8,8
Dauer in Ecksegmenten (s)	273,9 \pm 27,7	326,7 \pm 27,7	287 \pm 27,7	313,6 \pm 27,7
Anzahl Vokalisation	146 \pm 19,3	161,7 \pm 19,3	152 \pm 19,3	155,8 \pm 19,3
Latenz bis Kontakt (s)	67,8 \pm 29,4	114,9 \pm 29,4	58,9 \pm 29,4	123,7 \pm 29,4
Dauer Kontakt (s)	21,9 \pm 3,3	12,5 \pm 3,3	22,4 \pm 3,3	12 \pm 3,3
Anzahl Kontakt	7,8 \pm 1	4 \pm 1	6,9 \pm 1	4,9 \pm 1
Anzahl Tiere mit Kontakt	15	11	15	11

Tabelle 10.4: Einfluss der eingesetzten Umweltanreicherung auf die Dauer, Häufigkeit und Latenz von Verhaltensparametern (LSM \pm SE) im ‚*open-field/novel-object*‘ Test 4.

Parameter	Strukturelle Anreicherung		Kognitive Anreicherung	
	angereichert	reizarm	Lernautomat	Tränke
Latenz bis Betreten der ‚ <i>open-field</i> ‘ Arena (s)	26,2 \pm 3,5	29,4 \pm 3,5	28,7 \pm 3,5	27 \pm 3,5
Dauer Aktivität (s)	271,4 \pm 19,5	191,1 \pm 19,5	241,6 \pm 19,5	220,9 \pm 19,5
Anzahl Aufrichten	9,2 \pm 1,2	3,8 \pm 1,2	5,6 \pm 1,2	7,3 \pm 1,2
Anzahl überlaufener Segmente	104,6 \pm 8,8	60,5 \pm 8,8	85,8 \pm 8,8	79,2 \pm 8,8
Dauer in Ecksegmenten (s)	204,6 \pm 27,7	249,3 \pm 27,7	215,5 \pm 27,7	238,4 \pm 27,7
Anzahl Vokalisation	152,7 \pm 19,3	142,8 \pm 19,3	141,5 \pm 19,3	154 \pm 19,3
Latenz bis Kontakt (s)	41,9 \pm 29,4	56,6 \pm 29,4	26 \pm 29,4	72,5 \pm 29,4
Dauer Kontakt (s)	21,9 \pm 3,3	13,6 \pm 3,3	21,4 \pm 3,3	14,1 \pm 3,3
Anzahl Kontakt	9,8 \pm 1	5,4 \pm 1	8,6 \pm 1	6,6 \pm 1
Anzahl Tiere mit Kontakt	15	15	16	14

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1:	Schematische Darstellung des Lernautomaten unter Angabe der Maße.	13
Abbildung 3.1:	Verwendete visuelle vierfach-Diskriminationsaufgaben zur Eingewöhnung und im Training.	21
Abbildung 3.2:	Schematischer zeitlicher Ablauf des Versuchs.	22
Abbildung 3.3:	a) Transfer-Serie bestehend aus 48 Symbolkombinationen. b) Verwendete visuelle vierfach-Diskriminationsaufgaben im Transfer-Test.	23
Abbildung 3.4:	Transfer-Serien im Transfer-Test 2. a) Den Zwergziegen aus der Nach-Versuchsgruppe 1 wurden die beiden Blöcke von je acht neuen Aufgaben umgekehrt präsentiert. b) Den Tieren aus der Nach-Versuchsgruppe 2 wurden die Aufgaben der beiden Blöcke von neuen Aufgaben untereinander gemischt angeboten. c) Den Ziegen der dritten Nach-Versuchsgruppe wurden komplett neue Aufgaben präsentiert.	24
Abbildung 3.5:	Visuelle vierfach-Diskriminationsaufgaben die in die gemischte Serie der dritten Nach-Versuchsgruppe eingestreut wurden.	25
Abbildung 3.6:	Mittlerer täglicher Lernerfolg der Zwergziegen aus zwei verschiedenen Versuchsgruppen in acht verschiedenen Diskriminationsaufgaben, die jeweils über fünf Tage trainiert wurden.	27
Abbildung 3.7:	Anzahl an Wahlen, welche die Zwergziegen in den acht Diskriminationsaufgaben benötigten, um das Lernkriterium von 46 % zu überschreiten.	28
Abbildung 3.8:	Präferenz der Zwergziegen aus zwei verschiedenen Versuchsgruppen für das in der nachfolgenden Aufgabe belohnte Symbol im eintägigen Vor-Test, wenn alle Symbole gleichermaßen belohnt wurden.	29
Abbildung 3.9:	Mittlerer Lernerfolg der Zwergziegen aus zwei verschiedenen Versuchsgruppen für die über einen Tag lang angebotenen Misch-Serien.	30
Abbildung 3.10:	Ziegen mit richtiger 1. Wahl in allen Aufgaben des Transfer-Tests, aufgeteilt in verschiedene Blöcke.	31
Abbildung 3.11:	Ziegen der Nach-Versuchsgruppe 1 mit richtiger 1. Wahl in den Trainings- und den neuen Aufgaben im Transfer-Test 2.	32
Abbildung 3.12:	Ziegen der Nach-Versuchsgruppe 2 mit richtiger 1. Wahl in den Trainings- und den neuen Aufgaben im Transfer-Test 2.	33
Abbildung 3.13:	Ziegen der Nach-Versuchsgruppe 3 mit richtiger 1. Wahl in den Trainings- und den komplett neuen Aufgaben im Transfer-Tests 2.	34

Abbildung 4.1:	Schematische Darstellung des Versuchsablaufs.	45
Abbildung 4.2:	Verwendete visuelle Diskriminationsaufgaben 1 und 2.	45
Abbildung 4.3:	a) Schematische Anordnung der Abteile für die vier Versuchsgruppen. b) live-Beobachtung der Demonstratoren in Versuchsgruppe 2. c) Beobachtung der Demonstratoren über einen Flachbildschirm in Versuchsgruppe 3.	46
Abbildung 4.4:	Mittlerer täglicher Lernerfolg der Zwergziegen aus den vier Versuchsgruppen in den zwei Diskriminationsaufgaben.	48
Abbildung 5.1:	Verwendete visuelle vierfach-Diskriminationsaufgaben die nacheinander über je 14 Tage den Gruppen 1 und 2 aus kognitiv angereicherten Bedingungen angeboten wurden.	66
Abbildung 5.2:	Schematische Darstellung des Versuchsablaufs.	66
Abbildung 5.3:	Testarena. a) Arena von außen mit angrenzender Startbox. b) Arena mit den eingezeichneten 12 Segmenten.	67
Abbildung 5.4:	Zwergziege mit angelegtem Gurt zur Herzfrequenzmessung.	69
Abbildung 5.5:	Schematische Darstellung des Y-Labyrinths zur Testung der räumlichen Lernleistung der Zwergziegen.	70
Abbildung 5.6:	Mittlerer täglicher Lernerfolg der Zwergziegen aus kognitiv angereicherter Haltung in drei aufeinander folgenden Diskriminationsaufgaben, die jeweils über 14 Tage trainiert wurden.	74
Abbildung 5.7:	Vergleich der Aktivitätsdauer zwischen den Ziegen aus strukturell angereicherten und reizarmen Haltungsbedingungen in den vier durchgeführten ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Tests.	75
Abbildung 5.8:	Vergleich der Anzahl an Aufrichten zwischen den Ziegen aus strukturell angereicherten und reizarmen Haltungsbedingungen in den vier durchgeführten ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Tests.	76
Abbildung 5.9:	Vergleich der Anzahl überlaufener Segmente zwischen den Ziegen aus strukturell angereicherten und reizarmen Haltungsbedingungen gemittelt über die vier durchgeführten ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Tests.	76
Abbildung 5.10:	Vergleich der Latenz bis zum Betreten der Testarena gemittelt zwischen den Ziegen aus strukturell angereicherten und reizarmen Haltungsbedingungen in den vier durchgeführten ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Tests.	77
Abbildung 5.11:	Vergleich der Häufigkeit des Kontakts zum unbekanntem Objekt gemittelt über die vier durchgeführten ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Tests zwischen den Ziegen a) mit und ohne strukturelle Anreicherung und b) mit und ohne kognitive Anreicherung.	78

Abbildung 5.12:	Vergleich der Dauer des Kontakts zum unbekanntem Objekt zwischen den Ziegen aus kognitiv angereicherten und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen gemittelt über die vier durchgeführten ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Tests.	79
Abbildung 5.13:	Vergleich der Latenzzeit bis zum Kontakt mit dem unbekanntem Objekt zwischen den Ziegen aus kognitiv angereicherten und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen gemittelt über die vier durchgeführten ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Tests.	79
Abbildung 5.14:	Vergleich der Anzahl Zwergziegen mit Kontakt zum unbekanntem Objekt zwischen den Ziegen aus kognitiv angereicherten und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen gemittelt über die vier durchgeführten ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Tests.	80
Abbildung 5.15:	Vergleich der Cortisolkonzentration im Speichel der Zwergziegen zwischen a) den Tieren aus kognitiv angereicherten und nicht kognitiv angereicherten Haltungsbedingungen vor und nach dem ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Test und b) vor und nach dem Test in den vier durchgeführten ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Tests gemittelt über jeweils alle Versuchstiere.	81
Abbildung 5.16:	Vergleich der Herzfrequenz der Zwergziegen zwischen a) den Ziegen aus strukturell angereicherten und reizarmen Haltungsbedingungen in den vier durchgeführten Messwiederholungen und b) den Tieren aus kognitiv angereicherten und nicht kognitiv angereicherten Haltungsbedingungen gemittelt über die vier durchgeführten Tests.	82
Abbildung 5.17:	Vergleich der SDNN-Werte der Zwergziegen zwischen a) den Tieren aus kognitiv angereicherten und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen in den strukturell angereicherten bzw. strukturell reizarmen Abteilen gemittelt über die vier durchgeführten Messwiederholungen und b) den Tieren aus kognitiv angereicherten und nicht kognitiv angereicherten Haltungsbedingungen in den vier durchgeführten Tests.	83
Abbildung 5.18:	Vergleich der RMSSD-Werte der Zwergziegen zwischen den Tieren aus kognitiv angereicherten und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen in den strukturell angereicherten bzw. strukturell reizarmen Abteilen gemittelt über die vier durchgeführten Messwiederholungen.	83
Abbildung 5.19:	Vergleich des Verhältnisses von RMSSD zu SDNN der Zwergziegen zwischen den Tieren aus kognitiv angereicherten und kognitiv nicht angereicherten Haltungsbedingungen gemittelt über die vier durchgeführten Messwiederholungen.	84

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1.1:	Lern-Intelligenz-Hierarchie nach THOMAS (1996). Hierarchie grundlegender kognitiver Prozesse verbunden mit Lernvermögen und Intelligenz.	3
Tabelle 3.1:	Mittlere Uhrzeit an der die Zwergziegen die einzelnen Aufgaben der vier verschiedenen Blöcke des Transfer-Tests beantworteten.	31
Tabelle 4.1:	Konvergenztafel zur Anzahl an Beobachtungen der Demonstratoren über fünf Versuchstage, aufgeteilt auf zwei Klassen, für die Versuchsgruppen 2 und 3 in der ersten Diskriminationsaufgabe.	49
Tabelle 4.2:	Konvergenztafel zur mittleren Dauer an Beobachtungen der Demonstratoren über fünf Versuchstage, aufgeteilt auf drei Klassen, für die Versuchsgruppen 2 und 3 in der ersten Diskriminationsaufgabe.	50
Tabelle 4.3:	Konvergenztafel zur Anzahl an Beobachtungen der Demonstratoren über fünf Versuchstage, aufgeteilt auf zwei Klassen, für die Versuchsgruppen 2 und 3 in der zweiten Diskriminationsaufgabe.	51
Tabelle 4.4:	Konvergenztafel zur mittleren Dauer an Beobachtungen der Demonstratoren über fünf Versuchstage, aufgeteilt auf drei Klassen, für die Versuchsgruppen 2 und 3 in der zweiten Diskriminationsaufgabe.	51
Tabelle 5.1:	Versuchsübersicht. In einem 2×2 Design wurden vier Versuchsgruppen unter unterschiedlichen Bedingungen gehalten.	65
Tabelle 5.2:	Ethogramm. Beobachtete Verhaltensweisen im ‚ <i>open- field/novel-object</i> ‘ Test.	71
Tabelle 5.3:	Übersicht der analysierten Herzfrequenz- und Herzfrequenzvariabilitäts-Parameter in der Zeitbereichsanalyse.	73
Tabelle 5.4:	Mittlere Anzahl an Durchgängen welche die Zwergziegen benötigten, um eine Seite des Y-Labyrinths zu lernen.	84
Tabelle 10.1:	Einfluss der eingesetzten Umweltanreicherung auf die Dauer, Häufigkeit und Latenz von Verhaltensparametern im ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Test 1.	125

Tabelle 10.2:	Einfluss der eingesetzten Umwelthanreicherung auf die Dauer, Häufigkeit und Latenz von Verhaltensparametern im ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Test 2.	126
Tabelle 10.3:	Einfluss der eingesetzten Umwelthanreicherung auf die Dauer, Häufigkeit und Latenz von Verhaltensparametern im ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Test 3.	126
Tabelle 10.4:	Einfluss der eingesetzten Umwelthanreicherung auf die Dauer, Häufigkeit und Latenz von Verhaltensparametern im ‚ <i>open-field/novel-object</i> ‘ Test 4.	127

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen, mich bei den vielen Menschen (und Ziegen!) zu bedanken, die mir während meiner Promotion tatkräftig, aber auch mental, egal ob von nah oder von fern, eine große Hilfe waren.

- ☛ Zu aller erst gilt mein herzlicher Dank **Jan Langbein**, der mir die Möglichkeit gab, dieses Thema zu bearbeiten. Die Arbeit in der „Ziegengruppe“ war interessant, motivierend und hat mir stets viel Freude bereitet. Vielen Dank für ein immer offenes Ohr, viele Gespräche und Diskussionen sowie die große Hilfe bei allen Anliegen.
- ☛ **Birger Puppe** danke für die Chance in der Arbeitsgruppe Nutztierethologie mitzuwirken. Die stete Gesprächsbereitschaft, die große Hilfe in vielen Gebieten, die vielen nützlichen Tipps und die Chance, mich in unterschiedlichen Bereichen beweisen zu können, hat mir sehr geholfen.
- ☛ Für die freundliche Aufnahme in den Forschungsbereich Verhaltensphysiologie danke ich **Gerhard Manteuffel**.
- ☛ Meiner „Excel-Queen“ **Katrin Siebert** gilt ebenso mein größter Dank. Egal ob bei der Versuchsdurchführung, wenn Excel aus unerklärlichen Gründen nicht das gemacht hat was ich wollte und bei vielen weiteren Schwierigkeiten, traf ich immer auf ein offenes Ohr und unheimliche Hilfe.
- ☛ **Dieter Sehland** danke ich dafür, dass er Probleme auf Grund meines oft technischen Unverständnisses stets schnell und zuverlässig gelöst hat. Vielen Dank auch für die Hilfe bei Versuchsdurchführungen und die entspannte Atmosphäre im Ziegenstall.
- ☛ Auch **Kurt Wendland** danke ich für die Geduld und Hilfsbereitschaft, jedes Mal wenn ich an seine Tür geklopft habe, wenn die Technik nicht das gemacht hat was ich wollte oder gar ganz den Geist aufgegeben hat.
- ☛ Ohne die schnelle und einfallreiche Hilfe von **Heinz Deike**, egal ob in baulichen Angelegenheiten oder auch bei der Versuchsdurchführung, hätten die Experimente nicht so problemlos ablaufen können.
- ☛ Für die fast schon hingebungsvolle Pflege der Zwergziegen danke ich sehr: **Wolfgang Reuschel, Axel Böhme** und **Axel Bratz**.
- ☛ Bei **Ursula Engel** und **Eveline Normann** bedanke ich mich für die Hilfe bei der Versuchsdurchführung.
- ☛ Für die Hilfe bei der Cortisol-Bestimmung danke ich **Petra Müntzel**. **Ellen Kanitz** war anschließend eine große Hilfe bei der Interpretation.
- ☛ Bei Fragen zur statistischen Auswertung stand **Gerd Nürnberg** stets zur Verfügung – vielen Dank.
- ☛ Bei bürokratischen Angelegenheiten waren stets eine große Hilfe: unvergessen **Evelyne Hamel, Martina Pohlmann** und **Jutta Hoffmann**.

- ✎ Für ein tolles Arbeitsklima danke ich allen Kolleginnen und Kollegen des **Forschungsbereichs 5.0**. Besonders bedanken möchte ich mich dabei bei den **Doktorandinnen** und **Post Docs** des Bereichs, die bei unzähligen fachlichen Gesprächen aber auch in den Pausen eine große Hilfe waren. **Theresa Hameister** danke ich für das tolle Büroklima und dem regen Austausch von Informationen, Anregungen, Tipps usw. sowie die vielen entspannten Kaffchen-Pausen mit **Annika Krause**.
- ✎ Allen **Personen**, die diese Arbeit **Korrektur gelesen** haben, danke ich unheimlich für ihre Durchhaltekraft, denn irgendwann sieht man selbst den Wald vor lauter Bäumen nicht mehr.
- ✎ Für die finanzielle Unterstützung danke ich der **Deutschen Forschungsgemeinschaft** (LA 1187/5-1) und dem **Leibniz-Institut für Nutztierbiologie**.
- ✎ Nicht zu vergessen, danke ich meinen vielen **Versuchstieren**, die durch ihr Interesse, ihre Neugier, Motivation und geistigen Fähigkeiten den wohl größten Anteil zu dieser Arbeit beigetragen haben.
- ✎ Zuletzt möchte ich den für mich wichtigsten Menschen danken. **Katja, Patrick, Joana** und **Theo Richter** sowie **Stefanie Meyer**: ich danke Euch für Eure Unterstützung und Motivation, Eure Besuche, Telefonate und das schöne Gefühl, in die Heimat zu kommen. **Daniel Oesterwind**: ich danke Dir für Deine Motivation, Ablenkung, Unterstützung, Auseinandersetzung mit meiner Arbeit, Aufheiterung, Geduld, Bespaßung und das unglaubliche Gefühl, nach Hause zu kommen.

LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Name: Susann Meyer
 Geburtsdatum: 21.09.1985
 Geburtsort: Arnstadt

Ausbildung und Berufserfahrung

Seit 2012	Wissenschaftliche Mitarbeiterin Universität Rostock Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät Professur Verhaltenskunde
2009 bis 2012	Wissenschaftliche Mitarbeiterin/Doktorandin Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf Forschungsbereich Verhaltensphysiologie
Promotionsthema:	„Untersuchungen zum visuellen Diskriminationslernen von Zwergziegen – Kognitive Leistungen und Auswirkungen kognitiver Herausforderungen auf Verhalten und Physiologie“
2004 bis 2008	Studium an der Universität Bayreuth Studiengang Diplom Biologie (Gesamtnote: 1,4) Schwerpunkt: Ökologische und Organismische Biologie
Diplomarbeitsthema:	„Verhaltenstests bei juvenilen Laborratten aus unterschiedlich großen Würfen“
1996 bis 2004	Johann-Gottfried-Herder-Gymnasium, Arnstadt
1992 bis 1996	Ludwig-Bechstein-Grundschule, Arnstadt

Wissenschaftliche Leistungen

Publikationen

Meyer S, Langbein J, Puppe B (2012): Visual discrimination learning in dwarf goats – impact of environmental enrichment on learning performance & behaviour. In: Seyfert H-M, Viereck G (Hrsg.): 13th Day of the doctoral student (Abstracts). Schriftenreihe 20, 43-46, ISSN 0946-1981

Meyer S, Nürnberg G, Puppe B, Langbein J (2012): The cognitive capabilities of farm animals: categorisation learning in dwarf goats (*Capra hircus*). *Animal Cognition* 15, 567-576

Meyer S, Langbein J (2011): Auswirkungen von struktureller und kognitiver Umweltanreicherung auf Lernleistung und Verhalten von Afrikanischen Zwergziegen (*Capra hircus*). In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2011. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt 489, 23-33

Langbein J, **Meyer S**, Puppe B (2011): Kognitive Fähigkeiten von Nutztieren und kognitive Umweltanreicherung – Implikationen für Haltung und Wohlbefinden. In: Tierschutz: Anspruch - Verantwortung - Realität. Tagungsbericht der 2. ÖTT-Tagung, Wien 2011 (ÖTT; Hrsg.) Wien, 15-23

Rödel HG, **Meyer S** (2011): Early development influences ontogeny of personality types in young laboratory rats. *Developmental Psychobiology* 53, 601-613

Meyer S, Puppe B, Langbein J (2010): „Dumme Ziege?“ – Kategoriellernen bei Zwergziegen (*Capra hircus*). In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2010. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt 482, 104-114

Meyer S, Puppe B, Langbein J (2010): Kognitive Umweltanreicherung bei Zoo- und Nutztieren – Implikationen für Verhalten und Wohlbefinden der Tiere. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 123, 10-20

Rödel HG, **Meyer S**, Prager G, Stefanski V, Hudson R (2010): Litter size is negatively correlated with corticosterone levels in weanling and juvenile laboratory rats. *Physiology & Behavior* 99, 644-650

Vorträge	<p>Meyer S: Visuelles Diskriminierungslernen bei Zwergziegen – Auswirkungen von Umweltanreicherung Lernleistung und Verhalten. Tag des Doktoranden – Fortgeschrittene. FBN Dummerstorf, 24.05.2012</p> <p>Meyer S, Langbein J: Auswirkungen von struktureller und kognitiver Umweltanreicherung auf Lernleistung und Verhalten von Afrikanischen Zwergziegen (<i>Capra hircus</i>). 43. Internationale Tagung Angewandte Ethologie, Freiburg, 17.11.2011</p> <p>Meyer S, Langbein J: Impact of environmental and cognitive enrichment on learning performance and behaviour of Nigerian dwarf goats (<i>Capra hircus</i>). ISAE Regional Meeting, Czech Republic, 02.06.2011</p> <p>Meyer S, Puppe B, Langbein J: „Dumme Ziege?“ – Kategoriellernen bei Zwergziegen (<i>Capra hircus</i>). 42. Internationale Tagung Angewandte Ethologie, Freiburg, 19.11.2010</p> <p>Langbein J, Meyer S: Cognitive abilities of farm animals: “Stupid goats” (<i>Capra hircus</i>) are able to form open-ended categories. 44. ISAE Konferenz, Uppsala, Schweden, 06.08.2010</p> <p>Meyer S: Visuelles Diskriminierungslernen bei Zwergziegen – Kognitive Leistungen und Auswirkungen auf Verhalten und Wohlbefinden. Tag des Doktoranden – Beginner. FBN Dummerstorf, 19.05.2010</p>
Poster	<p>Meyer S, Rödel HG: Motor abilities of juvenile laboratory rats from litters of different sizes. 101. Jahrestagung der DZG, Jena 2008</p>
Auszeichnung	<p>3. Posterpreis bei der 101. Jahrestagung der DZG, Jena 2008</p>

SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel „Untersuchungen zum visuellen Diskriminationslernen von Zwergziegen – Kognitive Leistungen und Auswirkungen kognitiver Herausforderungen auf Verhalten und Physiologie“ selbstständig angefertigt und ohne fremde Hilfe verfasst habe, keine außer den von mir angegebenen Hilfsmitteln und Quellen dazu verwendet habe und die den benutzten Werken inhaltlich und wörtlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Rostock, den 29. Juni 2012