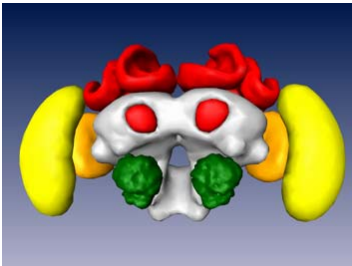


Wie Tiere lernen

Einführung in die Psychologie und Physiologie des assoziativen Lernens am Beispiel der Duftkonditionierung der Honigbiene

Der erste Gedanke, der einem bei der Erwähnung von Bienen durch den Kopf schießt, ist möglicherweise, dass eine allzu nahe Bekanntschaft mit einer dieser Kreaturen einen schmerzhaften Stich verursachen kann, der wiederum einen ansonsten perfekten Sommernachmittag ruinieren kann. Weitaus weniger bekannt ist, dass diese kleinen Tiere, an die sich mancher so nachhaltig erinnert, außerordentliche „Musterschüler“ sind, die komplexe Merkmale ihrer Umwelt oder Farben und Gerüche von Pollen und nektarreichen Blüten in nur wenigen Sekunden erfassen und sich an diese praktisch ihr Leben lang erinnern können.

Diese Leistung ist um so bemerkenswerter, wenn man sich die Größe des Bienenhirns von nur etwa einem Kubikmillimeter vor Augen führt, dicht gepackt mit etwa 950.000 Neuronen, die all ihr Verhalten und ihre erstaunlichen Lernleistungen erzeugen.



3D-Rekonstruktion eines Bienenhirns

Dufterlernen der Honigbiene mit der Rüsselreflex- Konditionierung

Die Begabung der Bienen einen Blütenduft zu lernen, der mit einer Belohnung in Form von Nektar oder Pollen verbunden ist, machen sich Forscher in Lernexperimenten unter genau kontrollierten Laborbedingungen zu Nutze:

Berührt man die Antennen einer hungrigen Biene mit einer Zuckerlösung, streckt die Biene reflexartig ihren Rüssel heraus.

Diese Reaktion wird als Rüsselreflex oder PER (englisch für proboscis extension reflex) bezeichnet. Bei hungrigen Bienen lässt sich diese Reaktion sehr zuverlässig auslösen und sie kann daher als beobachtbare Verhaltensänderung in einem Lernexperiment genutzt werden. Zum Beispiel kann man die PER einsetzen, um eine Biene auf einen Duftreiz zu konditionieren. Die Biene wird dazu in einem schmalen Röhrchen fixiert. Und zwar so, dass sie die Antennen und die Mundwerkzeuge einschließlich des Rüssels frei bewegen kann.

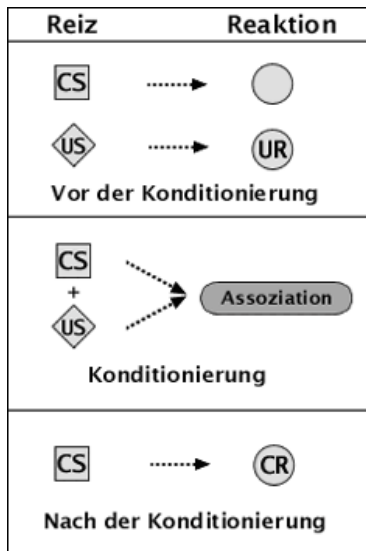
Nun kann man der Biene einen Duft anbieten, der mit einer Berührung der Antennen und des Rüssels mit der



PER-Konditionierung

Zuckerwasserlösung gepaart wird. Mit dieser Methode lernt eine Biene sehr schnell, den Duft mit dem Zuckerwasser zu assoziieren. Schon nach einer oder nur wenigen Paarungen wird die Biene die PER zeigen, wenn man ihr den zuvor gepaarten Duft nun allein anbietet.

In der Terminologie des klassischen Konditionierens nach Pavlov entspricht der Zuckerwasserreiz dem unconditionierten Stimulus (US), weil er erstens eine angeborene Bedeutung hat (Belohnung für eine hungrige Biene) und als Verstärker bei der Duft-Zuckerwasserpaarung wirkt und weil er zweitens eine angeborene (unbedingte) Reaktion (UR) auslöst, nämlich die PER. Der Duft entspricht dem konditionierten oder besser zu konditionierenden Stimulus (CS). Als neutraler Stimulus löst er vor der Konditionierung keine offensichtliche Reaktion aus. Er ist allerdings nicht neutral hinsichtlich der Bildung einer Assoziation mit einem bestimmten US, denn Tiere sind in vielfältiger Weise artspezifisch auf CS-US-Assoziationen vorbereitet. Bienen sind im Kontext der Nahrungssuche spezifisch auf die Assoziation Duft und US vorbereitet. Nach der Paarung von CS und US löst der CS allein die PER aus, die nun konditionierte Reaktion (CR).



Schema Klassisches Konditionieren

Art und Stärke der Reize, die zeitliche Abfolge der Reize in einem Lernakt sowie das Reizmuster können in einem PER-Lernexperiment genau festgelegt und kontrolliert werden. Die PER-Konditionierung ermöglicht es den Forschern daher zu erkunden, nach welchen Regeln assoziativ gelernt wird. Solche Lernregeln stellen sich als weitgehend gültige Regeln heraus, die auch bei anderen Tieren und dem Menschen und für viele verschiedene Lernvorgänge gelten.

Duftlernen der Honigbiene mit der Rüsselreflex-Konditionierung Experiment zur differentiellen Konditionierung

Dieser Versuch beschäftigt sich mit dem Duftlernen einer Honigbiene.

Lernziele:

- Die Rüsselreflex-Konditionierung der Honigbiene als eine Methode der experimentellen Lernforschung kennenlernen.
- Die differentielle Konditionierung als eine charakteristische Lernregel assoziativen Lernens kennenlernen.
- Einführung in das wissenschaftliche Experimentieren in der Lernforschung (z.B. Experimentdesign und Einführung in die Auswertung wissenschaftlicher Experimente)

Was Schüler bereits kennen sollten:

- Die Methode des klassischen Konditionierens nach Pavlov
- Die Terminologie des klassischen Konditionierens: US, UR, CS, CR

Die Bienen werden auf Düfte konditioniert. Nun lernen Bienen manche Düfte sehr gut und schnell, andere Düfte werden weniger gut gelernt. Ein Lerneffekt tritt also vielleicht ein oder bleibt aus, weil in dem Experiment nur ein bestimmter Duft verwendet wird. Man setzt daher verschiedene Düfte ein, die in allen Versuchsgruppen gleich häufig verwendet werden. Im Laborjargon bezeichnet man dies als Duftbalancierung.

Methodik:

Zu Beginn werden die Schüler von Studenten in den Versuchsablauf eingeführt. Anschließend bereitet eine Simulation des Experiments am Computer auf die experimentelle Arbeit im Labor vor. Jedes Experiment muss nach wissenschaftlichen Kriterien nachbereitet, d.h. ausgewertet und die Ergebnisse kritisch diskutiert werden. Dies geschieht ebenfalls mit den Studenten.

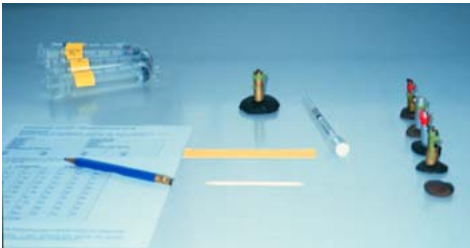


Experiment zur Differentiellen Konditionierung

Material- und Arbeitsplatz-Check

An seinem Arbeitsplatz findet jeder Teilnehmer folgendes Material:

- 6 Bienen, die entsprechend vorbereitet wurden,
- Zuckerwasser (1,25 M) und Zahnstocher,
- 3 Duftspritzen, die je ein Filterpapier mit je 6µl eines Standardduftes enthalten (Heptanal, Nonanon, Limonen),
- Knetgummi,
- Stoppuhr,
- Protokollblatt



Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau ist sehr einfach. Als Experimentierort dient etwas Knetgummi, das auf einem Tisch befestigt wird. Darauf kann das in seinem Röhrchen fixierte Tier gestellt werden. Die Tiere, die gerade nicht behandelt werden, stehen seitlich in einigem Abstand vom Experimentierort. Die Bienen sollten so weit entfernt stehen, daß sie während eines experimentellen Vorgangs keinen Kontakt mit dem ausströmenden Duft haben. Die Duftspritzen werden weit entfernt von den Tieren abgelegt. Es muß auf jeden Fall dafür gesorgt werden, daß die Tiere nicht dauernd einer mit Duft angereicherten Luft ausgesetzt sind. Auf dem Protokollblatt sollte vermerkt werden, welche Farbe welchem Duft zugeordnet ist. Sollten während des Versuches Verwechslungen auftreten, werden die betroffenen Tiere nicht in die Auswertung einbezogen.

Auswertung

Statistische Auswertung:

- Warum ist eine statistische Analyse der Daten notwendig?
- Welches sind die kritischen Daten, die sich vergleichen lassen?
- Welche statistischen Tests eignen sich für die Analyse der kritischen Daten?

Die prozentualen Häufigkeiten bestimmter Reaktionen sagen noch nichts darüber aus, ob es sich dabei um ein zufälliges Ergebnis handelt oder ob der Unterschied auch statistisch signifikant ist. Um dies zu entscheiden, muß eine statistische Analyse der Daten vorgenommen werden. In diesem Fall wird der Mc Nemar-Test angewendet. Hierbei werden zwei Werte verglichen aus denen mit einer Formel eine Zahl berechnet wird. Ist diese größer als ein bestimmter Grenzwert, so ist das Versuchsergebnis aussagekräftig.