

HARTMUT FRANZ

Zum Einfluss der Trainingsmethode auf das Lernverhalten von Zwergziegen am Computer

Summary

Title of the paper: **The Influence of training methods on learning behaviour of dwarf goats on an automatic learning device**

In learning experiments with 67 Dwarf Goat kids on a general purpose computer system for behavioural conditioning experiments, named 'Field Monitor', it was tested, how to train successfully animals on automated learning devices. Using 4 simultaneously offered visual stimuli whose arrangement varies randomly in consecutive offers, a substantial *side preference* (a subject chose one side more frequently than the other) was frequently developed by the test animals. Such behavioural strategy could be effectively overcome by a special software which presented for some test intervals only the non rewarded S- patterns on the preferred side.

Key Words: learning, device, visual discrimination, dwarf goat, group-housing

Zusammenfassung

In vergleichenden Lernexperimenten mit 67 Zwergziegenlämmern wurde an einem vollautomatischen Lernapparat, dem Feldermonitor, geprüft, wie visuelle Differenzierungsaufgaben effektiv zu trainieren sind. Bei vier synchron angebotenen Wahlmöglichkeiten und einem zufälligen Wechsel der Positionen der visuellen Stimuli bilden sich bei den Tieren sehr schnell Gewohnheiten heraus, die der Lösung der gewünschten visuellen Differenzierungsaufgaben entgegenstehen. Die Tiere wählen verstärkt an einem bevorzugten Schalter und bekommen in Folge des zufälligen Positionswechsels des belohnten Stimulus hin und wieder auch eine Belohnung. Dieser Feldstetigkeit kann wirksam begegnet werden, in dem für die Benutzung der bevorzugten Wahlschalter für eine bestimmte Dauer keine Belohnung mehr ausgegeben und entsprechend die zu wählenden S+ Stimuli dort nicht gezeigt werden.

Schlüsselwörter: Lernen, Apparat, visuelle Differenzierung, Zwergziege, Gruppenhaltung

Einleitung

„In the typical visual discrimination experiment, subjects are required to make responses to the *right* or *left* of whatever apparatus is used.“

So begann LOUIS W. GELLERMANN im Jahre 1933 seinen Artikel über Zufallsreihen für alternierende Stimuli in Lernexperimenten.

Für Experimente mit visuellen Differenzierungsaufgaben ist die Zweifachwahlmöglichkeit bis heute die am meisten angewendete Methode. Die von GELLERMANN (1933) begründeten Pseudozufallsreihen wurden und werden in der Mehrzahl dieser Lernexperimente erfolgreich genutzt.

Die von ihm auf Serien von 10 Wahlen angewendeten Kriterien waren:

1. Jede Serie soll fünf rechte und fünf linke Positionen enthalten
2. Keine Serie darf mehr als drei rechte oder drei linke Positionen in Folge haben
3. Mindestens zwei rechte und zwei linke Positionen müssen in der ersten und der letzten Hälfte jeder Serie erscheinen

4. Jede Serie darf nur fünf Umkehrungen von rechts zu links und von links zu rechts enthalten
5. Die Serie muß einen Zufallserfolg von 50% bei einfachem oder doppeltem Wahlwechsel ergeben

Diesen Kriterien entsprachen 44 von den 1024 möglichen Kombinationen von 10-er Serien. Durch Zusammenfügen können diese Serien beliebig verlängert werden. Für Experimente mit Zweifachwahl liegen damit gut begründete Pseudozufallsfolgen vor.

Experimente mit Rindern (FRANZ, 1999) und mit Zwergziegen (FRANZ und GAJDON, 1999) hatten gezeigt, dass die Zweifachwahl gegenüber einer Wahlmöglichkeit aus drei oder vier synchron angebotenen Stimuli schlechtere Lernerfolge erbrachte. Deshalb wurde für die vorliegende Versuchsanstellung die Vierfachwahl gewählt. Hierfür fanden sich in der Literatur jedoch keine geeigneten Pseudozufallsfolgen. Daher wurden die in Tabelle 1 beschriebenen Folgen entwickelt.

Tabelle 1

Pseudozufallsfolge für die Positionswechsel von synchron gebotenen visuellen Stimuli auf einem Vier-Felder-Monitor (Chance orders of alternating stimuli in visual discrimination experiments on a Four-Field-Monitor)

Wahl Nr.	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4
1	1	2	3	4
2	3	4	1	2
3	4	3	2	1
4	2	1	4	3
5	4	2	3	1
6	2	3	1	4
7	1	3	4	2
8	3	1	4	2
9	1	4	2	3
10	4	2	1	3
11	2	3	4	1
12	3	1	2	4
13	1	4	3	2
14	3	2	4	1
15	4	1	2	3
16	2	3	1	4
17	3	2	4	1
18	1	4	2	3
19	2	1	3	4
20	4	3	1	2
21	3	1	4	2
22	1	4	2	3
23	2	3	1	4
24	4	2	3	1
25	2	4	3	1
26	4	1	2	3
27	3	4	1	2
28	1	2	3	4
29	1	3	2	4
30	3	1	4	2
31	2	4	1	3
32	4	2	3	1

Diese Folge bietet den S+ Stimulus auf allen vier Feldern des Monitors in gleicher Häufigkeit. Sie bietet mehrmals alle Stimuli auch zweimal hintereinander auf den jeweiligen Feldern. Sie schließt jedoch drei und mehr Folgen eines Stimulus auf dem gleichen Feld aus. Die Pseudozufallsfolge ist nicht das Ergebnis eines Zufallsgenerators und erhebt keinen Anspruch bezüglich spezieller wahrscheinlichkeitstheoretischer Aspekte. Zu ihrer praktischen Realisierung sind 20 Monitorbilder mit verschiedenen Stimulusanordnungen erforderlich, von denen 12 einmalig, 4 zweimalig und 4 dreimalig in der Folge von 32 Wahlen eingesetzt werden. Kommt ein Tier bei einem Standbesuch an das Ende dieser Folge von 32 Wahlmöglichkeiten, dann startet die Folge

wieder von vorn. Da die Tiere den Stand an einem Tage durchschnittlich 10 – 15 mal besuchen und etwa 100 – 150 mal wählen, je Besuch also etwa nur 10 – 15 mal wählen, ist die Ausnutzung aller 32 Wahlmöglichkeiten in Folge unwahrscheinlich. Bei allen Formen von synchroner Wahlmöglichkeit können die zu prüfenden Tiere aber auch Wahlstrategien entwickeln, die nicht den beabsichtigten visuellen Differenzierungsaufgaben entsprechen. Beispielsweise können sie ohne Beachtung der visuellen Stimuli immer den selben Schalter wählen. Bei einem zufälligen Wechsel der Position des belohnten Stimulus bekommen sie auch auf diese Weise hin und wieder eine Belohnung. Eine solche Feldstetigkeit bildete sich bei allen geprüften Tieren sehr schnell heraus, wenn dieser Gewohnheit nicht gezielt entgegen gewirkt wurde. Das Korrekturtraining gegen Feldstetigkeiten einzelner Tiere haben wir mittels einer speziellen Software automatisiert und beschreiben hier die Methode und die erzielten Ergebnisse.

Tiere und Methode

In jeweils etwa 14 m² großen Haltungsboxen wurden männliche bzw. weibliche Lämmer der Rasse Afrikanische Zwergziege (*Capra hircus* L.) des Institutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN), Dummerstorf in Gruppen von 8 – 15 Tieren gehalten. Die verwendeten 67 Lämmer waren im April 1999 und im Februar 2000 geboren und bei Einstellung in diese Boxen und damit bei Beginn der Lerntests durchschnittlich 110 Tage alt. An die Benutzung der an den Lernapparaten angebrachten Wahlschalter waren sie vor Beginn der Lerntests gewöhnt. In jeder Box stand ein Lernapparat, der von FRANZ und REICHART (1999) beschriebene Feldermonitor. Durch einen Einzeltierstand*, der sich vor dem Feldermonitor befindet, war jedem Tier die ungestörte Benutzung des Lernapparates möglich. Die visuellen Wahlaufgaben bestanden jeweils in der Auswahl eines von vier Bildern und der Betätigung des bei diesem Bild befindlichen Schalters. Die Feldbezeichnungen gehen von links nach rechts und von oben nach unten. Der S+ Stimulus hat in der Tabelle 1 die Ziffer 1, die drei S- Stimuli die Ziffern 2 – 4. Die Tiere bekamen bei Benutzung des Schalters neben dem auf dem Monitor gezeigten S+ Stimulus, also bei jeder Richtigwahl, eine Trinkwasserportion von etwa 30 ml in ein Schälchen vor dem Monitor. Sie konnten den Stand beliebig lange und beliebig oft benutzen. Er war 24 Stunden täglich und über mehrere Monate den Tieren zugänglich. Bei Falschwahl bekamen die Tiere keine Wasserportion. Um sich satt zu trinken, mussten die Tiere bei einem hohen Anteil falscher Wahlen, wie das zu Beginn neuer Wahlaufgaben typisch ist, entsprechend häufiger wählen. Aus der täglichen Kontrolle des Lernverhaltens aller Tiere war zu erkennen, dass sich alle Tiere täglich satt tranken, natürlich mit unterschiedlich vielen Wahlversuchen.

Die Ziegen bekamen Wasser, und außerdem Heu und Kraftfutter ad libitum. Ihre Körpermasseentwicklung wurde ständig kontrolliert. Sie war mit täglichen Zunahmen von 80 – 120 Gramm und Halbjahresmassen von 16 – 18 kg überdurchschnittlich hoch, so dass davon auszugehen ist, dass die Tiere in den Lernexperimenten optimal versorgt wurden. Die von PETZOLD (1980) und JACOB (1995) mitgeteilten durchschnittlichen Körpermassen für diese Rasse lagen mit 6 Lebensmonaten bei 9,9 bzw. 11,8 kg.

* Einen aktuellen Einblick in die Benutzung eines Lernstandes kann man erhalten, wenn über die Internet Homepage (www.fbn-dummerstorf.de) die Web-Kamera „Ziegenschule live“ genutzt wird. Im Abstand von einer Minute werden hier Standbesuche von Ziegen in den aktuellen Experimenten zu beobachten sein (wenn sie nicht gerade eine Ruhepause haben).

Die in den Lerntests 1 – 3 eingesetzten visuellen Stimuli sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2

Visuelle Stimuli, die in den Lerntests 1 – 3 eingesetzt wurden (Visual stimuli used in the learning tests 1 – 3)

Test Nr.	S +	S -	Bemerkung
1	+	0, 0, 0	Akust. Verstärkung (1)
2	:	□, ∇, -	dto
3	S	H, A, N	dto

(1) Bei Richtigwahl erklang unmittelbar bei Schalterbetätigung der Kammerton A, bei Falschwahl die (menschliche) Dissonanz der Töne H, C, D.

Diese Symbole erschienen im jeweiligen Test auf den vier Feldern des Monitors und die Tiere konnten durch Berühren des daneben liegenden Schalters ein Symbol wählen. Nur bei der Wahl des S+ Stimulus wurde eine Wasserportion ausgegeben. Nach jeder Schalterbenutzung wurde der Monitor für etwa 3 Sekunden schwarz und für das nächste Bild wechselten die Positionen (Felder) der angebotenen Symbole. Jeder Test dauerte 14 Tage. Der Übergang zum folgenden Test erfolgte automatisch um Mitternacht. Die Tiere wurden elektronisch erkannt. Jede Schalterbetätigung wurde gespeichert und in die Auswertung einbezogen. Als Maß des Lernerfolges wurde der prozentuale Anteil richtiger Wahlen an allen Wahlen eines Tages genutzt.

Für die Positionsveränderungen der Stimuli wurden die in Tabelle 1 angegebenen Pseudozufallsfolgen genutzt. Mit dieser Trainingsmethode war aber nicht zu verhindern, dass die Tiere bestimmte Felder präferierten und so mit einer erhöhten Anzahl Schalterbetätigungen auch ausreichende Wassermengen erhielten (FRANZ und REICHART, 1999). Um der Ausbildung solcher Feldstetigkeiten zu begegnen, wurde eine Software eingesetzt, die die Wahlen jedes Tieres individuell und kumulativ kontrollierte. Wurden durch diese Kontrollen Präferenzen für bestimmte Seiten des Monitors festgestellt ($\geq 70\%$ auf der präferierten Seite), dann wurde die in Tabelle 1 beschriebene Pseudozufallsfolge unterbrochen und der S+ Stimulus nur noch auf der entgegengesetzten Seite des Monitors eingesetzt. Dafür wurde eine Pseudozufallsfolge für Zweifachwahl genutzt. Das Tier konnte nun also bei Beibehaltung seiner Präferenz nicht mehr zu Belohnungen kommen und musste die Seite wechseln. Wenn es dann eine ausreichende Erfolgsrate erreicht hatte ($\geq 40\%$), wurde der Positionswechsel wieder nach der Pseudozufallsfolge aus Tabelle 1 begonnen. Die Software beinhaltet vier verschiedene Unterpläne zur Korrektur von Feldstetigkeiten: Korrektur der Präferenz der linken bzw. rechten Hälfte und Korrektur der Präferenz der unteren bzw. oberen Hälfte des Monitors. Damit sind jeweils zwei Wahlfelder für die Berechnung zusammen gefasst. Ob eine Kontrolle der Präferenz der einzelnen Felder zu anderen Ergebnissen führen würde, kann noch nicht beurteilt werden. Wohl aber die positive Wirkung des gewählten Korrekturtrainings, wie in Abbildung 1 und Tabelle 4 gezeigt wird. Als Maß für statistische Auswertungen der Feldstetigkeit (FS) wurde der Quotient aus der Gesamtzahl Schalterbenutzungen eines Feldes zum Erwartungswert des jeweiligen Feldes nach der folgenden Formel gebildet.

$$FS_i = 4 f_i / (f_1 + f_2 + f_3 + f_4) \quad (1)$$

Dabei ist f_i die absolute Anzahl Schalterbenutzungen des Feldes i.

Eine Feldstetigkeit wurde angenommen, wenn dieser Wert bei mindestens 10 Schalterbenutzungen $\geq 2,0$ betrug.

Die Anzahl, das Geschlecht und die Geburtssaison der für diese Experimente genutzten Versuchstiere sind in der Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3

Zwergziegen, die in die Lerntests einbezogen wurden (Dwarf goats used in the learning tests)

Saison	Geburtssaison	Versuchsgruppe M (mit Korrekturp.)		Versuchsgruppe O (ohne Korrekturp.)	
		Anzahl	Geschlecht	Anzahl	Geschlecht
1	1999-04	22	ml.	8	3 ml., 5 wbl.
2	2000-02	29	wbl.	8	wbl.

Die Gruppenbezeichnungen in der Abbildung 1 fassen die in der Tabelle 3 verwendeten Symbole für die Versuchsgruppe und die Geburtssaison zusammen. In Gruppe M 1 sind also beispielsweise Tiere, die mit Korrekturprogramm trainiert wurden und aus der Saison 1 stammen, in Gruppe O 2 sind Tiere ohne Korrekturprogramm aus der Saison 2.

Ergebnisse

In der Abbildung 1 sind die Lernkurven von vier Versuchsgruppen dargestellt.

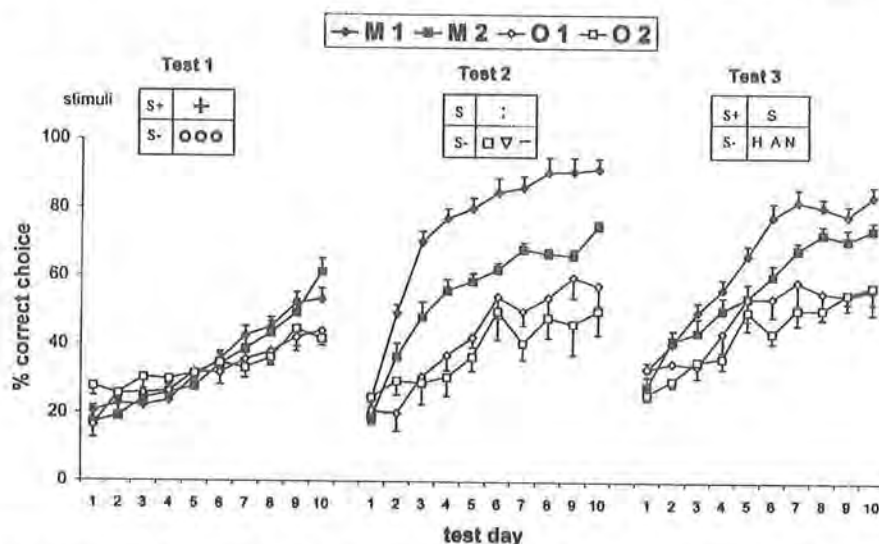


Abb. 1: Mittlere Lernerfolge (LT%, SE) von Zwergziegen in 3 aufeinander folgenden visuellen Differenzierungstests von vier Versuchsgruppen mit (M) und ohne (O) Korrekturtraining gegen Feldstetigkeiten (Mean learning curves of dwarf goats (LT%, SE) in 3 discrimination experiments by four experimental groups with (M) and without (O) training against 'Field Stedyness')

Es sind die Mittelwerte des Anteils richtiger Wahlentscheidungen an allen Wahlen eines Tages und ihre Standardfehler angegeben. Bei der hier genutzten Vierfachwahl entsprechen 25 % richtiger Wahlen der Zufallsgrenze. Die Versuchsgruppen M 1 und M 2 wurden mit den Korrekturprogrammen gegen auftretende Feldstetigkeiten trainiert. Beide Versuchsgruppen erreichten in allen Lerntests erheblich höhere Lernerfolge als die jeweilige Vergleichsgruppe. Die Vergleichsgruppen O 1 und O 2 wurden ohne Berücksichtigung der Entwicklung bestimmter Feldstetigkeiten durchgehend

nach den in Tabelle 1 angegebenen Pseudozufallsfolgen trainiert. Dabei entwickelten alle Tiere Feldstetigkeiten. Ihr prozentualer Anteil zu den verschiedenen Testtagen ist in der Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4

Anteil der Tiere (%) mit einer Feldstetigkeit $FS \geq 2,0$ in den Versuchsgruppen M1, M2, O1 und O2 (Animals (%) with frequency of 'Field Steadiness' in experimental groups M1, M2, O1, O2)

Test Nr.	Testtag	M 1	M 2	O 1	O 2
1	1	48	34	25	87
	2	33	41	75	62
	3	43	20	75	87
	4	33	24	100	87
	5	33	10	75	62
	6	14	14	75	75
	7	5	17	87	75
	8	10	7	87	38
	9	5	14	87	25
	10	10	0	75	38
2	1	5	3	60	25
	2	5	3	60	25
	3	5	0	80	50
	4	0	10	60	50
	5	0	3	80	75
	6	0	3	60	50
	7	0	7	60	38
	8	0	3	60	25
	9	0	14	40	50
	10	0	3	40	50
3	1	0	21	40	62
	2	0	0	20	50
	3	0	14	80	50
	4	0	3	80	50
	5	0	10	20	25
	6	0	3	80	38
	7	0	0	60	38
	8	0	0	60	38
	9	0	0	60	25
	10	0	0	80	25

Bei den Gruppen M 1 und M 2 war der Anteil der Tiere mit Feldstetigkeiten im Test 1 niedriger und immer unter 50 %. Im Test 2 und 3 verringerte er sich auf Null. Bei den Gruppen O 1 und O 2 dagegen lag der Anteil von Tieren mit Feldstetigkeiten in allen drei Tests erheblich höher und blieb bis zum Schluss über 25 %.

Diskussion

Die Entwicklung der Computertechnik, die inzwischen fast alle Bereiche des menschlichen Lebens beeinflusst, wird in absehbarer Zeit auch wesentliche Verbesserungen in der Tierhaltung und eine Anreicherung der Tierumwelt ermöglichen.

Dafür sind Kenntnisse über das Erkundungs- und Lernverhalten von Tieren gegenüber solchen Technikangeboten erforderlich.

Im FBN stehen gegenwärtig 7 Computer, die im Dauereinsatz direkt von Tieren benutzt werden. Einer davon ist über das Internet direkt beobachtbar (s.o.). An diesen vollautomatischen Lernapparaten wurden bisher über 200 Zwergziegen jeweils über 100 Tage trainiert und auf ihre individuellen Fähigkeiten geprüft.

Eine Voraussetzung für diese vollautomatische und weitgehend standardisierte Leistungsprüfung intelligenten Verhaltens war die Gewährleistung der Konzentration auf und die Lösung von visuellen Differenzierungsaufgaben durch die Tiere.

Aus früheren Experimenten mit Kälbern war bekannt, dass die Tiere bei synchronen Wahlaufgaben mit drei Wahlmöglichkeiten schon nach drei bis vier Tagen einen signifikanten Lernerfolg erreicht hatten (FRANZ, 1999). Um so überraschender war daher das Ergebnis, dass die am Computer geprüften Ziegen bei der anfänglich gebotenen Zweifachwahlmöglichkeit erst nach über zwei Wochen signifikante Lernerfolge erreichten. Da die so oft diskutierten und selten geprüften Unterschiede in der Lernfähigkeit zwischen verschiedenen Tierarten nicht zur Erklärung geeignet schienen, wurde für vorliegende Versuchsanstellung der experimentelle Vergleich der beiden Wahlsituationen, der synchronen Wahl aus zwei oder vier gebotenen Möglichkeiten (FRANZ und GAJDON, 1999) gewählt. Die erzielten Ergebnisse belegen, dass die Vierfachwahl für die visuellen Differenzierungsaufgaben besser geeignet ist als die Zweifachwahl. Doch auch bei Nutzung der Vierfachwahl fanden die Tiere sehr schnell eine für die Versuchsansteller unerwünschte „Vereinfachungsmöglichkeit“. Sie wählten beständig die gleichen Schalter und erhielten dafür ab und zu Belohnungen, weil der für Differenzierungsaufgaben notwendige ständige Positionswechsel der Stimuli nach einer Pseudozufallsfolge die Belohnung auch auf das bevorzugte Feld brachte. Die damit verbundene verringerte Erfolgsrate war für die Tiere kein Anlass zur Wahl einer anderen Strategie. Das änderte sich jedoch sehr schnell nach Einsatz der oben beschriebenen Software, durch die gesichert ist, dass Tiere, die bestimmte Wahlschalter bevorzugt nutzen, auf diesen Positionen für eine bestimmte Dauer keine Belohnung mehr erhielten. Die so trainierten Tiere wählten die belohnten Stimuli aus allen vier Feldern und erreichten fehlerfreie Serien während eines Standbesuches von 10 bis 20 Wahlen. Ihre Tageserfolgswahrscheinlichkeiten lagen über 70 %, bei einzelnen Tieren wiederholt bei 100 %.

Die in den beschriebenen Experimenten ohne dieses Korrekturprogramm trainierten Tiere behielten ihre Feldstetigkeit in allen Tests bei. Da auch diese Tiere Lernerfolge erreichten, liegt ihrem Wahlverhalten wahrscheinlich eine Kombination von Stimuluswahl und Positionswahl zugrunde. Es könnte sich in weiteren Prüfungen herausstellen, dass die so trainierten Tiere bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad der Lernaufgaben relativ noch schlechtere Ergebnisse erzielen, als die rechtzeitig mit dem Korrekturprogramm trainierten Tiere. Dafür sprechen erste Ergebnisse mit 8 Tieren, die bei anschließend gebotenen numerischen Aufgaben wesentlich schlechtere Ergebnisse erzielten, als die Vergleichstiere.

Schlussfolgerung

Das Wahlverhalten von Tieren an Computern sollte individuell kontrolliert werden, damit Abweichungen von der proportionalen Nutzung aller gebotenen Wahlmöglichkeiten rechtzeitig erkannt und durch Korrekturtraining beseitigt werden.

Die entwickelte Hard- und Software hat sich im Einsatz bei über 200 geprüften Tieren bewährt.

Danksagung

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft Bonn wird für die finanzielle Förderung des Projektes FR 1481/1-1 gedankt.

Literatur

- FRANZ, H.:
Methode zur Untersuchung der Lernfähigkeit von Kälbern in Gruppenhaltung und Ergebnisse bei visuellen Differenzierungsaufgaben. Arch. Tierz., Dummerstorf 42 (1999) 3, 241-254
- FRANZ, H.; GAJDON, G.:
Comparison between a simultaneous discrimination task for dwarf goats (*Capra hircus* L.) with two and four stimuli. Proc. 33rd International Congress of the International Society for Applied Ethology, Lillehammer, Norway, 17-21 August 1999, 207
- FRANZ, H., REICHART, H.:
Der Feldmonitor - eine neue Möglichkeit der Lernforschung mit Tieren und Ergebnisse bei visuellen Differenzierungsaufgaben von Zwergziegen. Arch. Tierz., Dummerstorf 42 (1999) 5, 481-493
- GELLERMANN, L.W.:
Chance orders of alternating stimuli in visual discrimination experiments. The Pedagogical Seminary and Journal of Genetic Psychology, Worcester 42 (1933), 206-208
- JACOB, U.:
Ziegenhaltung bei Kleinbauern in Burundi. Humboldt-Universität Berlin, Diss., 1995
- PETZOLD, G.:
Metrische Untersuchungen zur Jugendentwicklung afrikanischer Zwergziegen in Zoologischen Gärten. Milu, Berlin 5 (1980), 5-20

Eingegangen: 05.01.2001

Akzeptiert: 03.07.2001

Anschrift des Verfassers
Dr. HARTMUT FRANZ
Forschungsinstitut für die Biologie
landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN)
Wilhelm-Stahl-Allee 2
D-18196 Dummerstorf

E-Mail: franz@fhn-dummerstorf.de