

In der Häufigkeit des spontanen Lockens unterscheiden sich taube Vögel nicht von hörenden; sowie allerdings ein lockender Dompfaff aus der Ferne Antwort vernimmt, steigt seine Ruffreudigkeit. Wir verhörten von Artgenossen akustisch isolierte Dompfaffen am frühen Morgen nach dem Erwachen. Wie Tabelle II zeigt, ist die spontane Lautproduktion zwischen Hörenden und Gehörlosen praktisch gleich.

Tabelle II

Spontane Lautäusserungen (Rufe/h) von hörenden (5 Vt.) und tauben (6 Vt.) Dompfaffen

| | Hörend | Taub |
|------------------------------|--------|------|
| Lockruf | 5,8 | 5,9 |
| Stimmföhlungs-laut | 17 | 13 |

Innerhalb des sozialen Verbandes stellt sich bei Gimpeln eine lineare Rangordnung ein, wie gelegentliche Freilandbeobachtungen und die Untersuchung der Vögel in den Volieren zeigten. Mit Drohlauten und -gesten⁴ verteidigt ein Spitzenvogel seinen Platz am Futternapf oder auf der Sitzstange. Dabei stehen die ♀♀ in der Hackordnung über den ♂♂. Schon früher stellte SCHWARTZKOPFF fest², dass gehörlose Dompfaffen in der Rangordnung keine Sonderstellung einnehmen. Dies wird an den jetzt untersuchten Vögeln bestätigt (Tab. III).

Tabelle III

Hackordnungen in verschiedenen Trupps (Volieren-Populationen) von hörenden (♂, ♀) und gehörlosen (♂, ♀) Dompfaffen.

| Voliere: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|
| 1. | ♂ | ♂ | ♂ | ♂ | ♂ |
| 2. | ♀ | ♀ | ♀ | ♀ | ♀ |
| 3. | ♂ | ♂ | ♂ | ♂ | ♂ |
| 4. | ♂ | ♂ | ♂ | ♂ | ♂ |

Interessanterweise kam es zweimal zu heftigen Rangordnungskämpfen, als überfärbte ♀♀ einem Trupp zugeworfen wurden; auch die sonst das Feld räumenden ♂♂ bekämpften die nicht erkennbaren ♀♀ zunächst. Im Endergebnis setzten diese sich aber durch. Hier ist ein deutlicher Hinweis dafür, dass die Einordnung in den sozialen Verband nicht nur durch die von den einzelnen Gliedern ausgehenden Signale, sondern auch durch die «eigene Meinung» eines Individuums über seine Stellung bestimmt wird.

Besondere Mühe haben wir darauf verwandt, die stimmungübertragende Wirkung von akustischen und optischen Warn- und Schrecksignalen zu prüfen. Gelegenheitsbeobachtungen aus komplexen Situationen liessen sich unter kontrollierten Bedingungen nicht reproduzieren. Auch KRAMER und v. St. PAUL⁵ hatten Schwierigkeiten, Schreckreaktionen von Gimpeln zu erzielen. Es scheint, dass mit Sicherheit ein Schwarm nur durch den Schreckstart eines Artgenossen (optisch) in die Flucht gerissen wird. Akustische Signale allein hatten in der Mehrzahl unserer Versuche keine nachweisbare Wirkung.

Diskussion. Trotz Angleichung unserer Untersuchungsbedingungen an die natürlichen Lebensverhältnisse des Dompfaffen werden sich nicht alle Zweifel hinsichtlich der Verallgemeinerung der Befunde ausräumen lassen.

Wenn zum Beispiel auch gehörlose Vögel von der Balz bis zum Ausbrüten der Jungen die arttypischen Instinkthandlungen ohne wesentliche Störungen vollziehen, so können hier ebensowohl die räumliche Umgrenzung durch die Voliere, die der Paarbildung günstig ist, wie «doppelte Sicherung» durch angeborene auslösende Mechanismen⁶ über verschiedene Sinne mitspielen. Sicher ist, dass die Bereitschaft der Eltern, ihre Brut zu hüten und zu füttern, erlischt, wenn die betreffenden Instinkthandlungen nicht durch akustische Signale von den Jungen ständig neu ausgelöst werden. Zur Zeit der Schwarmbildung wird ein versprengter Vogel rein akustisch angelockt. Die Produktion der artigenen Laute bedarf aber nicht der Kontrolle durch das Gehör. Soziale Funktionen des Schwarms wie Rangordnung und Alarmierung werden überwiegend optisch gesteuert.

R. HÜCHTKER und J. SCHWARTZKOPFF

Zoologisches Institut der Universität Göttingen, 24. Oktober 1957.

Summary

The behaviour of bullfinches (*Pyrrhula*) after removal of the cochlea is studied. The influence of acoustical and optical stimuli upon the social contacts is compared. Parts of the social behaviour are controlled mainly acoustically, e.g. the attraction of a single bird by a calling fellow. Also the final raising of young birds is not possible without acoustical contacts between parents and offspring. The formation of pairs, however, nest-building, laying of fertilized eggs, and breeding are performed normally by birds without hearing. Also the social order within a group of bullfinches regulates itself without acoustical perception by its members. The alarming behaviour seems to be transferred within a group by optical signals.

⁶ K. LORENZ, Z. Tierpsychol. 5, 235 (1943).

Psilocybin, ein psychotroper Wirkstoff aus dem mexikanischen Rauschpilz *Psilocybe mexicana* Heim

Die Geschichte der mexikanischen Rauschpilze, welche von den eingeborenen Indianern schon in vorkolumbanischer Zeit bei rituellen Zeremonien und von Wahrsagern zur Erlangung hellseherischer Fähigkeiten eingenommen wurden und auch heute noch zu den gleichen Zwecken verwendet werden, bildet Gegenstand einer früheren Publikation des einen von uns¹. Das Ehepaar WASSON hat auf mehreren Expeditionen in die abgelegenen Gebiete Mexikos in den Jahren 1953 bis 1955 den heutigen Gebrauch dieser Pilze studiert und die bei solchen Zeremonien miterlebten halluzinatorischen Zustände eingehend beschrieben². Verschiedene damals gesammelte Pilze, sowie reichliches Pilzmaterial, das der eine von uns anlässlich einer Expedition im Juli/August 1956 zusammen mit R. G. WASSON in die Territorien der Mazateken, Chatinos und Azteken gesammelt hat, erlaubten die Bestimmung und Charakterisierung der wichtigsten, meist neuen Arten dieser Rauschpilze, welche den Gattungen *Psilocybe*

¹ R. HEIM, C. R. Acad. Sci. 242, 965 (1956).

² VALENTINA P. WASSON und R. G. WASSON, *Mushrooms, Russia and History* (Pantheon Books, New York 1957).

⁴ J. NICOLAI, Z. Tierpsychol. 5, 235 (1943).

⁵ G. KRAMER und U. v. St. PAUL, Behaviour 3, 243 (1951).

(mindestens 6 Arten), *Stropharia* (1 Art) und *Conocybe* (1 Art) angehören³.

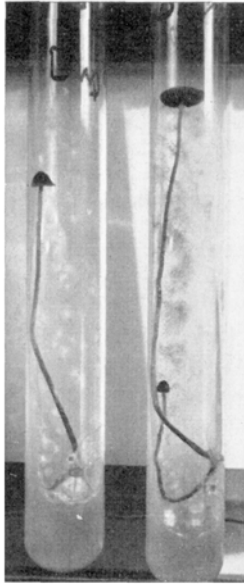


Abb. 1. *Psilocybe mexicana* Heim, Fruchtkörper auf Malzagar (Phot. A. B.)

Es gelang, von einigen dieser Pilzarten im Laboratorium Kulturen anzulegen. Von einer Spezies, nämlich von *Psilocybe mexicana* Heim (siehe Abb. 1), liessen sich grössere Mengen wirksamer Fruchtkörper züchten⁴. Ferner konnten Kulturbedingungen gefunden werden, unter denen diese Spezies *in vitro* Sklerotien bildet, die, wie Selbstversuche zeigten, gleichfalls psychotrop wirksam waren. Die Gewinnung von Sklerotien, welche rationeller zu grösseren Mengen von aktivem Ausgangsmaterial führt, wird andernorts eingehender beschrieben⁵.

Sowohl aus den Fruchtkörpern, als auch aus den Sklerotien von *Psilocybe mexicana* Heim liess sich das gleiche wirksame Prinzip auf die nachstehend beschriebene Weise isolieren, wobei alle Fraktionen durch Selbstversuche getestet wurden.

Der Methanolextrakt des sorgfältig getrockneten, feinstpulverisierten Pilzmaterials wurde zur Entfernung von unwirksamen Begleitstoffen nacheinander mit Petroläther, Chloroform und Chloroform/Alkohol behandelt. Aus dem verbleibenden Rückstand trennte man weitere Ballaststoffe durch Lösen in wenig Wasser und Fällen mit absolutem Alkohol ab. Der Eindampfrückstand des Filtrates wurde an einer Zellose säule unter Verwendung von wassergesättigtem Butanol nach dem Durchlaufverfahren chromatographiert. Nach einem dunkelgefärbten, inaktiven Vorlauf erschienen Fraktionen, die mit Keller-Reagens (eisenchloridhaltiger Eisessig + konzentrierte Schwefelsäure) eine blaue bis violette Farbreaktion gaben. Diese wurden vereinigt und erneut einer sorgfältigen chromatographischen Analyse an Zellosepulver mit wassergesättigtem Butanol unterworfen. Dabei liessen sich zwei getrennte Zonen mit positiver Keller-Reaktion unterscheiden, eine rascher wandernde, mengenmässige

geringe Zone, die eine blaue Färbung gab, sowie eine zweite, durch eine violette Farbreaktion gekennzeichnete Hauptzone.

Die Hauptzone lieferte ein amorphes, in Wasser spielend lösliches, noch halogenhaltiges, hochaktives Pulver. Nach der Behandlung der wässrigen Lösung mit Silberkarbonat und Entsilbern des Filtrates mit Schwefelwasserstoff kristallisierte der Wirkstoff, den wir *Psilocybin* genannt haben, aus der konzentrierten wässrigen Lösung in feinen weissen Nadeln. Ausbeute: zum Beispiel aus getrockneten Fruchtkörpern 0,4%. Nach einmaligem Umkristallisieren aus Wasser, in dem sich der Wirkstoff in 20 Teilen bei Siedehitze löst, oder aus 120 Teilen heissem Methanol, aus dem sich das *Psilocybin* in farblosen Prismen abscheidet, ist die Verbindung analysenrein. In organischen Lösungsmitteln wie Aethanol, Chloroform oder Benzol ist *Psilocybin* praktisch unlöslich. Der Wirkstoff besitzt amphoteren Charakter. Die wässrig-alkoholische Lösung zeigt ein pH = 5,2. In wässrigen Säuren oder Laugen ist *Psilocybin* spielend löslich. In der evakuierten Kapillare schmilzt die HV.-trockene Substanz unscharf zwischen 185–195° (korr.) $\alpha_D^{20} = 0^\circ (\pm 0,02^\circ)$ ($c = 0,5$ in 50prozentigem Methanol, 2-dm-Rohr). Für die Analyse wurde im Hochvakuum bei 100° getrocknet, wobei das Wasser-Kristallisat 25,4%, das Methanol-Kristallisat 10,4% Gewichtsverlust zeigten.

Die Elementaranalyse lieferte folgende Werte: C 49,94; 49,98%. H 6,10; 6,13%. O 16,33%, N 8,65; 8,91%, P 19,68; 19,83%. Diese Analysenzahlen stimmen auf eine Bruttoformel $C_{13}H_{18(20)}O_3N_2P_2$.

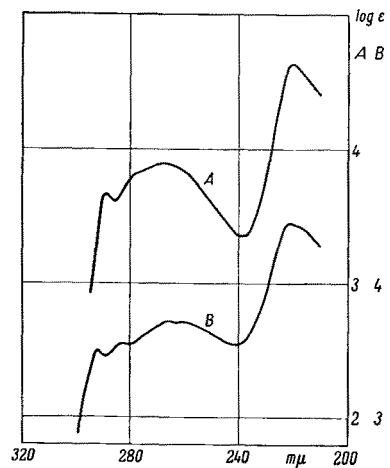


Abb. 2.
A: Psilocybin } in Methanol
B: Psilocin }

Das UV-Spektrum (Abb. 2 A) zeigt Maxima bei 222, 267 und 290 $m\mu$, und besitzt den Charakter eines im Benzolring substituierten Indols. Für den Indolcharakter spricht auch die violette Kellersche Farbreaktion. Im *Psilocybin* scheint somit ein neuartiges, phosphorhaltiges Indolderivat vorzuliegen. Im IR-Spektrum (Abb. 3) fällt vor allem eine Bande bei 2350 cm^{-1} auf, die einer P-H-Schwingung zugeordnet werden könnte.

Aus der rascher wandernden Chromatogrammzone mit positiver Keller-Reaktion liess sich in sehr geringer Ausbeute eine Substanz gewinnen, die zum Unterschied vom *Psilocybin* mit eisenchloridhaltigem Eisessig und konzentriert Schwefelsäure eine rein blaue Färbung gibt, und die wir *Psilocin* genannt haben. *Psilocin* unterscheidet sich auch im UV-Spektrum mit Maxima bei 222, 267, 283 und 293 $m\mu$ (Abb. 2, B) deutlich vom *Psilocybin*. Da

³ R. HEIM, C. R. Acad. Sci. 242, 1389 (1956); 244, 695 (1957); Revue de Mycologie 22, 20, 36 (1957).

⁴ R. HEIM und R. CAILLEUX, C. R. Acad. Sci. 244, 3109 (1957); 245, 597, 1761 (1957).

⁵ R. HEIM, A. BRACK, H. KOBEL, A. HOFMANN und R. CAILLEUX, C. R. Acad. Sci. 247 (3. März 1958, im Druck).

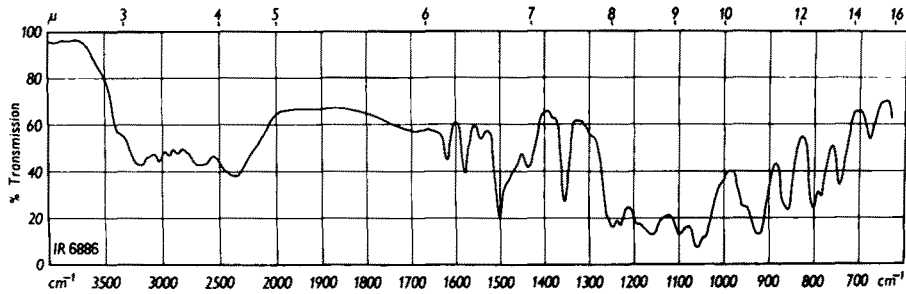


Abb. 3. IR-Spektrum von Psilocybin in KBr.

Psilocin äusserst zersetzlich ist, konnte es bis jetzt nicht zur Analyse gebracht werden.

Psilocybin zeigt bei peroraler Applikation beim Menschen die gleiche psychotrope Wirkung wie der Pilz. Nach der Einnahme von 4 bis 8 mg *Psilocybin* entsteht nach etwa $\frac{3}{4}$ h ein mehrere Stunden andauernder Rauschzustand mit körperlicher Entspannung und ausgesprochenen psychischen Alterationen, der keinerlei Nachwirkungen hinterlässt. Die Symptome variieren individuell und sind zum Teil ähnlich den durch Mezkalin und Lysergsäurediäthylamid (LSD) erzeugten Wirkungen. Damit ist es zum ersten Mal gelungen, aus einem mexikanischen Rauschpilz das wirksame Prinzip in kristallisierter Form zu isolieren und chemisch zu charakterisieren.

Die Analysen wurden im mikroanalytischen Laboratorium SANDOZ (Dr. W. SCHÖNIGER) ausgeführt, die Spektren in der spektralanalytischen Abteilung (Dr. H. G. LEMANN) aufgenommen. Wir danken Herrn H. TSCHERTER für sehr geschickte, experimentelle Mitarbeit.

A. HOFMANN, R. HEIM, A. BRACK
und H. KOBEL

Pharmazeutisch-chemisches Laboratorium SANDOZ, Basel, und Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 17. Februar 1958.

Summary

The active principle of *Psilocybe mexicana* Heim, a Mexican mushroom with hallucinogenic properties, has been isolated in crystalline form. The compound has been given the name *Psilocybin*; it possesses indole characteristics and contains phosphorus. A second substance, closely related to *Psilocybin* but found only in traces, has been called *Psilocin*.

PRO EXPERIMENTIS

Solutions of Potato-Root Diffusate of Low Ion Content

There are two reasons why it is desirable to obtain solutions of root diffusates of very low ionic content: both arise from the demonstration that the hatching factor of the potato-root eelworm (*Heterodera rostochiensis* Wollenweber) possesses cardiotoxic properties and can be assayed by means of a frog heart preparation¹. Firstly, for the heart test, the ionic composition of the

perfusion fluid must be accurately controlled. Secondly, recent work has shown that cardiac glycosides may influence sodium-potassium transport²: if the potato-root eelworm hatching factor works in a similar way, the hatching process should also be sensitive to the ionic background. This we have found to be the case³; as will be shown in full elsewhere, hatching can be increased by CaCl_2 and, although the position is here not quite so clear, decreased by KCl . The standardisation of solutions by the hatching test or by the heart assay can therefore be completely misleading unless the ionic composition is controlled.

Solutions of diffusate containing the potato-root eelworm hatching factor are usually obtained from potato or tomato plants grown in pots; these are 'leached' at varying times with known volumes of water, the same plants being used repeatedly during the period of their active growth. Some workers put the leachings back through the pots twice more in an endeavour to obtain a stronger solution. Since the plants are raised in a medium containing minerals, and since tap water is usually used, it is clear that the solutions will contain appreciable and variable quantities of salts. We have found, leaching with 100 ml lots of distilled water, that the conductivity of the leachings was equivalent to 0.14% NaCl ; and this rose approximately 20% if the leachings were put through the pots twice more. Moreover, these leachings were from plants grown in John Innes seed compost from which the minerals were omitted.

In this laboratory, root diffusates have always been obtained directly from the roots⁴. The plants are lifted, their roots thoroughly washed, and the whole root system then stood in water, usually for 2 h; originally tap water was used, later distilled water. It has always been felt that this method would give a purer product, but, until recently it was not realised that by this method solutions could be obtained virtually ion free. The method has also been used successfully with hosts of other species of *Heterodera*.

In a recent test, the roots of four fully grown plants were thoroughly washed, first in tap water, finally in distilled water. They were immersed, tops still attached, in a litre of ion exchange water equal to triple glass distilled, and placed in a polythene bucket, in a greenhouse. Samples removed at intervals during a 24 h period showed little change from a very low conductivity, the value being equivalent to 0.012% NaCl at the outset,

² H. J. SCHATZMANN, *Helv. physiol. Acta* 11, 346 (1953). - M. WEATHERALL and B. RAYNER, Personal communication. - V. K. JOHNSEN, Personal communication. - J. B. KAHN Jr. and G. H. ACHESON, *J. Pharmacol.* 115, 305 (1955).

³ C. ELLENBY and A. B. GILBERT, Unpublished.

⁴ C. ELLENBY, *Nature* 154, 363 (1944).

¹ C. ELLENBY and A. B. GILBERT, *Nature* 180, 1105 (1957).