HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Zur Wahrnehmungspsychologie der optischen Dressur bei der Honigbiene. Beitrag III. : Relative versus absolute Wahl bei der reziproken Dressur - Kritik und Ergänzung zum Experiment von Frl. Dr. Mathilde Hertz (Mit 6 Textabbildungen)
Author(s)	SAKAGAMI, Shôichi F.
Citation	北海道大學理學部紀要, 12(4), 443-455
Issue Date	1956-12
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/27172
Type	bulletin (article)
File Information	12(4)_P443-455.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Zur Wahrnehmungspsychologie der optischen Dressur bei der Honigbiene. Beitrag III. Relative versus absolute Wahl bei der reziproken Dressur — Kritik und Ergänzung zum Experiment von Frl. Dr. Mathilde Hertz[1)]

Von

Shôichi F. Sakagami

(Zoologisches Institut, Naturw. Fakultät, Hokkaido Universität)

(*Mit 6 Textabbildungen*)

1. Fragestellung

In Beitrag II wurde aufgezeigt, dass die Biene gegen eine visuelle Reizkonstellation einen Reizaequivalenzbereich bildend relativ reagiert, doch zugleich auch, dass innerhalb des gebildeten Aequivalenzbereiches die Rolle der absoluten Sinnesdaten allmählich zunimmt. Hinsichtlich solchen Zusammenhanges der relativen und absoluten Eigenschaften in einem sinnlichen Felde begegnen wir einem in der Tierpsychologie besonders eingehend erforschten Problem, d.h. der relativen versus absoluten Wahl. Seit der klassischen Arbeit von W. Koehler '18 bei Haushühnern und Schimpansen, wurden darüber umfangreiche Untersuchungen mit verschiedenen Wirbeltieren angesammelt.

Jedoch gibt es hier wieder noch zu wenige Studien bei Wirbellosen, wozu einige Untersuchungen mit der Honigbiene gehören. Bierens de Haan '28 und Hörmann '34 prüften das Problem bezüglich des Helligkeitssinnes der Honigbiene. Hierzu gehört zum Teil auch der Versuch von Friedländer '31 mit den spiegelbildlichen Formpaaren in der senkrechten Versuchsanordnung. Am bekanntesten ist jedoch der Versuch von Hertz '29 mit den schachbrettigen Formpaaren in der horizontalen Versuchsanordnung. Sie bot den Bienen zwei ausdehnungsgleiche, aber gliederungsungleiche Schachbrettmuster auf einem weissen Grund dar und stellte eine deutliche Wahltendenz fest: Wenn das Formpaar konturreicheren bzw. konturärmeren Richtungen transponierend dargeboten wird, so bilden ihre Bienen, unabhängig von den absoluten Sinnesdaten, stets auf der konturreicheren Figur eine Ansammlung (Vers. 21–22, S. 726–729). Daraus schliesst sie die ausschlaggebende Rolle der relativen Wahl und der *Strukturfunktion* im Sinne von W. Koehler bei der Honigbiene (S. 732).

Um ihre Behauptung zu rechtfertigen, scheint uns noch eine Ergänzung notwendig. Denn die primäre Bevorzugung der Biene zur konturreicheren Figur ist eine bis heute von manchen Autoren bestätigte, aber vor allem von Hertz selbst gefundene und weiter erforschte Tatsache. Daher ist es denkbar, dass ihre Bienen stets der primären Tendenz gemäss die konturreichere Figur wählten. Natürlich kann man mit Recht auch solchen Fall eine Art von transponierender Wahl nennen. Doch besteht dabei offenbar ein Unterschied zwischen diesem Versuch und den bei Wirbeltieren erforschten Fällen. In den letzteren wird beim Versuch meistens ein Objektpaar gewählt, das ursprünglich nicht oder nur wenig irgendeiner

1) Contribution No. 360 from the Zoological Institute, Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo.

Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool. 12, 1956.

Primärtendenz des Subjektes entspricht. Deshalb kann die Wahltendenz durch eine reziproke Dressur in den beiden Richtungen geprüft werden.

Folglich, um die Behauptung von Hertz zu ergänzen, müssen wir auch bei der Biene derartige reziproke Dressur in beiden Richtungen des betreffenden Dingcharakters durchführen. Aber dafür muss eine Frage vorausgeschickt geprüft werden: Kann die primäre Wahltendenz der Biene nach konturreicheren Richtung sekundär gebogen und umgekehrt werden? Oder einfach, können wir die Biene in bezug auf dem Konturreichtum reziprok dressieren?

Dies gelang uns schon bei ausserordentlichem Kontrast im Konturreichtum (Beitrag I). Doch verwandten wir dabei eine spezifische Reizkonstellation, die hierbei nicht benutzt werden kann. Ob die Biene in der gewöhnlichen Versuchsanordnung durch Konkurrenz der zwei in Konturreichtum schwach verschiedenen Figuren reziprok dressiert werden kann oder nicht, darauf zu antworten wird also unsere erste Aufgabe sein.

2. Versuchsergebnisse

Der Versuch wurde im Sommers der Jahre 1952 und 1954 durchgeführt. Die Versuchsanordnung war im wesentlichen mit in Beitrag I od. II ein und dieselbe. Die Bienen wurden auf einem Dressurtisch mit Ausdehnung von 58×89 cm angelockt und direkt auf der Glasplatte gefüttert. Die Klumpenbildung auf der Dressurfigur wurde als die Indikatorreaktion angenommen. Ueber die andere Technik siehe im Beitrag I und II.

2.1. Vorversuch i. j. 1952

Um die geeigneten Versuchsfiguren aufzufinden, wurde zunächst die spontane Bevorzugung der Bienen gegen die 10 verschiedenerlei gegliederten Schachbrettmuster grob geprüft. Darunter wurden drei Musterfiguren, deren Anlockungskraft voneinander nicht stark abwich, gewählt und damit wieder ein Spontanversuch fortgeführt.

Tabelle 1. Spontanversuch mit drei Schachbretten

	Reaktionsfrequenz auf			
	Ma	Mb	Mc	Grund
	9	7	10	4
Gesamtkonturlänge	480 cm	240 cm	60 cm	
Quadraten in jeder Seite	0.43 cm² ×23	0.91 cm² ×11	2.0 cm² ×5	

Auffallend ist der Mangel der grossen Differenz in der Reaktionsfrequenz unter den drei in Konturreichtum stark verschiedenen Musterfiguren (Tabelle 1). Heute kann man darauf eine wahrscheinliche Erklärung nicht geben. Immerhin wurde eine reziproke Dressur mit zwei Figuren, Ma und Mc, fortgesetzt durchgeführt.

Der Versuch wurde am VII 7. zunächst in Situation (Mc^+ : Ma)/(Weisser Grund) (d.h. die konturarme Figur=+) angefangen (Abb. 1). Obwohl schon an nächstem Tag der Erfolg statistisch bedeutsam wurde, müssten wir durch

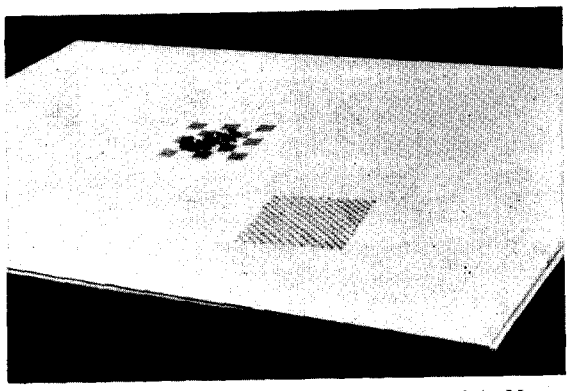

Abb. 1. Versuchsanordnung von Dressur $Mc^+ : Ma^-$. Klumpenbildung auf Mc.

Umstände gezwungen leider den Versuch abbrechen und am VIII. 11 mit einer anderen Bienenschar erneut aufnehmen. An demselben Tag zeigten die Bienen in den ersten 20 Proben noch keine Bevorzugung zu Mc (Abb. 2). Aber danach nahm die positive Reaktion auf Mc bemerkbar zu und erreichte den statistischen Gültigkeitsbereich. Somit wurde die positive Figur ausgetauscht, und die Bienen nun auf Ma angelockt. Trotzdem die Dressur jetzt ihrer spontanen Tendenz gemäss ausgeführt wurde, war eine längere Dressur nötig um sie zieltreu auf Ma reagieren zu lassen. Offenbar übt eine reziproke Dressur auf dem reagierenden Subjekt einen stark störenden Einfluss aus. Solches Zögern äussert sich am klarsten durch das Zustandekommen gleichzeitiger Klumpenbildung auf beiden Figuren, Ma und Mc. Diese Reaktion trat schon in der zweiten Probenreihe auf. In Abb. 2 ist deshalb der Dressurverlauf zweifach dargestellt (Reaktion auf Mc allein — gestrichelt, Reaktion auf Mc und (Mc+Ma)/2 zusammen — gezogen). Danach sank die Frequenz der Klumpenbildung auf Mc allmhlich ab. In der zehnten Probenreihe erreichte die Reaktion auf Ma den statistischen Geltungsbereich. Somit wurde geklärt, dass die Biene, innerhalb einer bestimmten Differenz im Konturreichtum,

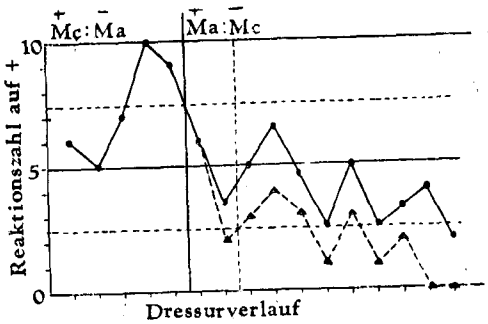

Abb. 2. Ergebnis d. reziproken Dressur auf Ma : Mc. Dressurverlauf ist alle zehn Proben kombiniert dargestellt. Senkrecht bzw. horizontal gestrichelte Linien: Tag und Grenze d. statistischen Gültigkeitsbereiches. Näheres im Text.

auf jedes der zwei veschiedenerlei gegliederten Schachbrettmuster reziprok dressiert werden kann.

Andererseits ist erwähnenswert das Verhalten der Bienen während dieser gelungenen Dressur. In diesem Versuch wurde die einzelne Landung auf die Tischoberfläche nicht protokolliert. Doch trat diese Reaktion, wie in den anderen Dressurversuchen, besonders in den anfänglichen Probenreihen ziemlich häufig und sogar vorzüglich auf Ma auf. Obwohl diese Tendenz während des Dressurverlaufes allmählich abnahm, entstand sie doch immer häufiger auf Ma als auf Mc. Das bezieht sich zum Teil auf das Verhalten der Bienen in der Situation. Natürlich flogen sie über die ganzen Tischoberfläche kreislaufend herum, doch vorzüglich auf zwei Konkurrenzfiguren umher. Auf Mc schwärmten sie meistens ca. 8–15 cm auf dem Tisch umher, auf Ma dagegen meistens 4–5 cm und nicht selten nur 1 cm. Die häufigeren einzelnen Landungen auf Ma beruhen hauptsächlich auf diesem sehr niederen Umherschwärmen.

Hier erhebt sich eine Frage: Können die Bienen unter solchem Umstande die Situation wie in uns räumlich und sogar gleichzeitig auffassen? Wie bereits in Beitrag I erörtert, scheint die Konkurrenzfigur von ihnen nur sehr unvollkommen aufgelöst zu sein, wenn sie auf einer Figur relativ niedrig umherschwärmen. Die obige Differenz der Höhe beim Schwärmen auf zwei Figuren entpricht vielleicht dem optimalen Auflösungsgrad der Figurgliederung. Warum können sie ferner trotz solcher Inkonsistenz des Reizungsvorganges auf jede jener zwei Figuren reziprok dressiert werden? Das Problem ist so kompliziert, dass wir noch vom letzten Schluss ganz weit entfern stehen. Aber es ist uns immerhin sehr wahrscheinlich, dass die folgenden zwei Bedingungen von grundlegender Bedeutung sind: 1. Differenz der relative Ausdehnung des gegliederten Figurbezirkes innerhalb des Sehfeldes und 2. Zeitliche Auflösung und Auffassung durch Kreisfliegen über der Tischoberfläche.

Wenn auch die Bienen entsprechend dem Gliederungsgrad der Figur auf- und absteigen und damit den optimalen Auflösungsgrad kompensieren, tritt dadurch doch auch eine Erweiterung bzw. Verengerung der relativen Grösse des der Figur entsprechenden Teilbereiches innerhalb des Sehfeldes ein. Bei einem gleichen Auflösungsgrad nimmt Mc einen relativ kleineren Teilbereich ein. Demgegenüber wird das Verhältnis des der Figur entsprechenden Teilbereiches zum Gesamtsehfelde im Fall von Ma beträchtlich gross. Nicht undenkbar erscheint also die Benutzung derartiger Differenz bei der Unterscheidung der beiden Figuren durch die Biene.

Die Wichtigkeit der zeitlichen Auflösung in der optischen Wahrnehmung der Biene wurde bereits in Beitrag I eingehend erörtert. Beim herumkreisenden Fliegen über dem Tisch wird die Gliederung der Situation sukzessiv auf die untere Augenhälfte projeziert. Hierbei ist die zeitliche *Figur und Grund Beziehung* (S.Beitrag I) vielleicht für den Dressurerfolg dienlich. Wenn die Unterscheidung durch eine räumlich-simultane Wahrnehmung allein geleistet wird, so ist es zu vermuten, dass die Reaktion der Bienen durch die Veränderung der Distanz zwischen den zwei

Figuren gewissermassen beeinflusst wird. Demnach wurde diese Distanz während letzten 77 Proben abwechselnd bald verringert, bald vergrössert. Aber die Reaktionsfrequenz bleibt, wie in Tabelle 2 gezeigt, dadurch im wesentlichen nicht beeinflusst. Folglich ist es ziemlich sicher, dass der zeitliche Vergleich auch hierbei eine wichtige Rolle spielte.

Tabelle 2. Beziehung zwischen Reaktionszahl und Distanz zwischen Figuren

Distanz	Reaktion auf		
	Mc	Mc u. Ma	Ma
10 cm<D	7	22	11
D<10 cm	5	17	15

2.2 Hauptversuch i. J. 1954

Nun wussten wir, dass die Bienen bei einer trefflichen Differenz des Konturreichtums, auf jedes der zwei verschiedenerlei gegliederten Schachbrettmuster reziprok dressiert werden können. Um die Versuchssituation möglichst derselben von Hertz '29 ähnlich herzustellen, wurden im Jahre 1954 fünf Schachbretter, die von ihr gebraucht wurden, reproduziert (Tab. 3, Abb. 3 & 6).

Am VII 28. wurde zunächst die Spontanwahl der Bienen gegen diese fünf Figuren geprüft. Die Bienen wurden üblicherweise auf den weissen Grund angelockt und auf der Glasplatte mit Zuckerwasser gefüttert. Beim Versuch wurden fünf Figuren gleichzeitig auf dem Grund dargeboten. Wie schon oft erwahnt, verhalten die Bienen sich beim Spontanversuch mit einem merkwürdigen Zögern: Die sich verlangsamte Reaktionszeit, das wiederholte Hin- und Herfliegen über die Tisch-

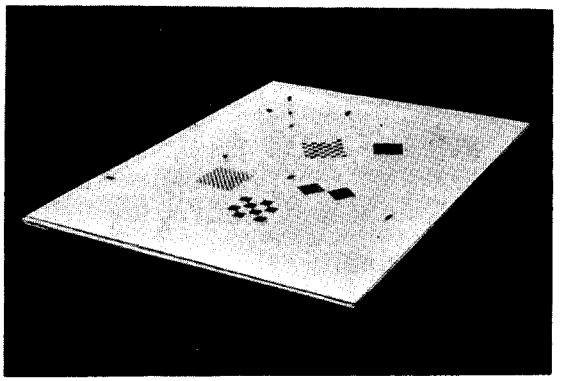

Abb. 3. Versuchsanordnung von Spontanwahl gegen fünf Schachbretter (A, B, C, D und E).

oberfläche und vor allem die häufige einzelne Landung. Deshalb wurde in diesem Jahr neben der Klumpenbildung, d. h. die gleichzeitige Landung von wenigstens mehr als vier Bienen, auch die Anzahl der auf Figur einzeln gelandeten Bienen protokolliert. Dabei geschah nicht selten *die sukzessive Landung*: Eine Biene landet einzeln auf einer Figur und kriecht darauf während eines gewissen Zeitabschnittes umher. Dabei kommt oft eine weitere Biene zu der ersten noch nicht weggeflogenen Kameradin hinzu und landet daneben.[1]

In diesem Fall wird, die zewite Biene aus den Daten der einzelnen Landung weggenommen. Die dadurch häufig hervorgerufene Klumpenbildung, die natürlich nicht als eine positive Reaktion gezählt wird, durch ein sanftes Verjagen verhindert.

Das Ergebnis ist aus der Tabelle 3 ersichtlich. Bei der gleichzeitigen Klumpenbildungen auf zwei Figuren, wurde der Reaktionswert je als 0.5 Einheit aufgezählt. Die einzelne Landung auf dem weissen Grund wurde nicht protokolliert.

Aus der Tabelle ist es klar, dass die Reaktionsfrequenz auf jede dieser Figuren, im Gegensatz zum vorherigen Versuch mit Ma, Mb und Mc,[2] der Abnahme des Konturreichtums gemäss geringer wurde. Aber daneben wurde auch gezeigt, dass die Abnahme der Reaktionsfrequenz nicht graduell verläuft. Der Reaktions-

Tabelle 3. Spontanversuch mit fünf Schachbrettmustern

	Reaktionsfrequenz auf					
	A	B	C	D	E	Grund
Klumpenbildung	12	15	4	0	2	7
Einzelne Landung	109	93	35	4	9	—
Gesamtkonturlänge (cm)	256	128	64	32	22.6	
Quadraten in jeder Seite	0.5 cm^2 ×16	1.0 cm^2 ×8	2.0 cm^2 ×4	4.0 cm^2 ×2	5.66 cm^2 ×1	

wert zwischen A und B ist beinahe ein und derselbe (oder vielmehr besser in B als in A), dagegen ist er zwischen B und C bemerkenswert verschieden. Also stehen diese Figuren zwar im Konturreichtum (im Sinne vom geometrischen Verhältnis) gleichdistant nebeneinander, doch nicht in der tatsächlichen Anlockungskraft für die Biene. Die Reaktionszeit verlangsamte sich bemerkbar in diesen Proben. Deren Durchschnitt beträgt in jeder Probenreihe (bestehend aus je 10 Proben) je folgende: 79.4″, 99.9″, 46.8″ und 102.5″. Da derartige Verlangsamung bei der Darbietung einer einzigen Musterfigur auf dem weissem Grund ordentlich nicht

1) Dass die erste Biene in diesem Fall für die Zweite als ein übergelegtes Merkmal dienlich ist, kann man ohne weiteres verstehen.

2) Beim Freilandversuch begegnet uns oft solcher Widerspruch des Ergebnisses. Das beruht zwar teilweise auf den komplizierten Versuchsbedingungen, dessen Ursachen müssen aber in Zukunft durch planmässige Versuchsserien weiter erforscht werden.

geschieht, ist es zu vermuten, dass das Zögern der Bienen aus der Konkurrenz der Anlockungskraft der verschiedenen Figuren resultierte.

Am VII 30. wurden die Bienen in Situation (B:C)/(weiss. Grund) angelockt und bis zum VIII 2. auf C dressiert. Obwohl während des Dressurverlaufes die positive Reaktionsfrequenz dreimal den statistischen Gültigkeitsbereich erreichte (Abb. 4 links), schwankte der Erfolg sehr weit. Es scheint also, dass wir, begründet auf dieser Kombination, die relative versus absolute Wahl der Bienen nicht prüfen können. Somit wählten wir nun die Kombination $B^+ : A^-$, mussten aber nach 30 maligen erfolglosen Proben am VIII 2. infolge unvermeidlicher Umstämde die Dressur unterbrechen (Abb. 4 rechts). Wie aus der Abbildung zu ersehen, nahmen die einzelnen Landungen zu, während der Dressurerfolg ständig abnahm. Dass in häufigen einzelnen Landungen die zögernde Wahltendenz sich äussert, wird damit wieder bestätigt.

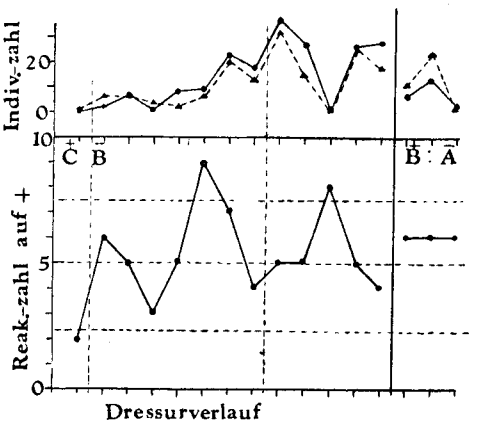

Abb. 4. Dressurergebnis an Situation C : B und B : A. Obere Kurven zeigen die Anzahl d. einzelnen Landungen auf die feinere (gezogen) und gröberen (gestrichelt) Musterfiguren. Untere Kurve, wie in Abb. 2, die Zahl d. Klumpenbildung auf "+" Figur in jeder Probenreihe. (Näheres s. in der Erklärung d. Abb. 2).

Aus den obigen Versuchen ist es zu erwarten, dass die Differenz der Anlockung zwischen den verwandten Figuren noch zu gering war, die Wahl der Bienen entscheidend zu beeinflussen. Daher wahlten wir endlich A und C als die Konkurrenzfiguren. Die Dressur wurde am VIII 9. mit einer anderen Bienenschar in Situation $(C^+ : A^-)$/(Weisser Grund) begonnen. Nachdem der Dressurerfolg gesichert war, wurde die Wahltendenz der Bienen mit den verschiedenen Kombinationen unter A~E geprüft. Am VIII 11. wechselten wir die positive Figur aus, und nun wurden die Bienen auf Situation $A^+ : C^-$ umdressiert. In diesem Jahr trat im Gegensatz zum vorherigen Jahre, die gleichzeitige Klumpenbildung auf den beiden Figuren verhaltnismässig selten auf. Aber um den Erfolg bis zum statistischen Geltungsbereich zu steigern, waren uns auch in diesem Fall eine verhältnismässig längere Dressur nötig. Nachdem die deutlich positive Bevorzugung auf "+" Figur (A) festgestellt war, wurde die Wahltendenz der Bienen wieder mit den verschiedenen Kombinationen von A~E versucht.

Den Verlauf dieser reziproken Dressur kann man aus Abb. 5 ersehen. Daraus ist sofort zu erkennen, dass die Dressur auf C, die konturärmere, im Vergleich zu

derselbe auf A, die konturreichere, immer schwer und auch dann nur labil gebildet wurde. Oefters sank der Erfolg während des Versuchsverlaufes herab. Infolgedessen sind wir gezwungen, erneut durch eine weitere Dressur den Erfolg zu steigern. Demgegenüber schritt der Verlauf in Dressur auf $A^+ : C^-$, d. h. auf die spontan bevorzugte Figur sehr sicher fort. Der einmal gebildete Erfolg fiel, im Vergleich zum Fall $C^+ : A^-$, während des Versuchsverlaufes nur ganz gering ab.

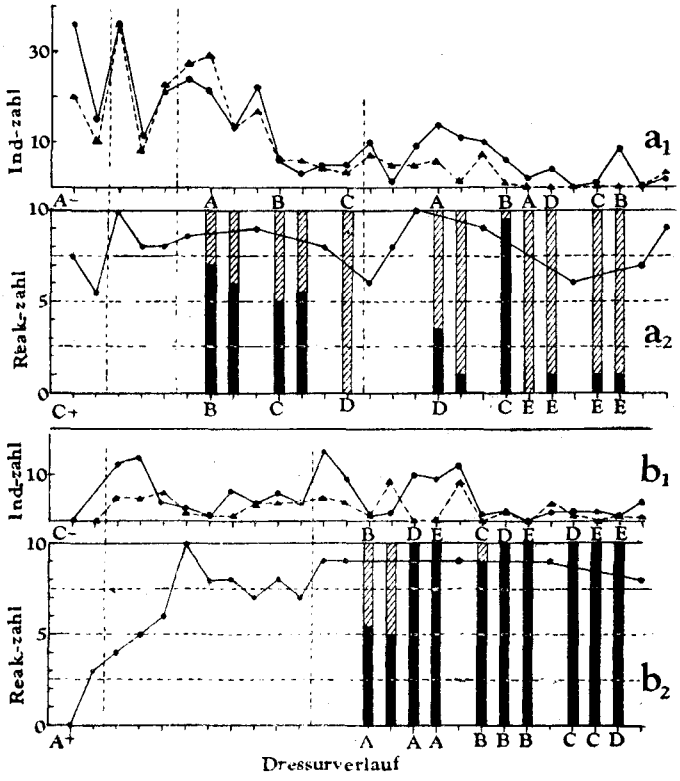

Abb. 5. Ergebnis d. reziproken Dressur auf A : C, so wie in den Stichproben auf verschiedenen Kombinationen von konturarm : konturreich. Obere zwei Kurven: Frequenz d. einzelnen Landung (a_1) und d. Klumbenbildung auf "+" (a_2) an Situation $C^+ : A^-$. Untere zwei (b_1, b_2), die entsprechenden Kurven an $A^+ : C^-$. Ergebnis d. Stichproben mit verschiedenen Kombinationen ist dem Dressurverlauf gemäss histogramisch eingefügt. Darin ist die Reaktion auf "+" Figur (unten) schwarz, die auf "—" (oben) schraffiert gezeigt. Andere Bezeichnungen s. in Abb. 2 und 4.

Wie verhielten die Bienen sich auf die verschiedenen Kombination? Das stellten wir in Abb. 6 dar. Darin ist das Verhältnis der Reaktionszahl auf die

feinere Musterfigur mit dem schwarzen Teil jedes Kreises repräsentiert. Wenn die Bienen in beiden Dressur rein *relativ* wählten, so müssen alle Kreise oberhalb der Diagonallinie schraffiert, unterhalb dagegen schwarz gezeigt werden. Andererseits, wenn die Bienen stets durch ihre primare Bevorzugung zur konturreicheren Figur sich verhielten, so müssen alle Kreise schwarz ausgefüllt werden.

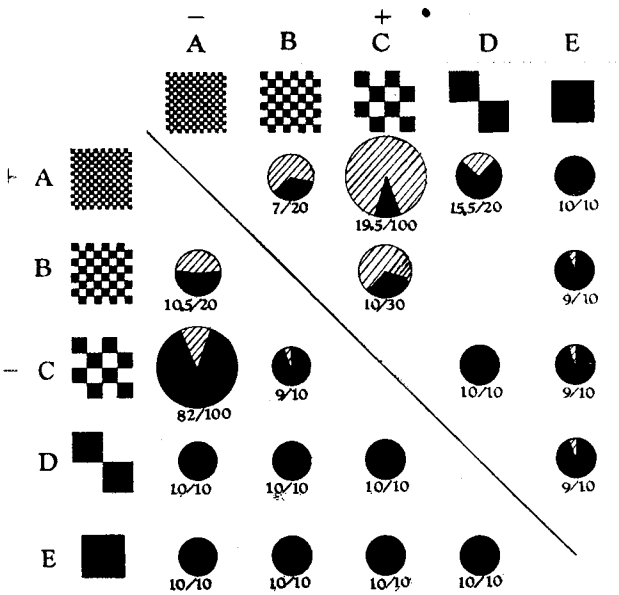

Abb. 6. Vergleich d. Erfolg d. reziproken Dressur. In jeder Kombination ist das Verhältnis (Reaktionszahl auf die feinere Figur)/(Gesamtprobenzahl) als der schwarze Teil des Kreises dargestellt. Ferner ist dieses Verhältnis unter jedem Kreis zahlenmässig hinzugefügt. Im Fall von Dressursituation A : C wurden die letzteren 100 Proben betrachtet.

Das Ergebnis liegt gerade zwischen diesen zwei theoretischen Grenzfällen. In den beiden Dressursituationen trat verhältnismässig klar eine relative Wahltendenz auf. Solche Tendenz nahm in der der Dressursituation benachbarten Kombinationen allmählich ab. In den periphären Kombinationen, besonders wenn die Figur wie D und E als die Gegenfigur benutzt werden, steht die Wahltendenz unter der Herrschaft der starken Anlockungskraft des Konturreichtums. Auch beweist die Abbildung eindeutig das Nichtvorhandensein *der absoluten Wahltendenz im genauen Sinne.*

Im folgenden möchten wir die Frequenz der einzelne Landung erwähnen. Dass diese Reaktion als ein Indikator des Dressurvorganges nicht so gut wie die

Klumpenbildung geeignet ist, wurde bereits wiederholt berührt. Sogar nach Feststellung des Dressurerfolges durch die Klumpenbildung, wurde oft keine entscheidende Differenz in den einzelnen Landungen auf die beiden Figuren beobachtet. Um zu erkennen, ob aus dieser verhältnismässig ungeeigneten Indikatorreaktion für die Wahltendenz irgendwelche Folgerung gezogen werden kann oder nicht, stellten wir deren Daten alle 50–60 Proben (I–III) kombiniert in Tabelle 4 dar.

Tabelle 4. Frequenz d. einzelnen Landungen in reziproker Dressur A : C

		Zahl d. einzelnen Landungen auf							
		A−	C+	insgesamt	Probenzahl	A+	C−	insgesamt	Probenzahl
Dressurverlauf	I	143	122	265	60	39	18	57	60
	II	57	60	117	50	21	14	35	50
	III	16	12	28	50	42	22	64	50
insgesamt		216	194	410	160	102	54	156	160
		kontur- reich	arm			kontur- reich	arm		
verschiedene Kombinationen		95	63	158	120	30	14	44	100

Daraus (und aus Abb. 5) kann deren häufiges Zustandekommen während des Versuchsanfangs und ihre graduelle Abnahme während des Dressurverlaufs klar ersehen werden. Ferner wurde festgestellt, dass diese Reaktion, wie im früheren Versuchen, auch diesmal aut die feineren Figur häufiger entstand. Ausserdem wurde der statistische Vergleich der Reaktionsfrequenz zwischen A und C in Situation A+ : C− mit einer bedeutsamen Differenz aber nicht in Situation C+ : A− beantwortet. Das spricht für eine gewisse Differenz der Wahltendenz zwischen diesen zwei Situationen. Es scheint nämlich in Situation C+ : A−, im Gegensatz zu A+ : C−, die starke Tendenz zu A gewissermassen unterdrückt zu sein. Unter verschiedenen Kombinationen in den beiden Situationen wurde zwischen den feineren und gröberen Figuren keine bedeutsame Differenz aufgefunden.

Endlich müssen wir kurz hinzufügen, dass das Verhalten der Bienen während des Versuchs in 1954 mit demselben in 1952 im wesentlich übereinstimmt. Demnach gilt vielleicht die frühere Erörterung auch hier im allgemeinen.

3. Erörterung

Bevor über die Versuchsergebnisse eine Erörterung gegeben wird, muss die Differenz der visuellen Wahrnehmungsogranisation zwischen der Biene und dem Menschen wiederholt betont werden. Infolge des tatsächlichen Fehlens einer scharfen räumlich-simultanen Auflösung wird der Erregungsvorgang in den Bienenaugen durch eine starke Inkonsistenz des Reizwechsels charakterisiert. Besonders in

der horizontalen Versuchsanordunng ohne irgendeinen visuellen Fixierungspunkt, verschiebt sich das Retinalbild gemäss der Aenderung der Flugrichtung, -geschwindigkeit und -höhe fortwährend. Bei einer Massendressur übt auf solche raumzeitliche Wahrnehmung einzelner Bienen der Herdentrieb eine starke Wirkung aus. Ein Dressurerfolg äussert sich erst als das Endprodukt derartig komplizierter Sachlage. Deshalb ist es sicher erstaunlich, dass die Reaktion der Biene wie schon von Hertz '35 besprochen, trotz dieser Inkonsistenz des Reizwechsels verhältnismässig ständig aufgelöst wird.

Dieser allgemeine Charakter der Bienendressur gilt wohl auch für unsere reziproke Dressur. Die dargebotenen Situationen liefert für die herum- und umherfliegenden Bienen zweifelsohne eine sehr komplizierte Reizwechselinkonsistenz (s. Ergeb. in 1952 und die Erörterung in Beitrag I). Doch konnten wir daraus eine erfolgte reziproke Dressur gewinnen. Um den Mechanismus, diese optische Dressur unterstutzt, klarzustellen, ist eine Reihe von zukunftigen Untersuchungen nötig.

Nun möchten wir auf unsere Ergebnisse zurückschauen. Dass die primäre Anlockungskraft des Konturreichtums innerhalb eines begrenzten Bereiches unterdrückt werden kann, wurde aus diesen Versuchen einigermassen festgestellt. Doch deutet das Ergebnis gleichzeitig auch die Grenze der reziproken Dressur an. Der Umfang, innerhalb dessen eine reziproke Dressur erreicht werden kann, scheint relativ eng begrenzt zu sein. Wenn die zwei Konkurrenzfiguren in Bezug auf Konturreichtum voneinander stark abweichen, ist es kaum zu erwarten, die primäre Anlockungskraft der konturreicheren durch eine reziproke Dressur auszuschalten. Falls dagegen die Differenz zu gering ist, kann die Biene auf solche Differenz vielleicht nur schwer mit einer entscheidenden Wahltendenz antworten. Ausserdem, scheint dieser kleine Umfang, darin eine reziproke Dressur ausführbar ist, entsprechend dem absoluten Konturreichtum der beiden Figuren bald erweitert, bald dagegen verengert zu sein.

Zum Schluss fügen wir ein Wort über das Problem der relativen versus absoluten Wahl hinzu. Wie einleitend berührt, bot Hertz für die Bienen verschiedenerlei gegliederten Schachbrettmuster dar, die im vorliegenden Versuch reproduziert gebraucht wurden. Ihre Bienen wählten in den Kombinationen von B : E, B : D, A : B, B : C C : D stets die erstere, d. h. feinere Musterfigur. Derartige Tendenz nach den konturreicheren Figuren wurden auch in Kombinationen von Kreis und verschiedene Zahnrädern gewonnen (Vers. 14–16, '29). Daraus schliesst sie, dass *die Biene transponierend, in Strukturfunktion gegenüber dem Wahlpaar wählt.* Das Fehlen der reziproken Dressur in ihrem Versuch gab uns den Anlass, die vorliegenden Untersuchungen anzufangen. Daraus wurde die Richtigkeit ihrer Behauptung bestätigt, aber daneben deren Grenze aufgefunden.

Beide Situationen, $C^+ : A^-$ und $A^+ : C^-$, hindurch, wurde die relative Natur der Wahltendenz rings um die Dressursituationen am besten aufgezeigt. Werden konturarme Figuren wie D und E gebraucht, so tritt eine Neigung zur absoluten

Wahl ein. *D.h. die relative Wahl kommt nur relativ zur Reizkonstellation zustande, nicht absolut.*

Bierens de Haan '28 berichtete die absolute Wahl der Hongibiene bei der Helligkeitsunterscheidung. Dasselbe Problem wurde später von Hörmann '34 eingehend untersucht. Sie berichtete vielmehr eine relative Wahltendenz der Biene. Die absolute Wahl wurde von ihr nur unter spezifischen Umständen beobachtet. Die umfangreich angehäuften Untersuchungen bei Wirbeltieren bewiesen meistenfalls die Ueberlegenheit der relativen Wahl. Doch ist interessant, dass gewisse Forscher ein gegensätzliches Ergebnis gewannen. Z.B. behauptete Taylor '32 aus der Untersuchung mit Hühnern, im Gegensatz zu Köhler usw., die Ueberlegenheit der absoluten Wahltendenz. Beachtenswert ist aber seine Versuchsanordnung, da dieses Ergebnis durch die Verwendung von Weiss-Grau-Schwarz Serie gewonnen wurde. Vergleicht man die starke Distanz der Elemente in solcher Serie mit unseren Ergebnissen in Situationen, darin die starke konturarmen Figuren wie D und E gebraucht wurden, so ist leicht zu vermuten, dass eine starke Differenz zwischen zwei konkurrierenden Partnern eines Reizpaares die absolute Wahltendenz verursachte. Auch Warden et al. '29 & '31 erzielten durch ein sehr komplizierten Darbietung des Reizpaares die absolute Wahl in der Unterscheidung der Helligkeit und Grösse bei der Taube. Daraus betonten sie die Schwierigkeit, die relative bzw. absolute Wahl einfach zu behaupten.

Also muss die Frage selbst wie *Absolut versus Relativ* auch in der Wahrnehmungspsychologie der Wirbellosen nochmals bezweifelt werden. Eine absolute Behauptung der relativen Wahl widerspricht sich selbst sowohl wörtlich als auch tatsächlich. Die Wahltendenz wird durch die relative Wichtigkeit der absoluten Sinnesdaten im betreffenden sinnlichen Felde bestimmt.

4. Zusammenfassung

1. Durch die reziproke Dressur der Honigbiene auf Schachbrettmuster, wurde der Versuch von M. Hertz über die relative versus absolute Wahl nachgeprüft.

2. Die Biene kann innerhalb eines begrenzten Bereiches auf jedes der zwei im Konturreichtum voneinander abweichenden Muster reziprok dressiert werden. Der Umfang, innerhalb dessen diese Dressur ausführbar ist, erscheint doch verhältnismässig begrenzt zu sein.

3. Die Wahltendenz der Biene für die verschiedenen Kombinationen zweier Schachbrettmuster bewies das Zustandekommen der relativen Wahl. Doch wurde daneben aufgezeigt, dass die relative Wahl nur unter bestimmten Umständen auftritt und der Situation gemäss auch die absolute Wahl entstehen kann.

4. Daraus wurde gefolgert, die Unsinnigkeit der blossen Gegenüberstellung der relativen vs. absoluten Wahl auch bei der Wirbellosen. Die relative Wahl kommt zur Situation nur relativ, nicht absolut zustande.

5. Ueber die Wichtigkeit der eigentümlichen visuellen Wahrnehmungs-

organisation der Biene bei der optischen Dressur wurden einige Erörterungen gegeben.

Zitierung[1)]

Köhler, W. 1918. Aus der Anthropoidenstation auf Teneriffa, IV. Nachweis einfacher Strukturfunktion beim Schimpansen und beim Haushuhn. Ueber eine neue Methode zu Untersuchungen des bunten Farbensystems. Abh. Preus. Akad. Wiss., Mathem. Physik. Klasse, 1918, Nr. 2.

Sakagami, Sh. F. 1956. Zur Wahrnehmungspsychologie der optischen Dressur bei der Honigbiene. Beitrag I: Dressierbarkeit gegen konturarme *Figur* gestellt auf konturreichem *Grund*. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. VI, Zool., 12 : 333. Beitrag II: Reizaequivalenzreaktion. Jap. J. Zool., 11 : 579.

Taylor, H. 1932. A study of configurational learning. J. comp. Psychol. 13 : 19.

Warden, C. J. & J. B. Rowley 1929. The discrimination of absolute versus relative brightness in the ring dove, *Turtur risorius*. Ibid. 9 : 317.

——— & C. N. Winslow 1931. The discrimination of absolute versus relative size in the ring dove, *Turtur risorius*. J. genet. Psychol. 30 : 9.

1) Die im Beitrag I und II zitierten Arbeiten wurden hier weggelassen.