

Der Mann mit der Kugel

Es war eine „Sex-Show“ im Dienst der Wissenschaft: Ein Seidenspinnermännchen wird vom Lockstoff eines Weibchens angezogen und versucht, zu ihm zu gelangen. Mit dem Experiment im Labor wollten Forscher am Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie in Seewiesen Ende der 1960er-Jahre dem Orientierungssinn der Tiere auf die Spur kommen. Dann entwarf der Biologe Ernst Kramer einen neuen Versuch – und ging in die Wissenschaftsgeschichte ein als „der Mann mit der Kugel“.

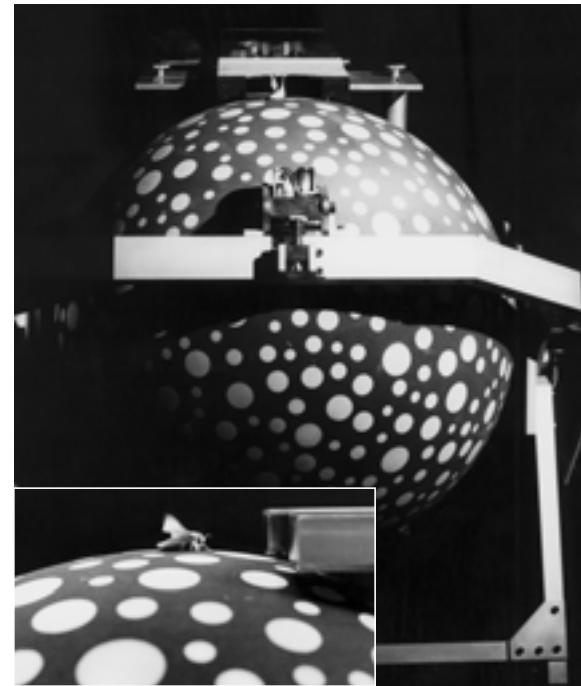
Durch das ehemalige Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie wurden in den vergangenen Jahrzehnten oft Besucher geführt, etwa an den Tagen der offenen Tür. Zu den Attraktionen, die sie dabei per Video oder live zu sehen bekamen, gehörte meist die so genannte Sex-Show: Auf einen Tisch, über dessen Oberfläche von einem Lüfter ein leichter Luftstrom geblasen wird, setzt man in großem Abstand vom Lüfter ein Männchen des Maulbeer-Seidenspinners. Das Tier verharrt zunächst bewegungslos. Sobald jedoch ein Seidenspinnerweibchen oder ein mit dessen Sexuallockstoff benetztes Stück Filterpapier zwischen Lüfter und Männchen platziert wird, ändert es sein Verhalten schlagartig: Es beginnt mit den Flügeln zu vibrieren und windaufwärts in Richtung des vermuteten Weibchens zu laufen.

Sobald man Weibchen oder Filterpapier wieder aus dem Luftstrom entfernt oder den Luftstrom abschaltet, unterbricht das Männchen seinen Lauf und geht im Kreis herum. Offenbar versucht es durch dieses „Kreiseln“ vor Ort den Duftreiz wieder zu finden, um den Weg zum Weibchen fortsetzen und mit ihm kopulieren zu können.

Die Ende der 1960er-Jahre zunächst für Versuchszwecke entworfene Anordnung beeindruckte zwar die Besucher, konnte den Forschern aber wegen der unbestimmten Reizsituation nicht jene Detailinformationen liefern, die nötig gewesen wären, um das Orientierungssystem der Seidenspinner genauer zu erkunden.

Ein Mitarbeiter in der von Dietrich Schneider geleiteten Seewiesener Abteilung „Chemische Orientierung und Kommunikation von Insekten“ – der Biologe Ernst Kramer – überlegte sich deshalb ein grundlegend anderes Experiment. Er wollte die im Versuchsaufbau herrschenden Verhältnisse vollständig umkehren: Anstatt ein Tier durch eine Duftfahne unbekannter Struktur laufen zu lassen, sollten in seiner Anordnung Duftfahnen unterschiedlicher und genau kontrollierter Konzentration über ein ortsfestes Tier hinwegbewegt werden.

Dafür entwarf Kramer folgende Apparatur: Eine Kugel von etwa 50 Zentimeter Durchmesser und mit griffiger Ober-



Auf der Kugel geht es rund: Um dem Orientierungssinn von Seidenspinnern (kleines Bild) auf die Spur zu kommen, entwickelte Ernst Kramer diesen Versuchsaufbau.

fläche wird so gelagert, dass sie mithilfe von Servomotoren in der Äquatorebene um zwei orthogonale Achsen gedreht werden kann. Das flugunfähige (oder -unwillige) männliche Insekt setzt man auf den Nordpol dieser Kugel. Sobald es sich bewegt, um einem Duftreiz nachzugehen, wird mit einem besonderen Abtastverfahren blitzschnell seine jeweilige Position in Bezug zum Pol bestimmt. Die dabei gewonnenen Daten nutzt man zur Steuerung der Servomotoren – durch die Bewegung des Tieres in eine Richtung werden die Motoren veranlasst, die Kugel genau entgegengesetzt zu drehen, sodass das Insekt den Nordpol nie verlässt. Der Lauf des Tieres wird also kompensiert. Entsprechend bezeichnet man diese Versuchsanordnung als Laufkompensator; gebräuchlicher ist allerdings der Name „Kramerkugel“.

Die Kompensationsbewegung der Kugel spiegelt exakt die vom Versuchstier beabsichtigte Ortsveränderung wider; sie kann in einem Rechner gespeichert und später als Laufbewegung des Tieres aufgezeichnet werden. Über diesen Rechner lässt sich außerdem sowohl ein festes als auch ein von den Reaktionen des Versuchstiers abhängiges Reizprogramm abspulen. Die Reizung geschieht dabei über zwei Arten von

Luftdüsen: Durch die etwas größeren fließt ein ständiger Strom reiner Trägerluft, dem durch die kleineren Düsen Luft mit unterschiedlicher Lockstoffkonzentration beigemischt wird.

Was hier so relativ einfach klingt, war zum Teil mit jahrelangen Vorarbeiten verbunden. Am schnellsten

fand Kramer noch heraus, wie die Kugel gelagert werden musste, damit sie um zwei Achsen angetrieben werden konnte. Innerhalb weniger Tage war der erste Prototyp, eine Kugel von 30 Zentimeter Durchmesser, gebaut und erprobt. Dagegen tüftelten Kramer und sein Mitarbeiter Peter Heinecke fast zwei Jahre lang daran, wie man die Insektenposition auf der Kugel schnell, sicher und ohne das Tier zu behindern messen könne. Nach vielen Versuchen, die sich entweder als zu unempfindlich oder als zu langsam erwiesen, stießen die Forscher schließlich auf die Nipkowscheibe – jene Scheibe mit spiralförmig angeordneten Löchern, die 1884 von dem Ingenieur Paul Nipkow erfunden und in den Anfangszeiten des Fernsehens zur Bildabtastung verwendet wurde.

Dieses Vorbild wurde in wenigen Tagen so modifiziert, dass man damit die Abweichung des Insekts in x- und y-Richtung bis zu 200-mal pro Sekunde ermitteln konnte. Zum Abtasten wurde ein Infrarotstrahl verwendet, den das Versuchstier nicht wahrnimmt. Als Reflektor für diesen Strahl benutzten die Tüftler ein kleines Folienplättchen, das auf dem Rücken des Tiers befestigt wurde. Für den Prototyp seiner Versuchsanordnung soll Kramer, so erzählt man im Institut, ein Stück Reflektorfolie verwendet haben, das er zuvor aus einem Verkehrsschild herausgekratzt hatte.

Bei den Experimenten mit dieser neuen Apparatur, die Kramer gemeinsam mit Karl-Ernst Kaißling am Seewiesener Institut vornahm, wurden männliche Seidenspinner kontrollierten Duft- und Windreizen ausgesetzt. Dabei zeigte sich, dass die Flugbereitschaft der Tiere dann besonders gering war, wenn die Duftkonzentration sehr gleichmäßig angeboten wurde. Erfolgt die Duftreize dagegen in kurzen Pulsen, so reagierten die Insekten auf jeden einzelnen Duftimpuls mit Änderung ihrer Laufrichtungen und -geschwindigkeiten. Die Tiere, so die Schlussfolgerung, sind offenbar an schnelle lokale Konzentrationswechsel in der Duftfahne angepasst – was nicht verwundert, da solche Wechsel in der Natur ja auf Grund von Windverwirbelungen gang und gäbe sind.

Die Wissenschaftler konnten auch klären, ob die damals gängige Behauptung stimme, ein männlicher Seidenspinner sei in der Lage, noch so winzige Duftkonzentrationen wahrzunehmen, dass er sein Weibchen aus 20 Kilometer Entfernung riechen könne. Sie stimmt nicht: Unter sauberen Versuchsbedingungen schrumpfte die „Riechweite“ auf

Alte Idee neu belebt

„Ein Freund und in bescheidenem Umfang auch ich haben diese Idee (gemeint ist die Kramerkugel, die Redaktion) wieder aufgegriffen und mit einem anderen, moderneren Konzept neu realisiert. Herausgekommen ist ein wirklich wertvolles Instrument, um die Orientierung von Insekten zu beobachten und auszuwerten. (...) Dieses Instrument wird mittlerweile in vielen Instituten auf der ganzen Welt benutzt.“ Aus dem Brief eines Lesers an die Redaktion

einige hundert Meter (was immer noch eine erstaunliche Leistung ist).

Der Laufkompensator wurde in Seewiesen für die Untersuchung vieler Insektenarten eingesetzt. Der Neuroethologe Franz Huber erforschte zum Beispiel mithilfe einer – in einem echolosen Raum

untergebrachten – Kramerkugel, wie weibliche Grillen auf den aus Lautsprechern vorgespielten Lockgesang artgener Männchen reagieren. Andere Gruppen studierten die Reaktion von Insekten auf Lichtreize. Aber auch national und international machte die Kramerkugel schnell Karriere: Mit dem Laufkompensator wurde in Regensburg das Verhalten von Mistkäfern und Asseln, in Köln von Korn- und Kartoffelkäfern sowie Totengräbern, in Darmstadt von Mehlkäfern, in Wageningen von Blattläusen, in Ascot von Heuschrecken und in Kansas City von Schaben erforscht.

Ungeachtet solcher Erfolge gab sich Kramer mit seiner Versuchskugel nicht zufrieden. Ihm schwebte vor, statt der „Tretmühle“, wie er selbst die Kugel nannte, eine Art „Flugmühle“ zu konstruieren, das heißt einen Apparat, der zu untersuchen erlaubte, wie Schmetterlinge über große Entfernungen im Flug zu ihren Weibchen finden. 1980, rund fünf Jahre nach seinem Kugelhit, begann er deshalb an einem solchen Flugsimulator („FLUSI“) herumzubasteln.

Im Flugsimulator wird das Versuchstier an eine Flugwaage gefesselt, welche die von ihm erzeugten Luftkräfte misst. Diese Kräfte werden dann dazu benutzt, die beabsichtigte Flugbahn zu berechnen und anhand der gewonnenen Daten ein projiziertes Bodenmuster so zu bewegen, dass beim Tier der optische Eindruck eines freien Flugs entsteht. Auf diese Weise ließ sich überprüfen, mit welchen Flugbewegungen das Insekt auf das Ausbleiben von Wind oder Sexuallockstoff reagiert. Sein Fazit aus den Messergebnissen formulierte Kramer so: „Die Flugspur eines sich nach dem Prinzip ‚fliege windaufwärts, wenn du etwas riechst‘ und ‚warte, wenn du nichts riechst‘ orientierenden Nachtfalters konvergiert recht gut auf die Duftquelle.“

Ernst Kramer hatte also auch mit dieser Apparatur Erfolg, doch blieb ihm die Erfüllung seines ganz großen Traums ver-sagt: Den Wunsch, einmal einen Bewegungskompensator zu

bauen, in dem die Insekten völlig frei fliegen und nur durch kompensatorische Luftbewegungen an Ort und Stelle gehalten werden, konnte er nicht realisieren. Trotzdem wurde sein Name weltbekannt – und zwar schon durch seinen ersten Kompensator. „Wenn man mich“, so schrieb er einmal im Rückblick, „irgendwo auf Kongressen oder dergleichen jemandem vorstellt, so ist im allgemeinen die erste Reaktion: Ah, Sie sind der Mann mit der Kugel.“

MICHAEL GLOBIG

Wie sich Geschlechter anziehen

Bei vielen Insekten finden die Geschlechter durch artspezifische, meist vom Weibchen abgesonderte Lockstoffe zueinander. Solche vom Körper nach außen abgegebenen Signalstoffe werden als Pheromone bezeichnet, im Gegensatz zu den innerhalb des Körpers zirkulierenden Hormonen. Die Männchen besitzen auf den Antennen Geruchsorgane, die für diese Pheromone sensibel sind. Der erste Sexuallockstoff, der isoliert, in seiner chemischen Struktur aufgeklärt und synthetisiert werden konnte, war das Bombykol, ein Pheromon des Seidenspinners *Bombyx mori*. Dies gelang im Jahr 1959 Adolf Butenandt und Erich Hecker am Max-Planck-Institut für Biochemie in München.