

Wirkung verschiedener optischer Reize auf die Aktivität von Musca Domestica

von Wolfgang Grayer

Forschungsarbeit aus der Biologie

überarbeitete 3. Ausgabe, Mai 1993

Vorwort

In den wärmeren Monaten eines Jahres kommen sie ganz plötzlich aus Ihren Verstecken hervor - die Fliegen. Zu Tausenden machen sie sich auf die Nahrungssuche. Dabei orientieren sich die Fliegen in der Hauptsache, das ist bekannt, an den Gerüchen und Düften ihrer Umgebung, also chemotaktisch. Nun weiß man aber auch, daß z.B. die Bienen einen ausgezeichneten Sehsinn entwickelt haben, der sie in die Lage versetzt, sogar Farben genau zu erkennen. Mir stellte sich also die Frage, wie Fliegen (insbesondere die Stubenfliegen, lateinisch: *Musca Domestica*) eigentlich neben ihrem hervorragenden Geruchssinn durch phototaktische Reize, also Reize, die durch ihren Sehsinn wahrgenommen werden, beeinflussbar sind. Derartige Reize können zum Beispiel ausgehen von Farben, Mustern, und Kontrasten...

1. Die optischen Sinnesorgane von *Musca Domestica*

Musca Domestica zählt zu den rund 80.000 Fliegenarten der Erde (systematische Zuordnung: Stamm Arthropoda, Klasse Insecta, Ordnung Diptera). Interessant für meine Versuche sind die optischen Sinnesorgane von *Musca Domestica*.

Die halbkugelförmigen Facetten- oder Komplexaugen bestehen aus jeweils ca. 3200 Einzelaugen, den Ommatidien. Ein Ommatidium wiederum ist aufgebaut aus einer Linse, einem Kristallkegel, der dem Glaskörper unseres Auges entspricht, aus acht Sehzellen und den Pigmentzellen. Jedes Ommatidium liefert nur einen Bildpunkt, folglich besteht das gesamte Sehbild aus 6.400 einzelnen Bildpunkten (Rasterbild) - ähnlich einer Computergrafik. Je mehr Ommatidien eine Fliege demnach besitzt, und je geringer der Neigungswinkel zwischen zwei benachbarten Ommatidien ist, desto schärfer wird das Rasterbild. Die Fliege kann ihren Kopf nicht bewegen, daher hat sie ein weites Gesichtsfeld als Ausgleich dieses Nachteils entwickelt pro Auge sieht sie in einem Bereich von 180 Grad !

Die Sehschärfe ist aufgrund der fehlenden Akkomodationsfähigkeit ihrer Augen sehr gering, d.h. das Fliegenauge besitzt keine

"einstellbare" Linse und kann daher nicht "scharfstellen". Aber auch hier hat sich Mutter Natur zu helfen gewußt:

Ab ca. 1 Meter sehen Fliegen einigermaßen scharf. Und da sie ca. 300 Bilder pro Sekunde (Mensch 25/Sekunde !) verarbeiten können, genügt es ihnen völlig, nur im Tiefflug, also 1 Meter über dem Boden, bei Höchstgeschwindigkeit dahinzujagen, denn bei 300 Bilder pro Sekunde Auflösungsvermögen erkennen sie noch jedes "Detail"! Desweiteren überschneiden sich die Sehfelder beider Augen, so daß plastisches Sehen und Entfernungswahrnehmung ermöglicht werden. Neben den Komplexaugen besitzt die Stubenfliege Punkt- oder Stirnagen, die der Helligkeitseinschätzung dienen. Ein weiteres Phänomen ist, daß die Komplexaugen es den Fliegen ermöglichen, zwischen den verschiedenen Schwingungsrichtungen polarisierten Lichtes zu unterscheiden, so daß eine hervorragende Orientierung und Navigation ermöglicht wird. Eine genaue Erklärung dieser Besonderheit, die bei Bienen genau untersucht ist, würde aber an dieser Stelle zu weit führen.

2. Versuchsaufbau und Versuchsbedingungen

2.1 Das Versuchstier

Die zahlreichen Versuchstiere, die ich für meine Experimente benötigte (ca. 600 Stück), fing ich auf einem nahegelegenen Bauernhof. Da der *Musca Domestica* nur eine Lebenserwartung von annähernd 70 Tagen beschieden ist, war ununterbrochener Nachschub nötig.

2.2 Der Versuchsort

Die Versuche führte ich in einem ca. 16 Quadratmeter großen, unbewohnten Raum durch, der, abgelegen von Küche und

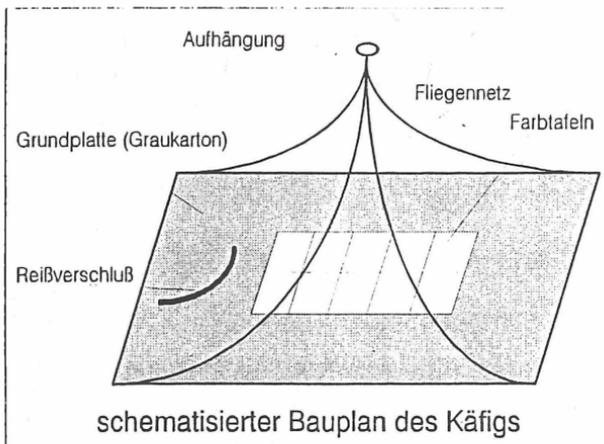
Wohnräumen, eine weitgehende Geruchsneutralität garantierte, d.h. die Fliegen wurden kaum von irgendwelchen Gerüchen abgelenkt. Als Lichtquelle diente diesem Raum ein großes Dachfenster, das das Licht in einem Winkel von ungefähr 90 Grad in den Raum fallen ließ. Der Raum konnte bei Bedarf vollkommen abgedunkelt werden. Temperatur und Luftfeuchtigkeit entsprachen den üblichen Werten in Wohnräumen. Die Anforderungen an meine Versuche waren durch diese räumlichen Eigenschaften bestens gelöst.

2.3 Der Versuchskäfig

Als Versuchskäfig fertigte ich ein pyramidenförmiges Zelt aus einer 80x80 cm großen, grauen Hartkarton-Grundplatte und dem daran befestigten Fliegennetz.

Der Vorteil dieses Käfigs lag darin, daß er keinerlei Streben besaß und folglich auch kein Licht- und Schattenspiel aufwies. Bei meinem ersten Käfig, einem umgerüsteten Vogelkäfig, hatte ich festgestellt, daß die Stubenfliegen lichtexponierte Stellen bevorzugten !

Da das Netz meines Zeltkäfigs ohne Streben in sich zusammengesunken wäre, hängte ich ihn mit Hilfe einer Schnur direkt unter dem Dachfenster auf. Als Türchen nähte ich in das Netz einen Reißverschluß ein.



2.4 Die Versuchsmethode

Die Ergebnisse meiner Versuchsreihen wurden gemessen an der Anflughäufigkeit auf ein bestimmtes Ziel binnen einer bestimmten Zeiteinheit, das heißt die Ergebnisse wurden quantitativ festgestellt.

Als Anflug zählte jeweils nur die direkte Landung einer Fliege (ein beabsichtigter Anflug war zu erkennen am Balz- oder Nahrungssucheverhalten). Zufälliges Krabbeln auf meine vorgegebenen Ziele, sowie zufälliges Landen (zum Beispiel ein durch Balzverhalten bedingter "Absturz"), wurden nicht gewertet.kehrte ein Versuchstier nach kurzem Abflug direkt wieder an den Ausgangsort zurück, wurde dies in der Anflughäufigkeit nicht gezählt. Wechselte sie aber zu einem neuen Ziel, so wurde dies als neuer Anflug registriert.

Alle Versuche führte ich in mehreren Versuchsreihen durch, um Zufallsergebnisse auszuschließen. Desweiteren war zu berücksichtigen, daß alle Versuche innerhalb einer Versuchsreihe - um klare und richtige Folgerungen ziehen zu können - zu genau gleichen Bedingungen durchzuführen waren.

3. Versuche und Teilergebnisse

Lichtwellen werden an den Oberflächen von Materialien und Gegenständen in charakteristischer Weise zum einen Teil absorbiert, zum anderen Teil reflektiert und gebrochen. Dadurch entstehen Farben, Muster oder Kontraste.

Ihre Wirkung auf die Aktivität von *Musca Domestica* versuchte ich in meinen Experimenten zu ergründen.

Was heißt aber nun *Aktivität*? Durch unterschiedliche Kombinationen von Farben entstehen bestimmte Muster oder Farbkombinationen, auf die Lebewesen teilweise hochspezifisch reagieren. Man denke nur an die prächtigen Farbkostüme vieler Tiere während der Paarungszeit und was diese Farben bewirken! Die Farben und Muster lösen bestimmte Verhaltensweisen der Artgenossen aus: sie können aktiveres oder inaktiveres Verhalten zeigen. Diese Tatsache läßt sich auch auf *Musca Domestica* übertragen.

3.1 Die Wirkung unterschiedlicher Lichtwellen

Infrarot-, Glühlampen-, UV- und Tageslicht bestehen aus verschiedenen, genau definierten Lichtwellen. Um für meine weiteren Versuche die günstigsten Voraussetzungen zu schaffen, mußte ich untersuchen, bei welchen Lichteinflüssen sich *Musca Domestica* am aktivsten gibt.

3.1.1 Experimentbeschreibung

Übersicht über Versuchsdaten:

Anzahl der Fliegen im Käfig (pro Versuch):	50
Dauer eines Einzelexperiments:	25
Min/Tag/Lichtquelle	
Anzahl der Einzelexperimente insgesamt:	12
Einzelexperimente pro Tag:	4
Dauer der gesamten Versuchsreihe:	3 Tage zu je 100 Min. = 300 Minuten

Bei verdunkeltem Raum bestrahlte ich jeweils 25 Minuten pro Tag und Lichtquelle mit einer 150 Watt Infrarotlampe, einer 60 Watt Glühlampe, einer 25 Watt UV-Lampe, öffnete dann das verdunkelte Fenster und ließ schließlich normales Tageslicht (ohne direkte Sonnenbestrahlung) auf den Käfig einwirken.

Da die verschiedenen Lichtquellen Wärme abstrahlen, montierte ich sie in genügend großen Abständen (1 bis 1,5 Meter). Die Aktivität der Fliegen bei den unterschiedlichen Lichtarten untersuchte ich anhand der Anflüge auf 10 Farbtafeln am Boden des Käfigs (Größe 20 x 10 cm/Tafel).

3.1.2 Beobachtungen und Auswertung

Das Gesamtergebnis der Tabelle ließ sich in einem Säulendiagramm veranschaulichen (vgl. Diagramm 1).

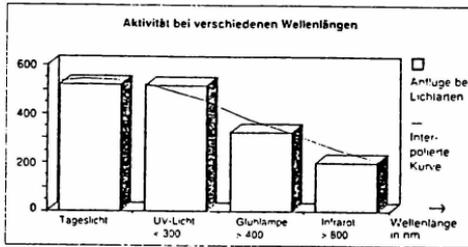
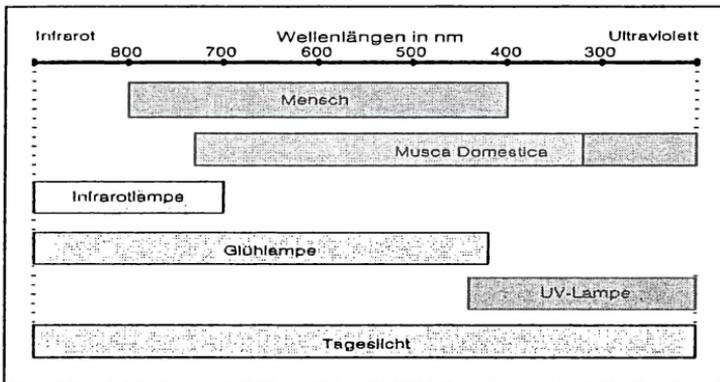


Diagramm 1

Vergleich der Sehbereiche bzw. der Lichtwellenbereiche der Lichtquellen von *Musca domestica* und Mensch.



Musca Domestica besitzt im UV-Bereich ein Nebenmaximum, einen Spektralbereich, in dem das Auge die Lichtwellen besonders gut verarbeitet. Die Aktivität von *Musca Domestica* steigt also, je mehr durch bestimmte Lichtwellen ihr spezifischer Sehbereich abgedeckt ist. Das Tageslicht deckt den gesamten Bereich von Infrarot bis UV ab. Da mußten die Fliegen am aktivsten sein. Entscheidend war die Frage, ob mehr im UV- oder eher im Infrarot- Bereich. Deutlich ist anhand der Grafiken zu erkennen, daß der UV-Bereich dominiert!

3.2 Die Wirkung verschiedener Reizmuster

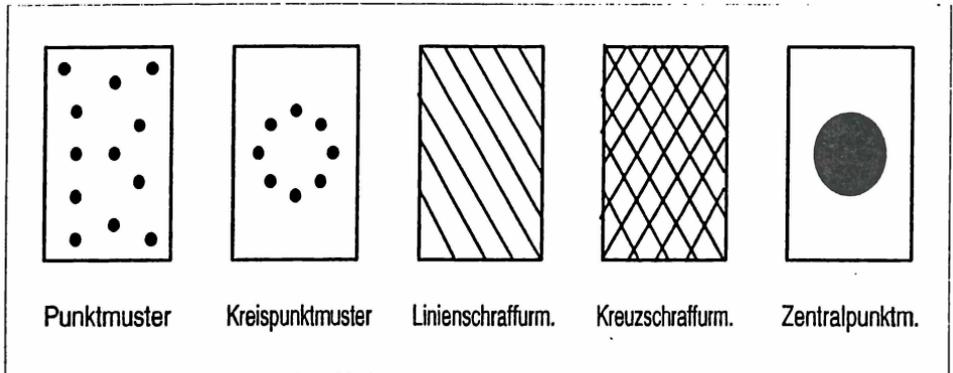
Diese Versuchsreihe sollte erläutern, welche Reizmusterart die Stubenfliege am häufigsten anfliegt.

3.2.1 Experimentbeschreibung

Übersicht über Versuchsdaten:

Anzahl der Fliegen im Käfig (pro Versuch):	30
Dauer eines Einzelexperiments:	5 Min/Tag/Muster
Anzahl der Einzelexperimente insgesamt:	25
Einzelexperimente pro Tag:	5
Dauer der gesamten Versuchsreihe:	5 Tage zu je 25 Min. = 125 Minuten
Lichtquelle:	Tageslicht

Folgende Mustertypen sollten auf Attraktivität getestet werden:

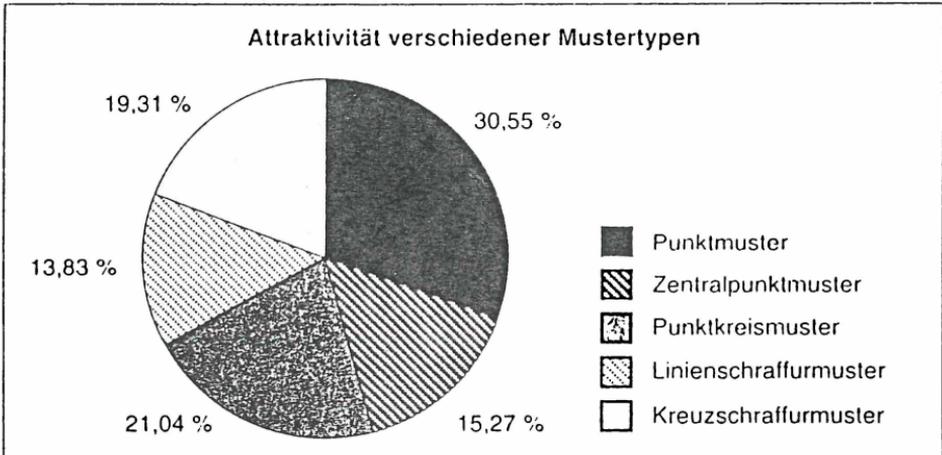


Ich plazierte jedes Muster einzeln für genau fünf Minuten in die Mitte des Käfigbodens. Fünf Minuten waren vollkommen ausreichend, da die Stubenfliege sehr "neugierig" reagierte. Die Muster waren schwarz, die Tafeln gelb.

3.2.2 Beobachtungen und Auswertung

Zu beobachten war, daß die Stubenfliegen auf Punkte sehr stark reagieren. Entweder liefen sie Punkt für Punkt ab oder sie näherten sich einem Punkt und sprangen ihn dann an. Dieses "Sprungverhalten" beschrieb schon im Jahre 1738 der französische Naturforscher R.-A. Reamur als Einleitung der Paarung (vgl. Grzimeks-Tierleben, Bd.2, S.399).

Die im Anschluß an meine Experimente erstellten Diagramme führen eindeutig zu dem Schluß, daß *Musca Domestica* das Punktmuster bevorzugt (vgl. Diagramm 2).



Die Erklärung fand ich auf einem Bauernhof:

Betritt man einen Kuhstall, in dem sich viele Fliegen befinden, so ist zu beobachten, daß sie sich nicht verstreut an den Stallwänden niederlassen, nein, vielmehr bilden sie dichte Anhäufungen (Agglomerationen). Daher scheint wohl das Punktmuster am attraktivsten. Denn die schwarzen Punkte täuschen entweder Nahrung, eher aber derartige Agglomerationen vor.

Wie aus dem Kreisdiagramm zu ersehen ist, liegt das Punktkreismuster nach dem Punktmuster an zweiter Stelle, was meine Annahme unterstützt. Ich nehme an, daß die kreisförmige Anordnung der Punkte den Tieren zu unnatürlich symmetrisch erschien oder die eng beieinanderliegenden Punkte nicht mehr als Einzelpunkte von den Fliegen unterschieden werden können (Rasterbild!).

3.3 Die Wirkung verschiedener Farben

Während der theoretischen Vorbereitung meiner Arbeit, stand ich hier wohl mit vor dem größten Problem, denn ob *Musca Domestica* Farben (wie dies bei der Honigbiene längst nachgewiesen ist) sehen kann, scheint noch nicht geklärt. Daher mußte ich Beobachtungen anstellen, wie die Stubenfliege auf verschiedene Farben reagiert.

3.3.1 Experimentbeschreibung

Übersicht über Versuchsdaten:

Anzahl der Fliegen im Käfig (pro Versuch):	50
Dauer eines Einzelerperiments:	25 Min/Tag
Anzahl der Einzelerperimente insgesamt:	3
Einzelerperimente pro Tag:	1
Dauer der gesamten Versuchsreihe:	3 Tage zu je 25 Min. = 75 Minuten
Lichtquelle:	Tageslicht

Auf den Käfigboden legte ich zehn ungemusterte Farbtafeln lückenlos nebeneinander (Größe pro Farbtafel 10x20 cm). Sie wiesen folgende Farben auf:

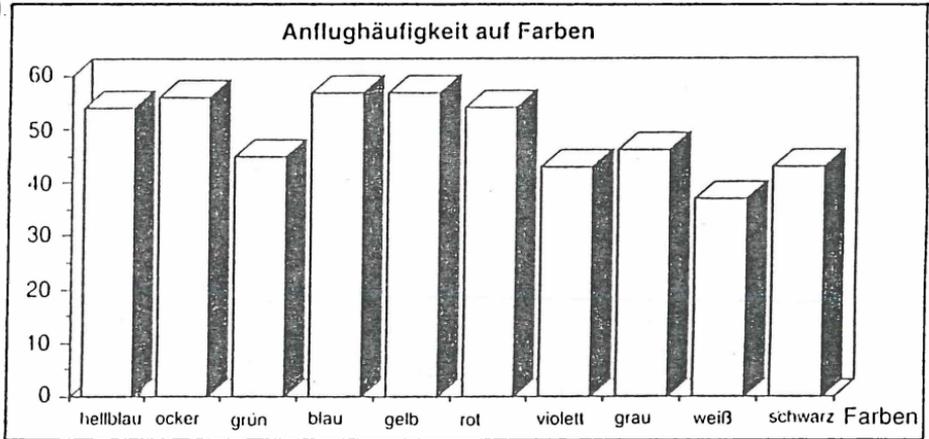
FARB TypEN

hellblau	rot	ocker
violett	grün	grau
blau	weiß	gelb
schwarz		

Die Konstellation der Farbtafeln ergab sich rein zufällig, sie wurde aber bei jedem neuen Versuch geändert.

3.3.2 Beobachtungen und Auswertung

Die Anflughäufigkeiten ergaben nachstehendes Säulendiagramm (eingetragen sind die empirisch erhaltenen Anflüge; vgl. Diagramm 3).



Geht man von der erhaltenen Anzahl der Anflüge aus, so ist deutlich festzustellen, daß weder klare Maxima noch eindeutige Minima existieren. Also bevorzugte oder mied *Musca Domestica* keine besondere Farbtafel. Dieser Sachverhalt läßt folgende Schlüsse zu:

- *Die Stubenfliege kann Farben nicht sehen. Für sie ist es irrelevant, auf welcher Farbtafel sie landet.*
- *Die Stubenfliege kann Farben sehen. Jedoch sind einfarbige, ungemusterte Farbtafeln für sie unattraktiv.*

3.4 Die Wirkung verschiedener Farbkombinationen

Aus den Versuchsauswertungen von Punkt 3.3.2 zog ich die Konsequenz und versah die Farbtafeln mit einem kontrastierendem Reizmuster. Die Experimentreihe unter Punkt 3.2 hatte gezeigt, daß das Punktmuster für *Musca Domestica* am attraktivsten ist.

3.4.1 Experimentbeschreibung

Übersicht über Versuchsdaten:

Anzahl der Fliegen im Käfig (pro Versuch):	30
Dauer eines Einzelexperiments:	6x10 Min/Punktfarbe
Anzahl der Einzelexperimente insgesamt:	8
Einzelexperimente pro Tag:	---
Dauer der gesamten Versuchsreihe:	6x10x8 = 480 Minuten
Lichtquelle:	Tageslicht

Jede der zehn Farbtafeln (vgl. 3.3.1) beklebte ich jeweils farbeinheitlich mit 12 Punkten (Punktmuster!). Bei insgesamt 8 Farben (rot, weiß, orange, schwarz, gelb, grau, blau, grün) für die Punkte ergaben sich $10 \times 8 = 80$ Farbkombinationen.

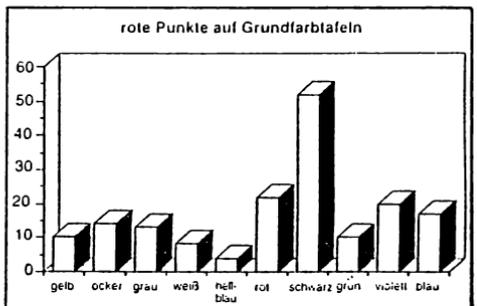
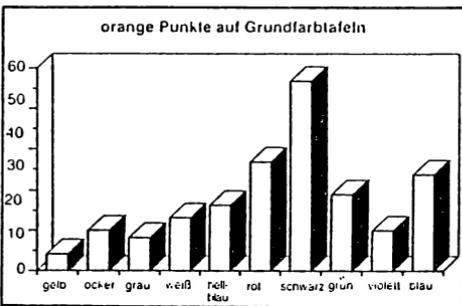
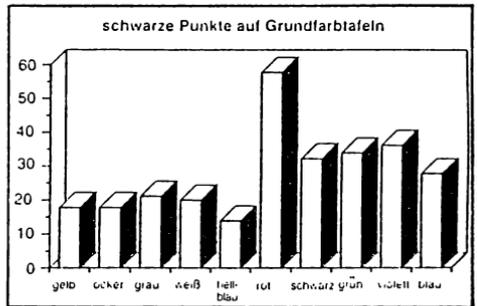
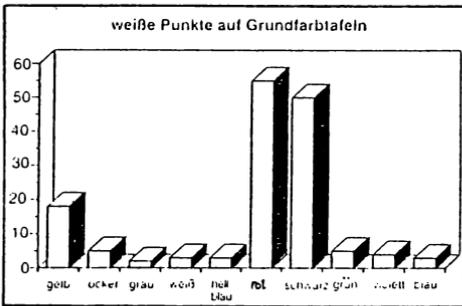
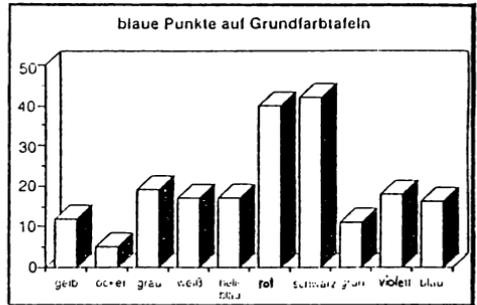
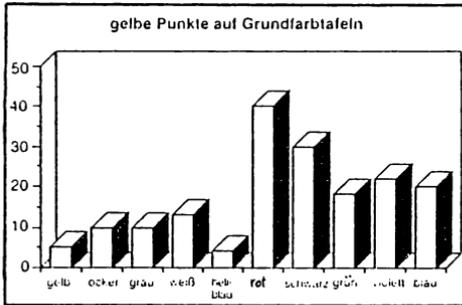
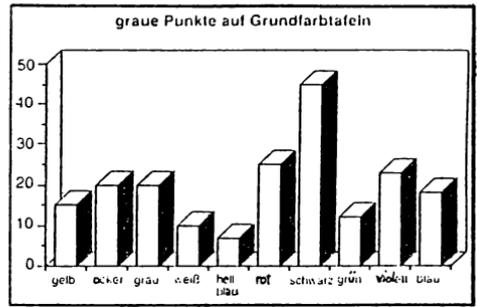
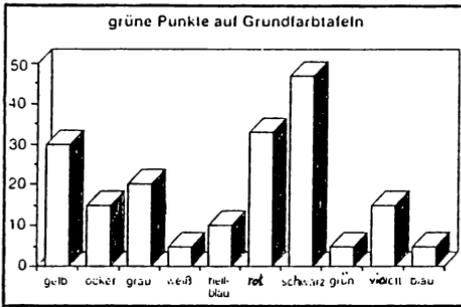
Den Boden des Käfigs belegte ich wieder mit 10 Farbtafeln, die alle stets die gleiche Punktmuster-Struktur und die selbe Punktefarbe besaßen. So ergaben sich insgesamt 8 Versuchsreihen zu je 10 Farbkombinationen.

3.4.2 Beobachtungen und Auswertung

Aus den acht Säulendiagrammen ist deutlich zu erkennen, daß die Grundfarben Rot und Schwarz am häufigsten angefliegen worden sind. Diese Erkenntnis bewegte mich dazu, nochmals eine einstündige (6x10 Minuten) Versuchsreihe durchzuführen. Und zwar testete ich nun die Anflughäufigkeiten auf meine sogenannten "Spitzenreiter" (10 attraktivsten Farbkombinationen).

Als die am oftsten angeflogenen Farbkombinationen kristallisierten sich knapp die Kombinationen schwarz/blau und rot/weiß (Grundfarbe/Punktfarbe) heraus.

Was aber bewog *Musca Domestica*, diese Farbkombinationen zu bevorzugen?



Anmerkung zu den Diagrammen 4-11: Die senkrechte Skala stellt die Zahl der Anstige dar.

Annahmen:

- Die Helligkeitskontraste in den Farbkombinationen ziehen die Stubenfliege an.
- Die Stubenfliege kann Farben sehen und bevorzugt daher bestimmte Farbkombinationen.

Um die erste der beiden Thesen zu überprüfen, stellte ich Messungen über die Helligkeit (=Intensität der reflektierten Lichtwellen) meiner verwendeten Farben an:

Die Helligkeiten der Farben bestimmte ich mit einem empfindlichen Belichtungsmesser (Nikon F4), der für Fotografien benützt wird und welcher eine flächige Helligkeitsmessung (Gegenteil von Punktmessung) zuließ. Meßfehler waren dadurch minimiert. Der Belichtungsmesser wurde auf die Empfindlichkeit von 400 ASA eingestellt und das 55-Millimeter-Objektiv auf Blende 2,8 abgeblendet. In einer Lichwanne wurden nun die Farbtafeln und die Punkte jeweils einzeln ausgeleuchtet und die Helligkeitswerte bestimmt. So erhielt ich genaue Vergleichswerte:

Je größer der Wert, desto heller die Farbe. Ordnete man nun jeder Farbe ihren Helligkeitswert zu, so entstanden für die verschiedenen Farbkombinationen Helligkeitsdifferenzen, zum Beispiel Grundfarbe rot 125, Punktfarbe weiß 333; Kontrast 208.

Berechnete man die Helligkeitskontraste für die "Spitzenreiter", so zeigten die Ergebnisse keinerlei Systematik, d.h. die Fliegen bevorzugten nicht diejenigen Farbkombinationen, die die größten Kontraste aufwiesen.

Folgerung:

Ein Zusammenhang zwischen der Anflughäufigkeit und dem Helligkeitskontrast der kombinierten Farben bestand nicht, die erste Annahme schied demnach aus! Es liegt also der Verdacht nahe, daß die Stubenfliegen Farben sehen können. Nachdem bekannt ist, daß *Musca Domestica* ein Nebenmaximum im UV-Bereich besitzt (vgl. Punkt 1.), daher Lichtwellen im UV-Bereich besonders gut verarbeitet - in Nervenimpulse umwandeln kann -, kann ich nicht davon

ausgehen, nach den gewonnenen Erkenntnissen unter Punkt 3.4, daß die Stubenfliegen durch Helligkeitskontraste angelockt werden.

Weiterhin wird dadurch die Theorie, daß *Musca Domestica* vielleicht bestimmte Farben, z.B. rot, als besonders hell sieht im Vergleich beispielsweise zum Menschen, da ja ihr Sehbereich nicht mit dem menschlichen vergleichbar ist, keineswegs gestützt. Schwarz absorbiert alles Licht, weiß reflektiert alles Licht. Daher besitzt die Kombination schwarz/weiß den größten Kontrast, wohl für alle Lebewesen, auch für *Musca Domestica*. Betrachtet man die Diagramme, so ist aber nicht zu erkennen, daß *Musca Domestica* diese Kombination am reizvollsten findet!

"Die Farblernreaktion spielt eine große Rolle für die Wechselbeziehungen zwischen Insekten und Blüten. Tatsächlich lernen...Fliegen...durch Erfahrung ihre Blüten an den Farben genau zu erkennen, wobei der Reiz bestimmter Farbmuster...sicher eine zusätzliche optische Orientierung zur Futterquelle bedeutet" (vgl. Engel, Fritz-Martin: Das große Buch der Insekten, S.34).

Nachdem es mir nun gelang, die Fliegen im Käfig auf Farben zu dressieren (ähnlich der Bienendressur von Max Frisch) wird die These, die Stubenfliege kann Farben sehen und bevorzugt daher bestimmte Farbkombinationen, anscheinend bestätigt!

4. Zusammenfassung der Ergebnisse und Nachbetrachtung

ERGEBNISSE:

- 1) Größte Aktivität von *Musca Domestica* bei Tageslicht, UV-Licht (3.1).
- 2) Punktmuster täuschen Agglomerationen vor und erscheinen am attraktivsten (3.2).
- 3) Ungemusterte, einfarbige Farbtafeln erweisen sich als gleich attraktiv (3.3).
- 4) Reizvollste Farbkombinationen: rot/weiß, schwarz/blau (3.4).
- 5) Helligkeitskontraste geben keinen Ausschlag für die Attraktivitäten (3.4.2).
- 6) Die These, daß *Musca Domestica* Farben erkennt, scheint gestützt (3.4.2).

Meine Versuchsergebnisse beruhen ausschließlich auf rein quantitativen Aussagen und direkten Verhaltens-Vergleichen. Um die Ergebnisse auf neurophysiologischem Weg zu bestätigen, sollten neuronale Ableitungen an den Komplexaugen von *Musca Domestica* vorgenommen werden. Dabei werden ganz bestimmte Lichtwellen auf das Auge gestrahlt und die Stärke der Erregung der Netzhautnerven durch diese Lichtwellen gemessen. So lassen sich genaue Aussagen über die Erregbarkeit der Augenneurone in Bezug auf spezifische Licht-Wellenlängen machen.

5. Literaturhinweise

- Holles Tier-Enzyklopädie, Bd.2 Salzburg 1973, Andreas Verlag
- Sedlag, U.: Wunderbare Welt der Insekten, Bayreuth 1984, Gondrom Verlag
- Grzimeks Tierleben, Verhaltensforschung, Zürich 1974, Kindler Verlag
- Kükenthals Leitfaden für das zoologische Praktikum, Stuttgart, Jena, Gustav Fischer Verlag
- Linder, Biologie, J.B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- Fachlexikon ABC Biologie, 6.Aufl.1986, Frankfurt/Main, Verlag Harri Deutsch

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [facetta - Berichte der Entomologischen Gesellschaft Ingolstadt e.V.](#)

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [6_1993_1](#)

Autor(en)/Author(s): Grayer Wolfgang

Artikel/Article: [Wirkung verschiedener optischer Reize auf die Aktivität von Musca Domestica 1-16](#)