

ers. Mitteilung). Dies würde insbesondere Vorteile bei kleineren Vögeln erbringen, in denen genügend Blut für eine Lymphozytenkultur nicht oder nur mit hohem Risiko erhältlich ist.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß mit Hilfe der Chromosomenanalyse aus Lymphozytenkulturen bei größeren Vogelarten eine Geschlechtsbestimmung in der Taxa möglich ist. Daneben bewährt sich bei bekanntem Karyotyp auch die Direkt-Präparation aus Federpulpa.

Zusammenfassung

Zur Geschlechtsbestimmung bei äußerlich nicht unterscheidbaren Tieren der Arten Kagu, Lunkerkranich und Schuhschnabel wurde der Karyotyp an Lymphozytenkulturen bzw. mit Hilfe der Federpulpa-Präparation bestimmt. Die Chromosomensätze werden kurz beschrieben. Die Untersuchungsmethoden als hilfreicher Weg für tiergärtnerische Belange diskutiert.

Summary

With special regard to the sex determination, the karyotypes of Kagu, Wattled Crane, and Hale-headed Stork are proved by lymphocyte cultures respectively feather pulp preparation. The karyograms are described. The methods are thought to be helpfull for Zoological breeding.

Schrifttum

- Immar, B. (1970): The caryotypes of thirty-one birds. *Hereditas* **65**, 29–58.
Hoffmann, R. (1972): Einfache Methode zur Darstellung von Vogelchromosomen aus der Federpulpa. *J. Orn.* **113**, 334–336.
Oh, M., Ikeuchi, T., Shimba, H., Mori, M., Sasaki, M., and Makino, S. (1970): A comparative karyotype study in fourteen species of birds. *Japan. J. Genetics* **44**, 163–170.
Porthead, P. S., Nowell, P. C., Melman, W. J., Battips, D. M., Hungerford, D. A. (1960): Chromosome preparations of lymphocytes cultured from human peripheral blood. *Exp. Cell Res.* **20**, 613–616.
Cecinni, E., and Stella, M. (1970): Some avian karyograms. *Caryologia* **23**, 189–202.
Bathells, K. H., and Siminovitch, C. (1958): An air-drying technique for flattening chromosomes in mammalian cells grown in vitro. *Stain Technol.* **33**, 73–77.
Offner, R. N., Krishan, A., Haiden, G. J., Bamm, B. K., and Otis, J. S. (1967): Avian chromosome methodology. *Poultry Sci.* **46**, 333–344.

Dr. Rudolf Hoffmann
8011 Grub, Post Poing
Senator-Gerauer-Straße 23

Dir. Dr. Richard Faust
6000 Frankfurt/M.
Alfred-Brehm-Platz 16

Dr. Gertrud Hoffmann-Fezer und
Ulrike Weinand
6300 Gießen
Frankfurter Straße 91

Zool. Garten N. F., Jena **44** (1974) 6, S. 357–369

Aus der Tierpsychologischen Abteilung der Universität Zürich am Zoologischen Garten
(Damaliger Direktor: Prof. Dr. Dr. H. Hediger)

Experimentelle Untersuchungen über das visuelle Lernvermögen und die Sehschärfe der Spitzmaulnashörner (*Diceros bicornis* L.)

Von Eva Fasnacht, Zürich

Mit 5 Abbildungen

A. Einleitung

Die stereotype Darstellung des Nashorns in der Literatur, schon in frühen Berichten bis in neueste Arbeiten, als äußerst kurzsichtiges Tier, läßt es kaum als geeignetes Objekt zur Untersuchung von visueller Lernfähigkeit und Sehvermögen erscheinen.

So erwähnen z. B. folgende Autoren schlechtes Sehvermögen, Kurzsichtigkeit, schwache Augen des Nashorns: Kinnaird, J. B. von, 1791; Brohm, A. E., 1865; Roosevelt, Th., 1910; Schillings, C. G., 1920; Knollys, A. C. u. Lyell, D. D., 1932; Heck, L., 1941; Pitman, C. R. S., 1942; Sanderson, J. T., 1956; Veselovsky, Z., u. Veselovska, A., 1967; Grzimek, B., 1968; Ullrich, W., 1968; Schenkel, R., u. Lang, E. M., 1969; Goddard, J., 1970.

Zoofahrung und einige auffallende Zufallsbeobachtungen hatten indessen Zweifel an der Richtigkeit dieser Beurteilung des Gesichtssinnes aufkommen lassen. So reagieren Nashörner z. B. auf ungewohnte Gegenstände in Gehege und Zuschauerraum. Auch wurde beobachtet, wie der Nashornbulle auf einen Hund am etwa 200 m entfernten Waldrand aufmerksam wurde. Ein Wärter machte die erstaunliche Beobachtung, daß ein Nashorn neugierig eine kleine Maus verfolgte, die zufällig durchs Gehege huschte. Diese Reaktion ließ sich im übrigen später im Experiment, bei dem wir mehrere Male eine Maus im Gehege freiließen, wiederholen. W. Van den Berg (1955, S. 136) beschreibt von Breitmaulnashörnern, daß sie ihren Wärter bis zu einer Distanz von 20 m (größtmögliche Distanz in ihrem Außengehege) unter den Zuschauern erkannten. Doch läßt sich bei all diesen Beobachtungen der optische Eindruck nie von gleichzeitigen geruchlichen oder akustischen Reizen trennen. So lockte es erst recht, diese widersprüchlichen Befunde zum Sehvermögen der Nashörner einmal mit Hilfe von Experimenten abzuklären. Als weiteren positiven Hinweis stießen wir erst im Laufe unserer Untersuchungen auf eine Arbeit, bei der es gelungen war, ein Spitzmaulnashorn im Zweifachwahlversuch auf Schwarz-Weiß-Unterscheidung und eine Formunterscheidung mit großen Mustern zu dressieren (McCain, G., and Stepten, G., 1968).

B. Material und Methode

Wir entschieden uns für Zweifachwahlversuche mit optischen Signalen (schwarze flächige Formen verschiedener Größe auf weißen Scheiben von 49×49 cm) und Futterbelohnung (Brot und Rübenstücke). Versuchstiere waren 2 weibliche Spitzmaulnashörner des Zürcher Zoos. Das Nashorn „Faru“ war zur Zeit der Versuche 21 Jahre, das Nashorn „Susi“ etwa 8 Jahre alt. Am 27. VIII. 1971 schenkte „Susi“ einem Jungen das Leben und konnte in der Folgezeit nicht mehr gleich häufig und auch nicht mehr unter gleichen Bedingungen mitarbeiten. Die Versuche wurden von

April 1970 bis April 1971 in den Innengehegen im Afrikahaus des Zürcher Zoos durchgeführt.

Wahlapparatur. Die optischen Signale wurden auf längere Sperrholztafeln aufgeklebt, die bei zwei massiven Holzkisten $50 \times 70 \times 55$ cm hinten leicht eingeschoben werden konnten. Die beiden Kisten wurden vom Zuschauerraum her an die 1 m hohe Abtrennungsmauer gehängt und waren so für die Nashörner über den 1,50 m breiten Graben gut erreichbar. Die vordere Front der Kisten konnten die Nashörner durch einen leichten Stoß mit dem Horn öffnen (Abb. 1 und 2). Dabei wurden in der Mitte zwei Türflügel aus ihrer Arretierung gelöst und nachher durch Gewichte nach hinten gezogen und dort fixiert, um dem Nashorn, das nun in der Kiste seine Belohnung fand, nicht mehr hinderlich zu sein. Durch eine Öffnung in der hinteren Kistenwand konnte

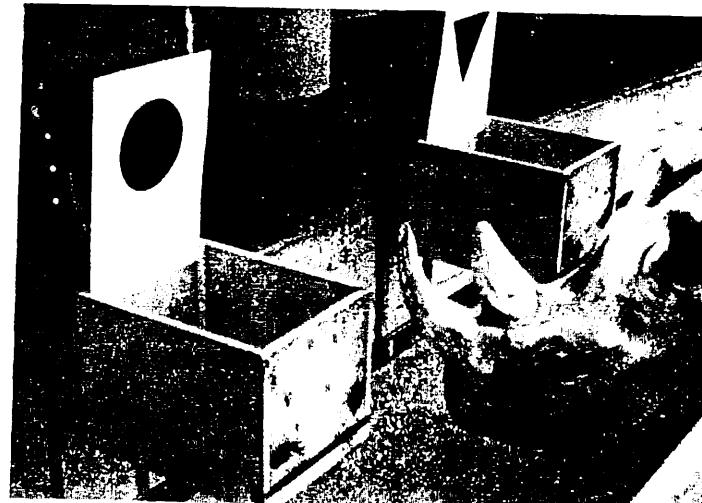


Abb. 1. Nashorn vor der Wahlapparatur



Abb. 2. Nashorn beim Öffnen der Kiste

die Belohnung gut in die Kiste hineingelegt werden. Die beiden Kisten hatten zu Beginn der Versuche einen Abstand von 2 m, der aber im Laufe der Versuche, da es sich als günstiger erwies, bis auf 50 cm reduziert wurde. Der minimale Wahlabstand (Signal bis Auge), wenn das Nashorn unmittelbar vor der geschlossenen Kiste stand, betrug 1 m. In der Regel aber wurde aus einer größeren Entfernung, oft schon ganz hinten im Gehege, d. h. von 3—5 m, gewählt, wobei jedoch der genaue Zeitpunkt der Wahl nicht festgestellt werden konnte. Ein deutliches Bild vom Ort der Wahl ergab sich nicht, da sich das Nashorn für seinen Anlaufweg zur Wahlapparatur dem gewellten Boden, einem Baumstrunk und einem großen Stein im Gehege anpassen mußte.

Versuchsablauf. Nach Berücksichtigung und z. T. Überwindung von allerlei Schwierigkeiten (z. B. war es nicht möglich, die Nashörner zwischen zwei Wahlen aus dem Gehege zu lassen), ergab sich folgender Versuchsablauf:

a) Das Nashorn kommt nach vorn, wählt und öffnet die Kiste. Die Belohnung wird erst jetzt von hinten in die Kiste hineingelegt und vom Nashorn gefressen. Darnit wurde sicher ausgeschlossen, daß sich das Tier geruchlich oder akustisch und optisch beim Hineingeben nach dem Vorhandensein oder Fehlen der Belohnung orientieren konnte.

b) Das Nashorn erhält bei richtiger Wahl eine zweite Belohnung in der Höhe des Signals gereicht (Abb. 3). Diese zusätzliche Belohnung wurde erst im Laufe der Dressur eingeführt, als es sich gezeigt hatte, wie schwierig es für die Nashörner war, eine Beziehung zwischen dem Signal und der relativ weit davon entfernten Belohnung zu erfassen. Nur bei der zweiten Belohnung wurden dem Nashorn oft zusätzlich auch Äpfel, Birnen, Johannisbrot, Salat oder Laubzweige gereicht.



Abb. 3. Zweite Belohnung in Signalhöhe. Das Junge stellt sich auch neben die Mutter

c) Das Nashorn geht im Gehege ganz nach hinten, 5,5 m von der Wahlapparatur entfernt, wo es eine dritte Futterbelohnung, die jeweils nach hinten geworfen wurde, findet. Gleichzeitig wird die geöffnete Kiste wieder geschlossen, beide Tafeln herausgenommen, mit den Signalen für das Tier verdeckt, meist in die Mitte zwischen den Kisten gestellt, und erneut eingeschoben.

Bei einer falschen Wahl erhielt das Tier keinerlei Belohnung. Die Tafeln wurden meist nach vorher festgelegter unregelmäßiger Reihenfolge gewechselt. Manchmal ging ich aber auch so vor, daß ich ganz zufällig die Tafeln wieder neu einschob, ohne dabei immer zu wissen, wo sich das richtige Signal befand. Da die Tiere beim Tafelwechsel,

obwohl mit ihrer Futterbelohnung beschäftigt, eben doch anwesend waren und hören und sehen konnten, wie die Tafeln eingeschoben wurden, mußte streng darauf geachtet werden, daß nicht immer das richtige oder das falsche Signal zuerst erschien. Das ganze Vorgehen beim Tafelwechsel wurde überhaupt ständig wieder etwas abgeändert, um zu verhindern, daß sich das Nashorn nach irgend einem anderen Merkmal orientieren konnte. Nach abgeschlossener Dressur wurde meist eine Serie à 50 Wahlen pro Tag durchgeführt. Für diese Serie brauchten die Nashörner etwa 50 - 70 min. In dieser Zeit zeigten sich keinerlei Anzeichen von Ermüdung oder abnehmendem Interesse. Das Nashorn „Susi“ lief sogar einmal eine Serie von 90 Versuchen 100% richtig, ohne gegen den Schluß ein verändertes Wahlverhalten zu zeigen. Im Gesamten betrug die Anzahl der Versuche für „Faru“ 9 503 Einzelwahlen in 214 Serien, für „Susi“ 4 337 Einzelwahlen in 96 Serien. Die Signale wurden meist in 3 Serien à 50 Wahlen, also 150 Einzelwahlen getestet. Die Höchstgrenze für zufällige Abweichung (Irrtumswahrscheinlichkeit 1%) liegt dabei nach den Tafeln von Koller (1969) bei 60,6%. Die Nashörner erzielten, wenn eine Aufgabe einmal begriffen war, recht hohe Prozentwerte der Richtigwahlen, als gut galten 90 - 100%.

Es wurde immer bei natürlicher Beleuchtung gearbeitet, so daß je nach Witterung große Unterschiede auftraten.

Dressur. Beide Nashörner wurden sofort aufmerksam, in einer seltsamen Mischung von Neugier und Furcht, als die Versuchskisten zum ersten Mal eingehängt wurden. Um die Tiere mit der Wahlapparatur vertraut zu machen, lernten sie zuerst eine Belohnung aus der offenen Kiste zu holen. Während das „Faru“ sehr schnell gelang, getraute sich „Susi“ erst am 6. Tage, noch besonders angelockt durch einen Büschel Löwenzahn, die Belohnung aus der Kiste zu holen. Auch die nächste Aufgabe, das Öffnen der Kiste mit einem leichten Hornstoß gelang „Faru“ sofort, während die ängstlichere „Susi“ sich zuerst wieder nicht mehr zur Kiste getraute, dann ungeschickt an der Kiste herumschlug und das Öffnen erst nach langem Üben richtig beherrschte. Bei der eigentlichen Musterdressur mit den ersten Signalen (Kreis und Dreieck) wurde nicht bei beiden Tieren gleich vorgegangen. Bei der zuerst dressierten „Faru“ wurden, nachdem sie zur Andressur an einer Kiste geübt hatte, gleichzeitig beide Kisten und beide Signale eingeführt. Da es „Faru“ bei dieser Versuchsanordnung zu Beginn große Schwierigkeit bereitete, Muster und Belohnung zu kombinieren, begann ich bei „Susi“ mit der leichteren Aufgabe, zwischen einer positiven Kiste mit Tafel und Kreisignal und einer negativen Kiste ohne Tafel zu wählen (11 Dressurserien mit 234 Einzelwahlen, wobei am Anfang noch das Öffnen der Kiste geübt werden mußte). „Susi“ schien diese leichtere Aufgabe schon recht bald zu begreifen, was zwar nie in einer kritischen Testserie ohne Hilfen genau geprüft wurde. Doch gab uns das einen ersten Anhaltspunkt, daß eine Dressur auf optische Signale möglich sei. In der Folge lernte „Susi“ auch die schwierigere Aufgabe, zwischen zwei Signalen zu wählen, viel schneller (6 Dressurserien, 233 Einzelwahlen) als „Faru“ (21 Dressurserien, 818 Einzelwahlen). Als Dressurhilfe wurden beide Nashörner durch Zeigen von Brot zum richtigen Signal gelockt oder mit den Zurufen „brav“ und „weg“ ermuntert beziehungsweise weggetrieben. Wenn nötig wurden sie, besonders nach einer falschen Wahl, durch Strafe (leichter Schlag mit Bambusrohr an Ohr oder Maul) gezwungen, nach hinten zu gehen und nicht noch die andere Kiste zu öffnen. Machte das bei „Faru“ zuerst große Schwierigkeiten, ging „Susi“ von Anfang an fast immer von selbst nach hinten, auch wenn sie nach einer falschen Wahl keine Belohnung gefunden hatte, und versuchte nie, noch

die andere Kiste zu öffnen. Im Gesamten wurde sehr wenig mit Strafen und viel mehr mit positiven Dressurhilfen gearbeitet, da die Tiere sonst leicht gereizt und angriffig und wie absichtlich den Fehler wiederholend reagieren konnten oder auch der Wahlapparatur fernblieben. Auch wenn später bei den Testserien Schwierigkeiten auftraten, wurde nicht bestraft, sondern das Nashorn durch eine kurze Serie (10–20 Wahlen) mit einem größeren Muster der gleichen Form oder einem gut bekannten Muster wieder zum besseren Mitmachen gebracht. Als weitere Hilfe konnte eine eigentliche Nachdressur, bei der jedesmal ein Stück Brot zum richtigen Signal gehalten wurde, eingeschoben werden.

C. Ergebniss

Versuchsreihen, Optische Signale

1. Kreis gegen Dreieck

Als erstes Musterpaar lernten beide Nashörner die Unterscheidung von Kreis positiv, Ø 32 cm) und Dreieck (negativ, s 40 cm). Nach der Dressur mit diesen Mustern erzielten beide Tiere schon in den ersten kritischen Testserien ohne jegliche Hilfen recht gute Resultate („*Faru*“ 85%, „*Susi*“ 87%), die bei beiden durch Üben noch auf über 90% Richtigwählen pro Serie (etwa 50 Wahlen) verbessert werden konnten. Damit war bewiesen, daß eine Zweifachwahl dressur auf optische Signale bei Nashörnern möglich ist.

In weiteren Versuchen vermochten die Nashörner die bereits bekannten Kreis- und Dreieckssignale auch gut zu unterscheiden, als diese stufenweise verkleinert wurden (Abb. 4). Dies gelang bis zur 14. Verkleinerungsstufe mit $\varnothing 3$ cm. Betrug die Anzahl Richtigwahlen pro Verkleinerungsstufe bei den größeren Musterpaaren durchwegs über 90%, bis 98% (3 Serien à etwa 50 Wahlen, bei kleinen Mustern zu Übungszwecken manchmal mehr), so erreichte „Faru“ nach einem ersten Leistungsabfall bei $\varnothing 5$ cm auf 80%, bei $\varnothing 3$ cm noch 86%, „Susi“ nach einem ersten Leistungsabfall bei $\varnothing 6$ cm

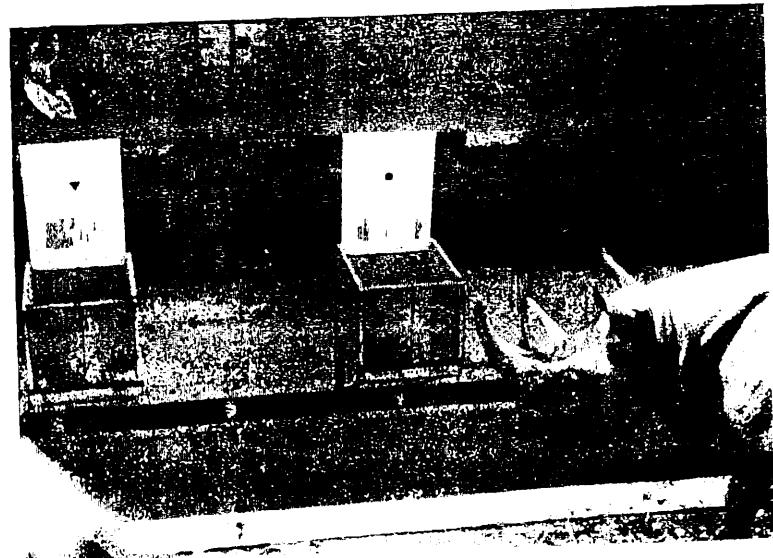


Abb. 43

Abb. 4a. Nachorn wählt den kleinen Kreis.



Abb. 4b

auf 87% noch 82%. Als diese Versuche mit „Faru“ bei den kleinen Mustern wiederholt wurden, erzielte sie bei \varnothing 3 cm sogar 93%, es kam dann aber bei \varnothing 2 cm zu einem plötzlichen Leistungsabfall auf 59%.

2. Variationen der Muster

Schon die richtige Wahl der verkleinerten Kreis- und Dreieckformen hatte ein gewisses Transponiervermögen der Nashörner im Erkennen der Muster bewiesen. Doch waren die Verkleinerungsstufen absichtlich klein gewählt worden. Nur beim engstlichen Nashorn „Susi“ hatten sich zweimal, beim Musterwechsel von \varnothing 20 cm zu 16 cm und etwas schwächer auch bei 8 zu 6 cm, Schwierigkeiten gezeigt, die wahrscheinlich auf das Erkennen der Musterveränderungen zurückgingen. Als zum ersten Mal das Muster mit \varnothing 16 cm erschien, stutzte „Susi“, kam zu keiner Kiste, stand etwas hinten und schwenkte den Kopf unschlüssig hin und her. Dann kam sie näher, rückte aber von beiden Kisten wieder zurück, da sie wahrscheinlich keines der Muster als richtig erkannte und ihr beide irgendwie fremd vorkamen. Darauf bot ich ihr einige Male nochmals die größeren Muster, die sie sehr gut unterschied. Nun wechselte ich wieder zu den kleineren Mustern. „Susi“ kam, wählte aber noch nicht so sicher wie früher (33 Wahlen 88%). Daß sie es immer noch nicht so recht begriffen hatte, zeigte ich auch am nächsten Tag. Bei der ersten Wahl kam sie richtig zum Kreis, stutzte dann aber vor dem Zeichen, wich zurück, stand unschlüssig da und öffnete keine der Kisten. Nun wurde eine Übungsserie eingeschaltet, bei der abwechselnd mit dem kleineren Musterpaar immer wieder das nächstgrößere geboten wurde. Diese Art der Dressur hatte offenbar Erfolg; denn am nächsten Tag wählte „Susi“ dieses neue kleinere Muster sogar in 90 Wahlen 100% richtig.

Diese Beobachtung reizte noch besonders zu untersuchen, ob die Nashörner beide Signale auch für sich allein als positiv und negativ erkannten, nach welchen Merkmalen ein Kreis und Dreieck unterschieden und wie weit sie sich dabei eine feste geometrische

Figur eingeprägt hatten. Die folgenden Versuche konnten aber wegen der Geburt des jungen Nashorns nur noch mit „Faru“ durchgeführt werden.

Versuche, bei denen Kreis- und Dreiecksignal je gegen eine leere weiße Scheibe geboten wurden, zeigten, daß das Nashorn sich die beiden Signale auch einzeln und nicht nur im Vergleich als positiv und negativ gemerkt hatte. Zudem spielte es ihm keine Rolle, wenn das Dreieck auf der Spitze und nicht wie gewöhnlich auf der Basis stand.

In einer nächsten Versuchsgruppe erkannte das Nashorn die Kreis- und Dreieckfiguren erstaunlich unabhängig von Qualität, Anzahl und Anordnung auf der Scheibe: An Stelle der gewohnten schwarzen Flächen auf weißem Grund, weiße Figur auf schwarzem Grund; die beiden Figuren nur in Umrißlinien; die verschiedenen Kreis- und Dreiecksignale auch gemischt gegeneinander geboten; großer Kreis gegen kleines Dreieck und umgekehrt, in unregelmäßigem Wechsel; die Figuren ganz in die Ecke der Scheibe gerückt; 2 und 3 Kreise gegen 2 und 3 Dreiecke in unterschiedlichen Anordnungen. Diese Signale wurden nur in je 1 Serie à 50 Wahlen, jeweils ähnliche Varianten nur in 10 Wahlen geprüft. Nachdem „Faru“ die Unterscheidung der kleinen Kreis- und Dreiecksignale Schwierigkeiten gemacht hatte, was sich auch negativ auf die Arbeitswilligkeit auswirkte, arbeitete sie jetzt bei diesen abwechslungsreicheren Versuchen mit größeren Figuren (\varnothing 8–16 cm) besonders gut mit und erzielte auch erstaunlich gute Resultate (98–100%).

In kleineren Probeversuchen (2–46 Wahlen pro Signal) wurden nun verschiedene eckige und runde Formen (in der Größenordnung etwa dem Musterpaar mit \varnothing 16 cm entsprechend) gegeneinander oder gegen eine leere weiße Scheibe getestet: Ellipse, Blumenform, Wellenlinie, Quadrat, Rechteck, Trapez, Sechseckstern, Vierstrahlstern, Zickzacklinie. Dabei empfand das Nashorn nach der vorherigen Dressur auf Kreis und Dreieck runde Formen eher als positives Muster, eckige dagegen als negativ. Es läßt sich nur schwer unterscheiden, ob sich das Nashorn von Anfang an nicht die bestimmte geometrische Figur, sondern die Eigenschaften eckig und rund gemerkt hatte. Doch da die Grundmuster Kreis und Dreieck immer viel sicherer unterschieden wurden als die neuen gezeigten Muster, glaube ich eher an eine nachträgliche aktive Leistung des Nashorns, das der entsprechenden Grundform ähnliche Signal zu wählen oder abzulehnen. Auch die Beobachtung, daß „Faru“ beim ersten Erscheinen des neuen Musters oft deutlich stutzte und erst nach längerem Zögern wählte, scheint diese Annahme zu bestätigen.

Neben der Kenntnis des einzelnen Signals spielte auch die Möglichkeit des Vergleichs zweier Signale eine große Rolle. Besonders deutlich war dies beim Musterpaar Wellenlinie gegen Zickzacklinie zu sehen, wo zuerst beide Signale einzeln als negativ bewertet, in der Gegenüberstellung aber die Wellenlinie als positives Signal gewählt wurde. Ein auffallendes Vergleichen war auch zu beobachten, als ein großer Kreis gegen ein kleines Dreieck und umgekehrt geboten wurden. So war „Faru“ manchmal nahe der Kiste mit dem kleinen Kreissignal ihrer Wahl doch nicht mehr ganz sicher und wendete sich nochmals gegen das andere Signal hinüber. Dort wich sie jedoch deutlich vor dem großen Dreieck zurück und öffnete erst jetzt, wie in ihrer Wahl bestätigt, entschlossen die richtige Kiste.

Der Versuch mit dem Sechseckstern machte darauf aufmerksam, wie rasch das Nashorn auch fähig sein kann, im Vergleich mit einem bekannten Signal ein neues ähnliches zu erlernen. Zuerst wurde diese zwar eckige Figur mit hoher Symmetrie als positives Signal empfunden. Dem Kreis gegenübergestellt wurde aber ohne Zögern

der Kreis gewählt. Nachher nochmals gegen die weiße Scheibe getestet, galt der Sechseckstern nun als negatives Muster.

3. Waagerechtes und senkrechtes Streifenmuster

Anschließend an die vorherigen Versuche interessierte es besonders, wie schnell das Nashorn ein völlig neues Muster ohne jegliche Ähnlichkeit mit Kreis und Dreieck erlerne. Da ich hoffte, das gleiche Muster in der Folge noch im Sinne einer Minimumseparabile-Prüfung verwenden zu können, wurden die Signale senkrechtes gegen waagerechtes Parallelstreifenmuster (Streifenbreite 3 cm) gewählt. Bei einem Test der Muster gegen die leere weiße Scheibe und gegeneinander ergab sich, daß keiner der beiden Muster spontan als positiv betrachtet wurde. Mit Hilfe einer Dressur, bei der die neuen Signale je entsprechend gegen die bekannten Kreis- und Dreieckssignale geboten wurden (positives waagerechtes Streifenmuster gegen Dreieck, negatives senkrechtes Streifenmuster gegen Kreis), was das Nashorn sofort begriff, lernte es auch bald die beiden neuen Muster gegeneinander zu unterscheiden.

Auch als die Muster nun stufenweise verfeinert wurden, kam es zu guten Leistungen:

Streifenbreite in mm: 30 10 5 2,5 2 1

Richtigwählen in %: 93 99 98 96 97 91

3 Serien à 50 Wahlen, 150 Einzelwahlen pro Verkleinerungsstufe.

Einige wenige Versuche wurden mit 0,5 mm Streifenbreite durchgeführt. Doch reagierte das Nashorn so irritiert, schlug an den Kisten herum und wollte nicht mehr mitarbeiten (s. Wahlverhalten S. 367), daß die Versuche bald wieder abgebrochen wurden.

Die Werte bei 1 mm Streifenbreite sind zwar, obwohl etwas tiefer, immer noch sehr gut, doch zeigte sich im Wahlverhalten, daß diese Aufgabe dem Nashorn deutlich mehr Schwierigkeit bereitete, es sich aber noch sehr anstrengte, richtig zu wählen (s. S. 360). Aus dieser feinsten Streifenmusterunterscheidung (1 mm) läßt sich bei minimalem Wahlabstand von 1 m (Signal bis Auge, Nashorn unmittelbar vor der geschlossenen Kiste) ein Sehwinkel von 4' berechnen. Die Wahl dürfte aber in den wenigsten Fällen so nahe erfolgt sein. Obwohl gerade bei kleinen Mustern Wahlverhalten auffielen, die auf einen kleinen Wahlabstand schließen lassen (s. S. 367), war eine Wahl unmittelbar vor der geschlossenen Kiste doch selten. So dürfte das Nashorn auch bei kleinen Mustern meist nicht näher als in einem Abstand von 1,2 bis 2 m gewählt haben, was einem Sehwinkel von 2 bis 3' entspricht.

In einigen wenigen Versuchen wurde das waagerechte Streifenmuster mit 1 mm Streifenbreite auch gegen verschiedene Graustufen als positives Signal gewählt.

4. Mehrere gegen einzelnes Muster

Nachdem die Resultate der Streifenmusterunterscheidung gegenüber der Unterscheidung von Kreis und Dreieck überraschend gut ausfielen, interessierte es noch zu untersuchen, was die Gründe für das viel frühere Versagen seien. Eine Möglichkeit war, daß die beiden stark verkleinerten Figuren dem Tier bald einmal als gleiche verschwommene dunkle Flecke vorkamen. Mit einer eigentlichen Minimum-visible-Prüfung, Kreissignal gegen weiße Scheibe, hoffte ich daher noch bessere Resultate zu erzielen.

Minimum visible. Die neue Aufgabe zu begreifen, machte dem Nashorn zuerst keine Schwierigkeiten und die Resultate zeigten, daß ein Erkennen des kleinen Kreises bis zu \varnothing 2 cm möglich ist. Doch kam es mit zunehmender Verkleinerung des Kreises

immer häufiger zu einer merkwürdigen Erscheinung. Das Nashorn wählte manchmal nach langem Zögern deutlich die weiße Scheibe, wobei sonst Fehler eher üblich waren, dann sich das Tier schnell und unachtsam oder irgendwie abgelenkt der Wahlapparatur näherte. Die folgende Beobachtung machte mich erst recht stutzig. Als das Nashorn der zweiten Serie mit \varnothing 2 cm besonders schlecht wählte, zeigte ich dazwischen wieder ein größeres Muster, „Faru“ wählte hier beim ersten Mal deutlich die weiße Scheibe. Sie ging aber, da sie nicht belohnt wurde, bei den nächsten Wahlen wieder zurück zum großen Kreis (\varnothing 8 cm). Auch schien sie nach dem Üben mit dem großen Kreis, sogar bei den Versuchen mit dem kleinen Kreis (\varnothing 2 cm), Weiß wieder mehr als negatives Muster zu empfinden. Als mögliche Erklärung dieses merkwürdigen Wahlverhaltens stelle ich mir eine Art ungewolltes und vom Versuchsleiter unbemerkt Adressieren bei kleinen Mustern vor. Es scheint, daß „Faru“ manchmal die richtige Kiste geöffnet hatte, ohne die im Verhältnis zur großen weißen Scheibe sehr kleine Kreisfläche überhaupt zu bemerken. So wurde „Faru“ für den Versuchsleiter unbemerkt scheinbar manchmal bei Weiß belohnt, was das Tier verwirren mußte. Zusätzlich gibt diese Beobachtung einen wertvollen Hinweis, daß bei stark verkleinerter Einzelmustern auch die abnehmende Reizstärke beziehungsweise der geringere Anforderungscharakter einer so kleinen Figur, die auf der großen weißen Fläche gesehen werden mußte, einen starken Einfluß hatte. Wie weit das wirklich eine Rolle spielte, sollten die folgenden Versuche abklären, bei denen mehrere Kreise zuerst gegen die leere weiße Scheibe und später noch gegen mehrere gleich verteilte Dreiecke geboten wurden.

Mehrere Kreise gegen Weiß. Nachdem dem Nashorn die Serien mit einem Kreis von \varnothing 2 cm sichtlich Mühe gemacht hatten und es am Schluß auch nur noch willig mitarbeitete, war es erstaunlich, wie gut und konzentriert es vom ersten Moment an beim neuen Signal mit 8 Kreisen von \varnothing 2 cm (regellos über die ganze Scheibe verteilt) mitmachte und in der ersten Serie à 50 Wahlen sogar fehlerlos wählte. Hervorzuheben ist, was sich schon in früheren Versuchen gezeigt hatte, daß dem Nashorn in der Mustererkennung offensichtlich nichts ausmachte, wenn die bekannte Figur in der Mehrzahl geboten wurde, d.h. es empfand die Darbietung der Figuren in der Mehrzahl (2-8) nicht als neues Signal.

Die Musterunterscheidung gelang mit dem Mehrfachsignal (8 Kreise, \varnothing 2; 1,5; 1; 0,5; 0,25 cm) bis zur Verkleinerungsstufe mit \varnothing 0,5 cm. Bei \varnothing 0,25 cm kam es zu einem totalen Abfall der Leistung, was sich nicht nur in den Resultaten, sondern auch im Verhalten deutlich zeigte (s. S. 360). Die viel besseren Resultate gegenüber den Versuchen mit nur einem Kreis bestätigten, daß tatsächlich auch das Finden und Beachten einer einzigen kleinen Figur auf der großen weißen Scheibe eine Rolle gespielt hatte.

Mehrere Kreise gegen mehrere Dreiecke. Als letzte Versuchsgruppe wurden nun noch 8 regellos über die ganze Scheibe verteilte Kreise gegen 8 gleich verteilte Dreiecke geboten. Nachdem „Faru“ die Aufgabe beim ersten Musterpaar mit \varnothing 3 cm schnell begriffen hatte, wählte sie auch bei der nächsten Verkleinerungsstufe mit \varnothing 2 cm noch recht gut, konnte dann aber bei \varnothing 1,5 und 1 cm die Muster offensichtlich nicht mehr unterscheiden.

Vergleicht man mit den obenstehenden Resultaten, sieht man, daß dem Tier bei dieser Aufgabe neben den allgemeinen Schwierigkeiten bei stark verkleinerten Einzelmustern die Unterscheidung der kleinen Kreis- und Dreieckflächen Mühe bereitete. Eine zusätzliche Erschwerung der Aufgabe für das Tier ist sicher, daß es in der Natur

für ein Nashorn kaum je von Wichtigkeit ist, einen kleinen Einzelgegenstand zu fixieren. Auch darf man nicht vergessen, daß besonders bei sehr verkleinerten Mustern, die Wiedererkennen der gleichen Aufgabenstellung wie beim ursprünglich größeren Signal schon einen relativ hohen Anspruch an das Transponiervermögen eines Tieres stellt.

II. Verhalten bei den Versuchen

1. Arbeitswilligkeit

Erstaunlich war die Arbeitswilligkeit der beiden Nashörner. Kam ich am Morgen zur gewohnten Versuchszeit, erhoben sich die beiden Tiere und standen unruhig wartend vorne im Gehege. Ging es einmal etwas länger, bis ich mit den Versuchen beginnen konnte, fiepte „Faru“ ungeduldig. Zu jeder Tageszeit ließen sich die Nashörner durch das Hervornehmen der Versuchsausrüstung sofort nach vorn locken und schauten jede Bewegung beim Einhängen der Kisten genau zu (Abb. 5). Mit großer Ausdauer waren sie fähig, während mehr als einer Stunde konzentriert zu wählen, ohne daß es gegen den Schluß zu einem merklichen Leistungsabfall gekommen wäre. Zu Fehlern kam es häufig, wenn das Tier irgendwie abgelenkt oder unaufmerksam zur Wahlapparatur kam. Auffällig war aber, daß sich die Tiere bei schwierigen Musterunterscheidungen auch viel leichter und sogar durch ihnen sonst vertraute optische und akustische Ein-



Abb. 5a. Nashorn wartet auf das Einhängen der Versuchsausrüstung

drücke ablenken ließen und etwa stehen blieben, angestrengt lauschten oder etwas beobachteten. Doch zeigte sich gerade durch diese Unaufmerksamkeiten während der Versuche, wie stark die Nashörner, die für Außenstehende oft stumpf und teilnahmslos wirken, alles genau wahrnehmen, was in ihrer Umgebung geschieht. So werden z. B. alle vertrauten von ungewohnten und neuen Geräuschen deutlich unterschieden, und alles nicht ganz Alltägliche in Zuschauerraum und Nachbargehege erregt ihre besondere Aufmerksamkeit.



Abb. 5b

2. Wahlverhalten

Nur bei kleinen Signalen und Variationen oder Neukombinationen bekannter Musterpaare konnte ein eigentliches Wahlverhalten festgestellt werden. Das Nashorn setzt dann manchmal inne in seinem Anlaufweg zur Wahlapparatur, blieb stehen und schaute sorgfältig, während es den Kopf hin und her schwenkte und die beiden Signale verglich. Dabei ging es manchmal sogar in die Nähe der einen oder der anderen Kiste, um diese jedoch zu öffnen. Gerade bei stark verkleinerten Musterpaaren kam dieses Verhalten immer häufiger vor und zeigte, daß die Aufgabe für das Tier zwar noch lösbar war, aber nur, wenn es sich vermehrt anstrengte, und daß die Entscheidung wahrscheinlich in einem kleineren Wahlabstand getroffen werden mußte, als es sich das Tier vorher angewöhnt hatte. So kam es auch nur hier öfter vor, daß das Nashorn erst unmittelbar vor der falschen Kiste den Fehler noch bemerkte, diese aber nicht erkannte. „Susi“ wich dann gewöhnlich erschrocken zurück und ging ganz nach hinten in das Gehege, bis sie erneut wählte, während „Faru“ sofort zur anderen Kiste hinüberschob. Besonders bei „Susi“, aber auch bei „Faru“, wenn die Aufgabe allzu schwierig oder unlösbar wurde, konnte die erhöhte Anstrengung auch in eine gereizte Stimmung bis zu zornigem und angriffigem Verhalten umschlagen. So begannen die Tiere nach einer falschen Wahl an den Kisten herumzuschlagen, „Susi“ kehrte sogar einmal nachdem sie schon etwas nach hinten gegangen war, nochmals um, um die falsche Kiste mit Hornschlägen zu traktieren. Mehrmals wurde eine Kiste in den Graben geworfen. „Susi“ schleuderte die recht schwere Kiste, bei der sie wahrscheinlich im letzten Moment noch das falsche Signal erkannt hatte, sogar einmal mit einem Hornstoß weit in den Zuschauerraum. Als weiteres Zeichen ihrer Erregtheit kreiste „Susi“ oft mit erhobenem Schwanz im Gehege, schnaubte und gab knurrende Laute von sich, während sie aber gleichzeitig noch erstaunlich konzentriert und unermüdbar wählte. War für „Faru“ wahrscheinlich keine Wahl mehr möglich, verfiel sie manchmal auch in andauernde Seitenstetigkeit oder kam, wenn sie einmal zufällig

richtig gewählt hatte und belohnt worden war, bei der nächsten Wahl jeweils wieder auf die gleiche Seite. So wurde der Versuchsauflauf recht mühsam, und „Faru“ erhielt oft keine Belohnung, obgleich sie eine solche von ihrem Standpunkt aus erwartete durfte. Darauf reagierte sie nach einiger Zeit entweder mit einem Angriff auf die Kisten oder auch mit Fernbleiben von der Wahlapparatur.

Im Gegensatz zu den Schwierigkeiten bei stark verkleinerten Mustern, zeigte „Faru“ bei den abwechslungsreichen Versuchsgruppen mit Variationen der bekannten Kreis- und Dreiecksymbole mit großen Mustern eher erhöhte Arbeitswilligkeit und Konzentration mit sehr guten Resultaten.

Für das gute Gedächtnis der Nashörner spricht, daß sie auch nach einer längeren Unterbrechung von 3 Monaten die einmal gelernten Signale noch sehr gut unterscheiden konnten.

D. Diskussion

Da bei unserer Versuchsanordnung der Wahlabstand des Nashorns nicht festgelegt war, ergeben sich einige Schwierigkeiten beim Bestimmen des genauen Schwindelwertes.

Aus der feinsten Streifenmusterunterscheidung (1 mm Streifenbreite) läßt sich bei minimalem Wahlabstand 1 m (Distanz Auge Signal, Nashorn unmittelbar vor der geschlossenen Kiste) ein Schwindel von 4° berechnen. Gerade bei kleinen Mustern kam zwar häufig Wahlverhalten vor, das auf einen kleinen Wahlabstand schließen läßt, doch dürfte das Nashorn auch hier meist nicht näher als in einem Abstand von 1,2 bis 2 m gewählt haben, was einem Schwindel von 2° bis 3° entspricht.

Vergleicht man diese Werte mit anderen experimentell ermittelten Sehschärfen bei Säugern, so sieht man, daß das Sehvermögen der Nashörner im Rahmen der übrigen Säuger sicher nicht sonderlich schlecht ist. Die Sehschärfe des Nashorns ist zwar um einiges geringer als die von Mensch (0° 20'') und Affen (Schimpanse 0° 28'', Rhesusaffe 0° 40'', Kapuzineraffe 0° 57''), doch zeigen z. B. Indischer Elefant (10° 20''), Nilgauantilope (13° 54''), Esel (8° 36''), Rothirsch (11° 18'') und Frettchen (16° 12'') schlechter Werte. Die Leistung des Nashorns läßt sich etwa mit derjenigen der Katze (5° 30'') und des Pferdes (3° 15', bei gelber Farbe) vergleichen (Schwindelwerte aus Tabelle Experimentell ermittelter Sehschärfen bei Säugern in der Arbeit von H. Rahmann und M. Esser 1965, S. 51).

E. Zusammenfassung

Im Zweifachwahlversuch mit Futterbelohnung gelang es nach anfänglichen Dressur Schwierigkeiten sehr gut, zwei weibliche erwachsene Spitzmaulnashörner (*Diceros bicornis* L.) auf optische Signale zu dressieren. Einige Versuche wurden nur mit dem Nashorn „Faru“ vorgenommen.

Beide Tiere zeigten eine erstaunliche Arbeitswilligkeit und Lernfreudigkeit. Sie unterschieden sich jedoch in auffälliger Weise in ihrem Verhalten während der Versuche.

Als erstes Musterpaar lernten beide Nashörner die Unterscheidung von Kreis (≈ 32 cm, positives Signal) und Dreieck.

In weiteren Versuchen wurden die beiden Signale in stufenweiser Verkleinerung bis zum Musterpaar mit Kreisdurchmesser 3 cm unterschieden.

In verschiedenen kleinen Versuchsgruppen zeigte sich, daß das Nashorn die beiden gelernten Signale auch je einzeln erkannte, daß es Kreis und Dreieck erstaunlich unabhängig von Qualität, Größe und auch von Anzahl und Anordnung auf der Scheibe als solche erkannte und daß es nach der Dressur auf Kreis und Dreieck spontan runden Formen vor eckigen den Vorzug gab.

Aus einer Streifenmusterunterscheidung (Minimum separabile-Prüfung) bis zu Streifenbreite 0,1 cm konnte ein Schwindel von 4° berechnet werden.

Bei einer Minimum visibile-Prüfung (Kreis gegen weiße Scheibe, stufenweise verkleinert) konnte ein Kreis von 2 cm Durchmesser zwar noch wahrgenommen werden, doch bereitete die Aufgabe dem Nashorn sichtlich Schwierigkeiten.

Darauf wurden in der nächsten Versuchsreihe 8 regellos über die ganze Tafel verteilt Kreise gegen eine weiße Scheibe geboten. Hier war eine Unterscheidung bis zu Kreisdurchmesser 0,5 cm möglich. Das bestätigt die Vermutung, daß der Grund des frühen Versagens der Minimum visibile-Prüfung vor allem in der abnehmenden Reizstärke beziehungsweise in geringerer Aufforderungscharakter des Signals und in der Schwierigkeit des Findens und achtens des kleinen Kreises auf der großen weißen Scheibe zu suchen war.

In einer letzten Versuchsreihe wurden 8 regellos über die ganze Scheibe verteilte Kreise gegen 8 gleich verteilt Dreiecke geboten. Eine Unterscheidung war bis zu Kreisdurchmesser 0,5 cm möglich. Das zeigt, daß bei der Grenze von Kreis- und Dreieckunterscheidung das Ver schwimmen der beiden Formen und der abnehmende Aufforderungscharakter des Signals eine Rolle spielten.

F. Einschlägiges Schrifttum

(Ein vollständiges Verzeichnis findet sich in der ungekürzten Fassung dieser Arbeit, die nicht veröffentlicht wird).

Altevogt, R. (1955): Das visuelle minimum separabile eines Indischen Elefanten. Z. Physiol. 37, 325-337.

-, - (1955): Das Ausmaß visueller Lernfähigkeit eines Indischen Elefanten. Z. Tierpsych. 12, 68-76.

Baecht, D. (1959): Experimentelle Untersuchungen über die Sehschärfe und das Farbensehen einiger Huftiere. Ibid. 16, 445-467.

-, - (1959): Experimentelle Prüfung des Farbschvermögens einer Massai-Giraffe. Ibid. 16, 468-477.

Duke-Elder, St. (1958): The Eye in Evolution. System of Ophthalmology, Vol. I. London.

Grzimek, B. (1952): Versuche über das Farbenschen von Pflanzenessern. I. Das farbige Sehen (u. die Sehschärfe) von Pferden. Z. Tierpsych. 9, 23-39.

Koller, S. (1969): Neue Graphische Tafel zur Beurteilung statistischer Zahlen, 4. Aufl., Darmstadt.

McCain, G., and Stepter, G. (1968): Discrimination learning and extinction in the black rhinoceros (*Diceros bicornis*). Psychol. Sci. 13 (3), 189-190.

-, - (1968): Discrimination learning in the South American tapir (*Tapirella*). Ibid. 13 (1), 35-36.

Rahmann, H., u. Esser, M. (1965): Bestimmung der Sehschärfe (Minimum separabile) sowie Dressurverhalten des skandinavischen Berglemmings (*Lemmus lemmus* L.). Z. Säugertierk. 30, 47-53.

-, - u. M. (1966): Sehschärfe (Minimum separabile), Dressurverhalten und vergleichende Augenlinsenmessungen beim Waldlemming (*Myopus schisticolor* Lillj.) und Berglemming (*Lemmus lemmus* L.). Ibid. 31, 396-402.

Reiher, E. (1969): Sinnesphysiologische und lernpsychologische Untersuchungen an Schweinen. Forma et functio 4, 353-404.

Rensch, B., u. Altevogt, R. (1953): Visuelles Lernvermögen eines Indischen Elefanten. Z. Tierpsych. 10, 119-135.

-, - (1955): Das Ausmaß visueller Lernfähigkeit eines Indischen Elefanten. Ibid. 12, 68-76.