

DIE WIRKSTOFFE DER MEXIKANISCHEN ZAUBERDROGE „OLOLIUQUI“¹

Von A. Hofmann

Die drei wichtigsten Zauberdrogen, die schon in den alten indianischen Kulturen Mittelamerikas bei religiösen Zeremonien und medizinischen Praktiken eine große Rolle spielten und die auch heute noch von den Eingeborenen zum gleichen Zweck verwendet werden, sind der „Peyotl“, eine Kaktusart, der „Teonanácatl“, ein Pilz und „Ololiuqui“, die Samen von Windenarten.

Die aktiven Prinzipien des Peyotl (*Anhalonium Lewinii* = *Lophophora Williamsii*), das Mezkalin und verwandte Alkaloide sind schon seit längerer Zeit bekannt. Die chemische Natur der psychisch wirksamen Substanzen des Teonanácatl (Pilze der Gattung *Psilocybe* und *Stropharia*) konnte vor drei Jahren in den SANDOZ-Laboratorien in Basel aufgeklärt werden. Kürzlich ist es nun dort auch gelungen, die Wirkstoffe des Ololiuqui (Samen von *Rivea corymbosa* (L.) Hall. f. und von *Ipomoea violacea* L. in kristallisierter Form zu isolieren und größtenteils chemisch zu identifizieren (Hofmann u. Tschertter 1960, Hofmann u. Cerletti 1961).

Geschichtliches

R. E. Schultes, Botaniker der Harvard Universität, Cambridge, Mass., publizierte 1941 eine ausgezeichnete Studie über das Problem des Ololiuqui, betitelt: „A contribution to our knowledge of *Rivea corymbosa*. The narcotic Ololiuqui of the Aztecs“. Die Monographie behandelt den historischen, ethnographischen und taxonomischen Teil des Ololiuqui-Problems. Die folgenden Angaben über die Geschichte des Ololiuqui, seine botanische Identifizierung und seinen Gebrauch in früheren Zeiten und in unseren Tagen stammen zur Hauptsache aus der erwähnten Monographie von Schultes.

Die ersten Aufzeichnungen über diese Droge finden sich bei den spanischen Chronisten aus dem 16. Jahrhundert, die auch den „Peyotl“ und den „Teonanácatl“ erwähnen. So schreibt der Franziskaner Pater Bernardino de Sahagún in seiner berühmten Chronik, betitelt „Historia General de las Cosas de Nueva España“, über die wunderbaren Wirkungen des Ololiuqui: „Es gibt ein Kraut, genannt coatl xoxouhqui (grüne Schlange), das einen Samen er-

¹ Nach einem Vortrag auf der 9. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Arzneipflanzenforschung am 29. September 1961 in Bad Oeynhausen.

zeugt, der *ololiuqui* heißt. Dieser Same betäubt und verwirrt die Sinne; man gibt ihn als Zaubertrank . . . usw.“

Weitere Kunde von diesen Samen erhalten wir durch Dr. Francisco Hernandez, den Philipp II. von Spanien nach Mexico schickte, um die dortigen Heilmittel der Eingeborenen zu studieren. Im Kapitel „Ueber den *Ololiuqui*“ seines 1651 erschienenen monumentalen Werkes „*Rerum Medicarum Novae Hispaniae Thesaurus seu Plantarum, Animalium, Mineralium Mexicanorum Historia*“ gibt er eine ausführliche Beschreibung und erste Illustration vom *Ololiuqui* (Abb. 1). Ein Auszug aus der Übersetzung des begleitenden Textes lautet: „*Ololiuqui*, den andere *coa-xihuitl* oder Schlangenkraut nennen, ist eine Winde mit dünnen, grünen, herzförmigen Blättern, die Zweige rund, grün und zart, die Blüten weiß, mäßig groß, die Samen fast rund, ähnlich dem Koriander . . . Wenn die Priester der Indianer mit den Göttern verkehren und von ihnen Auskünfte erhalten wollten, aßen sie von dieser Pflanze, um sich zu beerauschen. Tausende von Phantasiegebilden und Dämonen erschienen ihnen . . .“

De OLILIVHQVI, seu planta orbicularium foliorum. Cap. XIV.



OLILIVHQVI, quam *Coaxihuitl*, seu herbam Serpentis alij vocant, volubilis herba est, folia viridia ferens, tenuia, cordis figura. caules teretes, virides, tenuesq;. flores albos, & longiusculos. semen rotundum simile Coriandro, vnde nomen. radices fibris similes. calida quarto ordine planta est. luem Gallicam curat. dolores è frigore ortos fedat. flatum, ac præter naturam tumores discurit. pulvis refina mixtus pellit frigus. luxatis aut fractis ossibus, & lumbis foeminarum laxis, aucto robore mirum auxiliatur in modum. Semen etiam est vsus in medicina, quod tritum, ac deuoratum, illitumq; capiti, & fronti, cum lacte & *Chilli*, fertur morbis oculorum mederi. deuoratum verò, venerem excitat. Acri est sapore, & temperie, veluti & planta eius, impensè calida. Indorum sacrifici cum videri volebant versari cum Superis, ac respõsa accipere ab eis, ea velcebatur planta, vt desiperent, milleq; phantasmarum, & dæmonũ obuersarium effigies circumspicerent. qua in re Solano maniaco Dioscoridis similis forasalle alicui videri possit.

siperent, milleq; phantasmarum, & dæmonũ obuersarium effigies circumspicerent. qua in re Solano maniaco Dioscoridis similis forasalle alicui videri possit.

Abb. 1: Erste Abbildung von *Ololiuqui* (siehe Text)

Trotz dieser verhältnismäßig guten Beschreibung verursachte die botanische Identifizierung von *Ololiuqui* viele Diskussionen in Fachkreisen. M. Urbina bestimmte schließlich *Ololiuqui* als *Rivea corymbosa* Hall. f. (*Ipomoea sidae-*

folia (HBK) Choisy), was später von B. P. Reko und R. E. Schultes bestätigt wurde.

Die Samen von *Rivea corymbosa* werden auch heute noch von gewissen Indianer-Stämmen in den gebirgigen Gegenden Süd-Mexikos im Staate Oaxaca für magische Zwecke verwendet. Es liegen Berichte vor über den heutigen Gebrauch von Ololiuqui sowohl bei verschiedenen Gruppen der Zapoteken als auch bei den Chinanteken, Mazateken und Mixteken. Ololiuqui ist unter verschiedenen volkstümlichen Namen bekannt, wie „Semilla de la Virgen“, „Bador“ oder „Badoh“, „Piule“ usw.

Frühere Untersuchungen

Bis vor kurzem lag nur ein einziger Bericht über die chemische Untersuchung der Samen von *Rivea corymbosa* vor, und zwar vom Pharmakologen C. G. Santesson, Stockholm, aus dem Jahre 1937. Aber es gelang damals nicht, definierte, kristallisierte Verbindungen zu isolieren; gewisse Reaktionen schienen auf das Vorliegen von Gluco-Alkaloiden hinzuweisen. Alkoholische Extrakte bewirkten an Mäusen und Fröschen eine partielle Lähmung des Gehirns, eine Art Narkose oder Halbnarkose.

Isolierung und Identifizierung der Wirkstoffe des Ololiuqui²

Durch Vermittlung von R. Gordon Wasson, der schon bei der Erforschung der mexikanischen Zauberpilze Pionierarbeit geleistet hat, gelangten wir in den Besitz von Original-Ololiuqui. Es waren zwei verschiedene Muster von Ololiuqui-Samen, die von einem zapotekischen Indianer in der Nähe von Oaxaca in Süd-Mexiko gesammelt worden waren (Abb. 2). Das eine Muster bestand aus braunen Samen, die sich bei der botanischen Bestimmung als *Rivea*

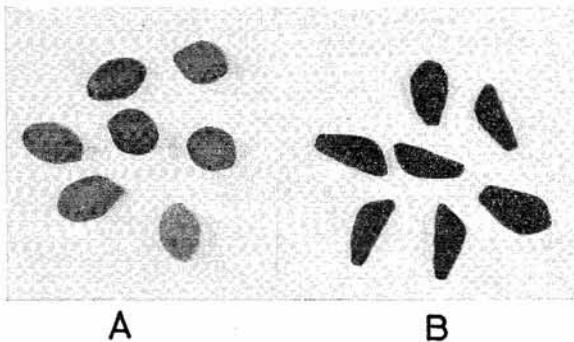


Abb. 2: Samen von A: *Rivea corymbosa* (L.) Hall. f.; B: *Ipomoea violacea* L.

² Der Verfasser dankt Herrn Hans Tschertter für seine hervorragende experimentelle Mitarbeit.

corymbosa (L.) Hall. f. erwiesen. Das zweite, aus schwarzen Samen bestehende Muster war identisch mit *Ipomoea violacea* L. Die braunen Samen heißen in der zapotekischen Sprache „badoh“, die schwarzen Samen „badoh negro“. Aus beiden Samenarten konnten ohne besondere Vorkehrungen die entsprechenden Pflanzen bei uns im Treibhaus gezogen werden (Abb. 3 und 4).



Abb. 3: *Rivea corymbosa* (L.) Hall. f.



Abb. 4: *Ipomoea violacea* L.

Durch Extraktion mit Essigester der feingemahlenden, mit Natriumbicarbonat alkalisch gestellten Samen, Ausschütteln des Essigesterextraktes mit Weinsäure, alkalisch stellen mit Bicarbonat und Ausziehen mit Essigester, erhielten wir eine Alkaloidfraktion, von der 2 mg im Selbstversuch deutlich psychotrop

wirksam waren. In den Samen von *Rivea corymbosa* wurde ein Alkaloidgehalt von 0,01%, in denen von *Ipomoea violacea* von 0,05% festgestellt.

Im Dünnschicht-Chromatogramm (Alox-Schicht, Chloroform + 5% Methanol) ließ sich das Alkaloid-Gemisch aufteilen. Die Substanzen konnten durch Besprühen mit Van Urk-Reagenz und Einbringen in eine HCl-Gas-Atmosphäre sichtbar gemacht werden. Es entstanden blau-violette Flecken (A-F), woraus auf das Vorliegen von Indolalkaloiden geschlossen werden konnte (Abb. 5). Aus den Chromatogrammen ist ersichtlich, daß die beiden Ololiuqui-Arten, die Samen von *Rivea corymbosa* und von *Ipomoea violacea*, ein fast identisches Alkaloid-Gemisch aufweisen. Die Größe und Intensität der Farbflecken gibt ein Maß für das relative Mengenverhältnis der einzelnen Komponenten. Drei der Flecken (A, B und D) zeigten ohne vorheriges Entwickeln mit Indol-Reagenz unter dem UV.-Licht blaue Fluoreszenzfarbe. Durch Kombination von Dünnschicht- und Säulen-Chromatographie gelang es, sechs einheitliche Alkaloide in kristallisierter Form zu fassen. Für die Dünnschicht-Chromatogramme wurden Platten mit Alox und solche mit Silicagel verwendet. Für erstere dienten Chloroform + 5% Methanol, für letztere Chloroform + 30% Methanol als Fließmittel. Für die Säulen bewährte sich Alox (Aktivität V) mit Chloroform + 10% Methanol als Lösungsmittel. Bis jetzt konnten fünf der sechs kristallisierten Komponenten, entsprechend den Flecken A-D, identifiziert werden. Der Flecken D ließ sich in zwei Alkaloide aufteilen.

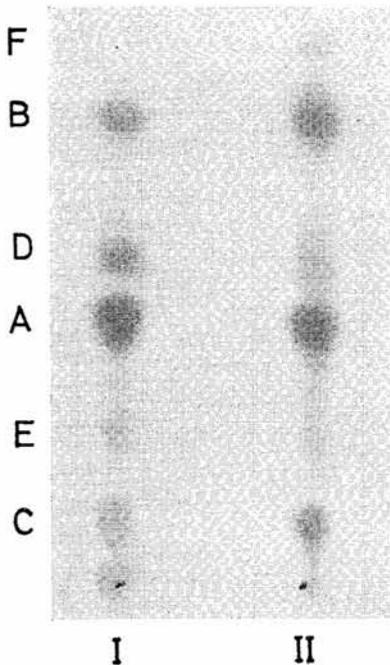


Abb. 5: Dünnschicht-Chromatogramm (Alox, CHCl_3 + 5% Methanol) der Alkaloidgemische, je ca. 25 γ von *Rivea corymbosa* (I) und *Ipomoea violacea* (II).

Substanz A: Dieses Alkaloid wurde zuerst aus Alkohol, dann aus Methanol umkristallisiert; kristalllösungsmittelfreie Prismen. Smp. 232–240° (korr.) unter Zersetzung $[\alpha]_D^{20} = +11^\circ$ ($c = 0,5$ in Pyridin). Die Werte der Elementaranalyse (Hofmann u. Tschertter 1960) stimmten auf die Brutto-Formel $C_{16}H_{17}ON_3$. UV.-Spektrum (s. Abb. 6). Farbreaktionen nach Keller und nach Van Urk-Smith: violett-blau.

Alle diese Daten stimmen auf d-Lysergsäure-amid (Formel Ia), welches erstmals als Spaltprodukt bei der alkalischen Hydrolyse von Mutterkornalkaloiden (Smith u. Timmis 1936) und neuestens auch aus Kulturen des Mutterkornpilzes *Claviceps paspali* Stevens and Hall, der vom Wildgras *Paspalum distichum* stammte (Arcamone u. Mitarb. 1960), gewonnen wurde. Die Identität wurde durch übereinstimmende IR.-Spektren (Abb. 7) bestätigt.

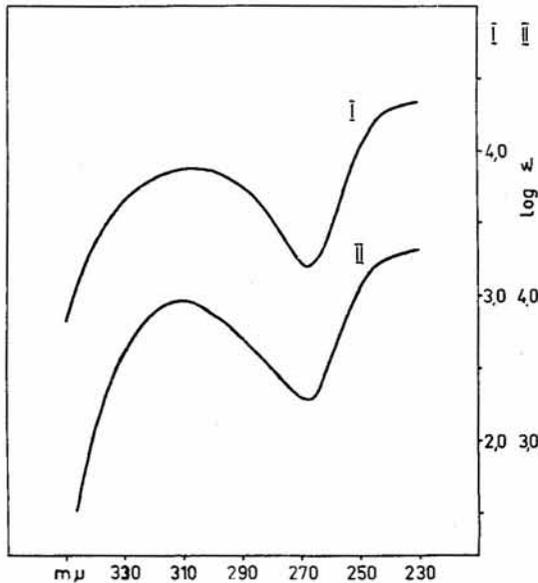


Abb. 6: UV.-Spektren (in Methanol) von I = Substanz A (d-Lysergsäure-amid) und Substanz B (d-Isolysergsäure-amid) II = d-Lysergsäure und d-Isolysergsäure

Substanz B: Diese Fraktion kristallisierte leicht aus Methanol in massiven, kristalllösungsmittelhaltigen Prismen. Smp. 136° (korr.) $[\alpha]_D^{20} = +483^\circ$ ($c = 0,3$ in Pyridin). Nach dem Trocknen im HV bei 120° entsprachen die Analysenwerte der Formel $C_{16}H_{17}ON_3$ (Hofmann u. Tschertter 1960). Das UV.-Spektrum (Abb. 6) war identisch mit dem der Lysergsäure und Isolysergsäure. Auch die Farbreaktionen nach Keller und Van Urk-Smith stimmten mit denen der Lysergsäure und ihren Derivaten überein. Nach diesen Daten mußte Substanz B mit d-Isolysergsäure-amid identisch sein, was durch den Vergleich der IR.-Spektren (Abb. 8) bestätigt wurde.

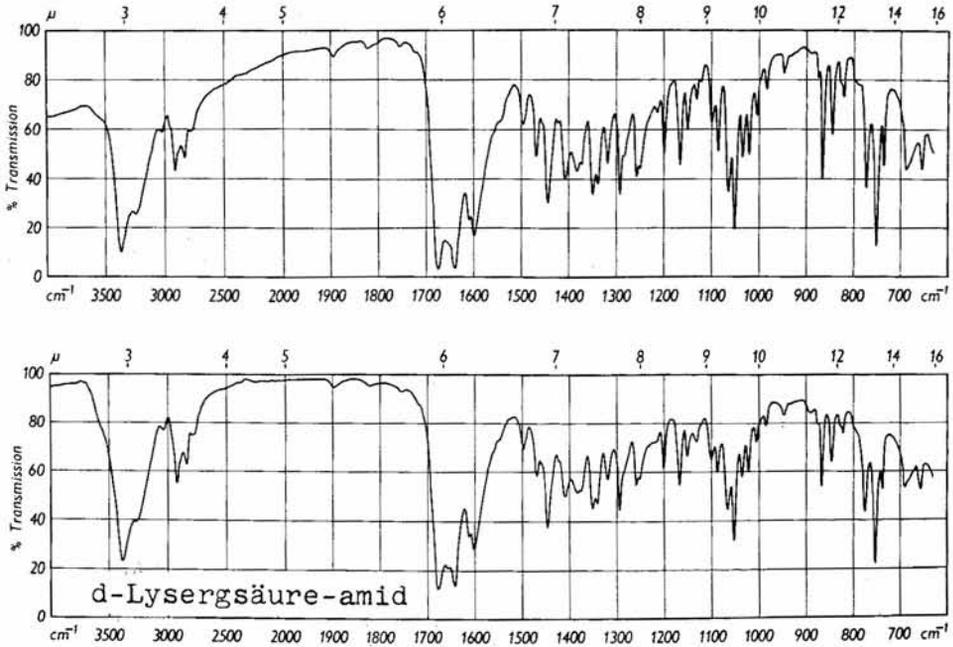


Abb. 7: IR.-Spektren (in KBr), oben: Substanz A, unten: d-Lysergsäure-amid

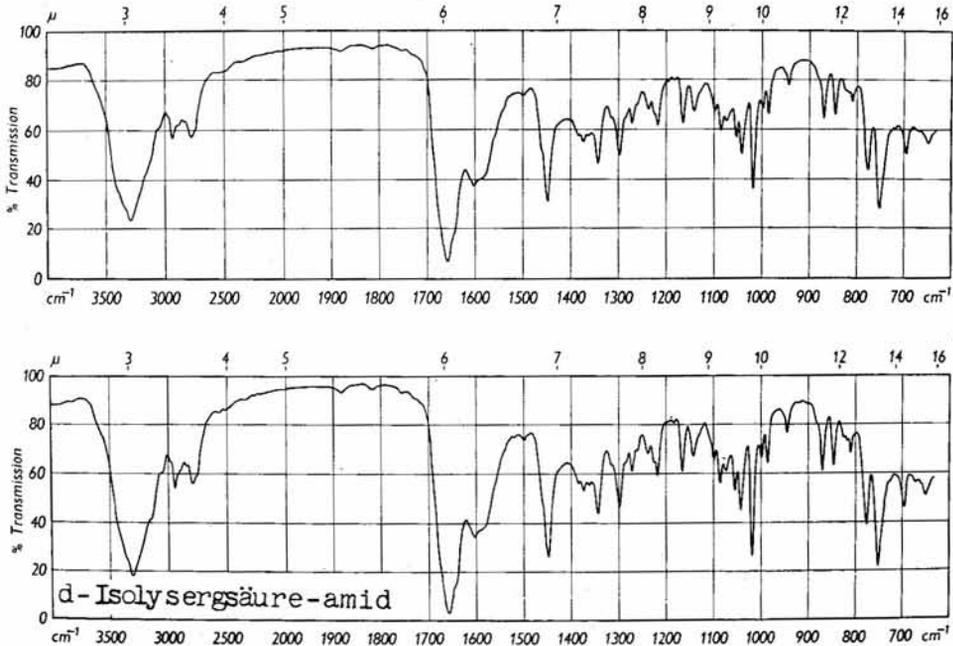


Abb. 8: IR.-Spektren (in KBr), oben: Substanz B, unten: d-Isolysergsäure-amid

d-Isolysergsäure-amid (Formel II) ist zum erstenmal bei der alkalischen Hydrolyse von Mutterkornalkaloiden erhalten worden (Smith u. Timmis 1932) und ist als natürliches Alkaloid ebenfalls im Mutterkorn des *Paspalum-Grases* enthalten (Arcamone u. Mitarb. 1960).

Substanz C: Diese Verbindung konnte aus Aceton umkristallisiert werden, woraus kristalllösungsmittelfreie Polyeder vom Smp. 213–215° (korr.) Zers. erhalten wurden; das UV.-Spektrum zeigte die charakteristischen Banden des Indols und der Dihydro-lysergsäure (Abb. 9). Diese Daten deuteten auf Identität mit Chanoclavin, was sich durch den Vergleich der IR.-Spektren von Substanz C und authentischem Chanoclavin aus Mutterkorn-Kulturen sichern ließ (Abb. 10). Chanoclavin (Formel III) wurde vor einigen Jahren aus saprophytischen Kulturen des Mutterkornpilzes der tropischen Kolbenhirse *Pennisetum typhoideum* isoliert und strukturell aufgeklärt (Hofmann u. Mitarb. 1957).

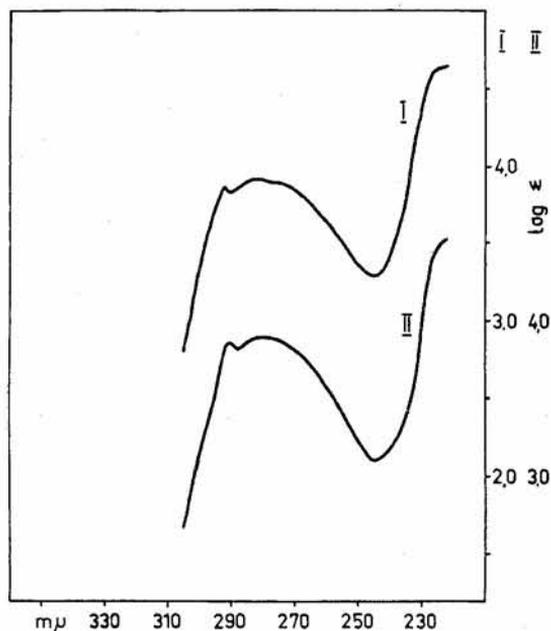


Abb. 9: UV.-Spektrum (in Methanol)
I von Substanz C, II von Dihydro-d-lysergsäure

Substanz D: Die Fraktion, die im Dünnschicht-Chromatogramm (Abb. 5) mit D bezeichnet ist, bestand aus zwei Alkaloiden und zeigte beim Alkaloidgemisch aus *Rivea corymbosa* und *Ipomoea violacea* eine unterschiedliche Zusammensetzung.

Das Substanzgemisch D aus *Rivea corymbosa* ließ sich weder auf Silicagel- noch Alox-Dünnschichtplatten sauber auftrennen. Es lagen zwei sehr nah verwandte Verbindungen vor, von denen nur die eine im UV.-Licht blau fluoreszierte, also das Ringsystem der Lysergsäure aufwies. Zur Vergrößerung des

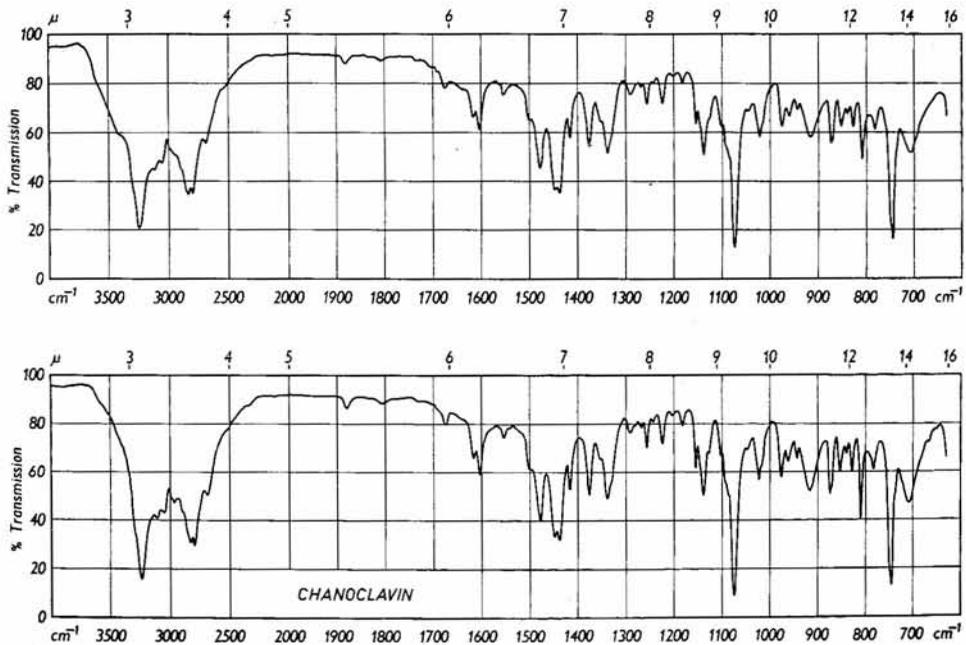


Abb. 10: IR.-Spektren (in KBr), oben: Substanz C, unten: Chanoclavin

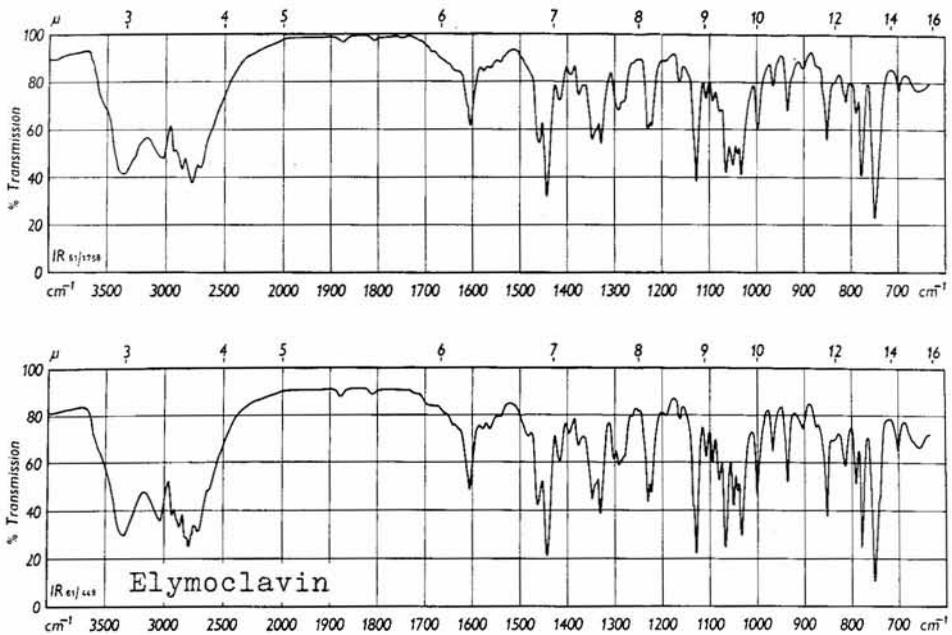
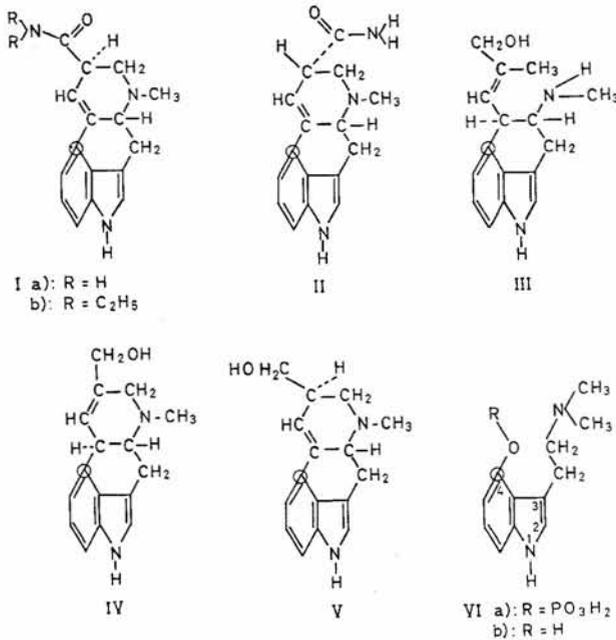


Abb. 11: IR.-Spektren (in KBr), oben: Alkaloid aus Substanzgemisch D, unten: Elymoclavin

Unterschiedes in den physikalisch-chemischen Eigenschaften der beiden schwer trennbaren Komponenten wurde das Gemisch in weinsaurer Lösung mit UV.-Licht bestrahlt. Dadurch werden Lysergsäurederivate spezifisch in sogenannte „Lumi“-Verbindungen übergeführt, in denen die Doppelbindung in der 9,10-Stellung durch Anlagerung von Wasser aufgehoben ist (Stoll u. Schlientz 1955). Nach dieser Operation ließen sich die beiden Substanzen, von denen die fluoreszierende Wasser angelagert hatte, auf der Alox-Dünnschichtplatte leicht trennen. Die „Lumi“-Verbindung blieb mit Chloroform + 5% Methanol am Startpunkt haften, während die unveränderte D-Komponente, wie aus Abb. 5 ersichtlich ist, wanderte. Durch präparative Dünnschichtchromatographie (linienförmiges Auftragen der Substanz und Verwendung einer größeren Anzahl Platten) ließen sich von beiden Komponenten einige mg in kristallisierter Form gewinnen. Da die Menge für die Elementaranalyse nicht ausreichte, wurden die Verbindungen durch Vergleich mit bekannten Mutterkorn-Substanzen anhand der Smp., der Rf-Werte und vor allem der IR.-Spektren einwandfrei identifiziert.



Die nicht fluoreszierende D-Komponente schied sich aus Methanol in Kristallen vom Smp. 237–239° (Zers.) ab und erwies sich in allen Eigenschaften, insbesondere im IR.-Spektrum (Abb. 11), identisch mit Elymoclavin (Formel IV). Elymoclavin wurde erstmals aus Mutterkorn des Wildgrases *Elymus mollis* Trin. isoliert (Abe u. Mitarb. 1955).

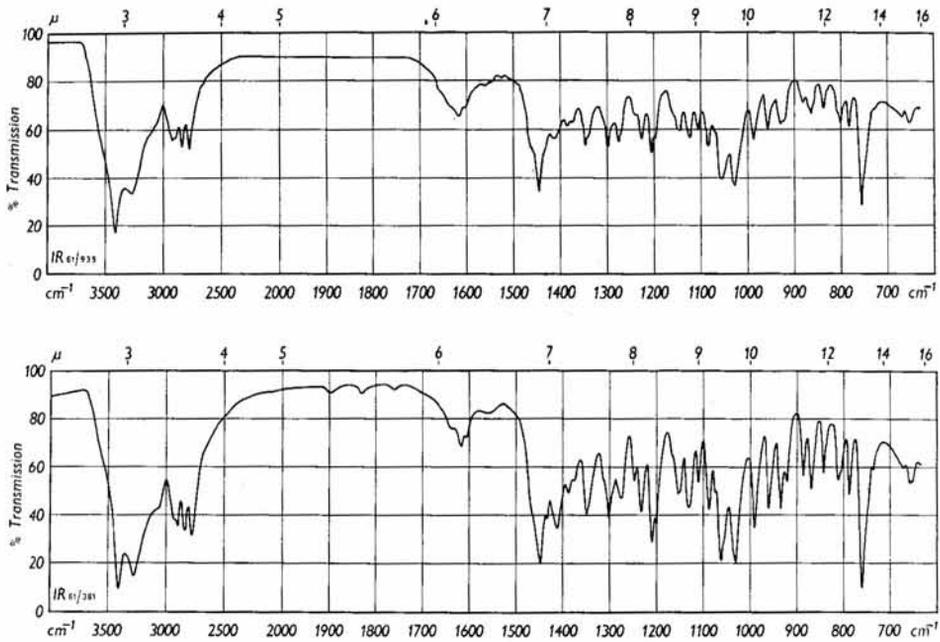


Abb. 12: IR.-Spektren (in KBr), oben: Lumi-lysergol aus Substanz D, unten synthetisches Lumi-lysergol

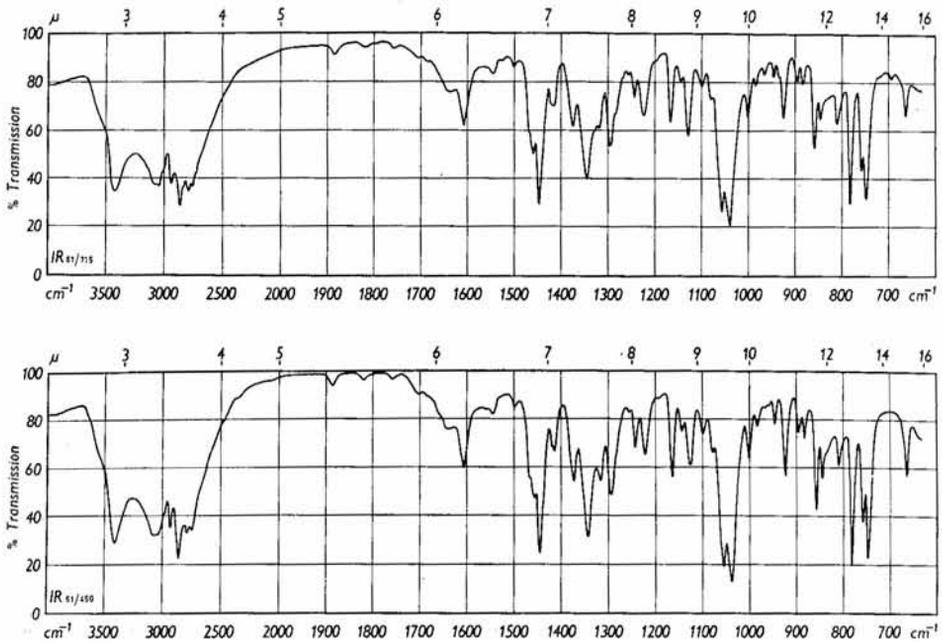


Abb. 13: IR.-Spektren (in KBr), oben: Lysergol aus Substanz D, unten: synthetisches Lysergol

Die ursprünglich im UV.-Licht fluoreszierende, lumifizierte Substanz kristallisierte aus Methanol in Prismen vom Smp. 270° (Zers.) und erwies sich identisch mit Lumi-lysergol (vgl. IR.-Spektren, Abb. 12).

Nachdem aus der Entstehung von Lumi-lysergol das Vorliegen von Lysergol abgeleitet worden war, ließ es sich auch als solches durch fraktionierte Kristallisation aus dem Substanzgemisch D abtrennen. Aus Methanol Prismen vom Smp. 246° (Zers.). Die Identität mit authentischem Lysergol ließ sich durch Vergleich der IR.-Spektren (Abb. 13) sichern.

Lysergol (Formel V) wurde seinerzeit in unserem Laboratorium durch LiAlH_4 -Reduktion von d-Lysergsäure-methylester hergestellt (Stoll, Hofmann u. Schlientz 1949). Kürzlich ist Lysergol auch in saprophytischen Kulturen von Mutterkornstämmen aufgefunden worden (Yamatodani 1960).

Das Substanzgemisch, entsprechend dem Flecken D aus *Ipomoea violacea*, ließ sich durch mehrfaches Chromatographieren an Alox-Dünnschichtplatten ebenfalls in zwei einheitliche Komponenten zerlegen. Die eine Substanz war identisch mit Elymoclavin, das auch in den Rivea-Samen festgestellt wurde. Das andere, ebenfalls nur in wenigen mg. erhaltene Alkaloid, konnte bis jetzt nicht identifiziert werden.

Das Vorkommen von Mutterkornalkaloiden in der aztekischen Zauberdroge Ololiuqui, also in höheren Pflanzen aus der Familie der Windengewächse (Convolvulaceae), stellt einen phytochemisch überraschenden Befund dar, denn bis heute sind solche Alkaloide nur in niederen Pilzen der Gattung *Claviceps*, allerneuestens auch der Gattungen *Aspergillus* und *Rhizopus* (Spilsbury u. Wilkinson 1961), aufgefunden worden.

Stellung der Ololiuqui-Wirkstoffe innerhalb der Gruppe der bekannten Psychotomimetica

Als Psychotomimetica (Phantastica, Halluzinogene) werden Substanzen bezeichnet, die in spezifischer Weise tiefgreifende psychische Veränderungen und bei höherer Dosierung auch Halluzinationen hervorrufen. Bis heute sind verhältnismäßig wenige solcher Stoffe aufgefunden worden³. Die bekanntesten sind das Mezkalin (Trimethoxyphenyl-äthylamin) aus der mexikanischen Zauberdroge „Peyotl“, die Wirkstoffe des Haschisch (hauptsächlich isomere Tetrahydrocannabinole), das Psilocybin (Formel VIa) und das Psilocin (Formel VIb) aus mexikanischen Zauberpilzen und das halbsynthetische d-Lysergsäure-diäthylamid (Formel Ib).

Die Ololiuqui-Wirkstoffe mit den Hauptkomponenten d-Lysergsäure-amid

³ Vgl. die Übersicht: „Psychotomimetica. Chemische, pharmakologische und medizinische Aspekte.“ Hofmann A., Svensk Kemisk Tidskrift **72**, 12 (1960).

und d-Isolysergsäure-amid stellen also innerhalb der Gruppe der Psychotomimetica keinen neuen Strukturtyp dar. Die psychotomimetische Wirksamkeit von Lysergsäure-amiden ist bekannt seit die ganz außerordentlich hohe Aktivität des partialsynthetisch hergestellten d-Lysergsäure-diäthylamids auf die menschliche Psyche im gleichen Laboratorium entdeckt wurde³, in dem jetzt die Ololiuqui-Wirkstoffe isoliert worden sind. Das d-Lysergsäure-diäthylamid, das unter der Bezeichnung LSD 25 (Markenname „Delysid“[®]SANDOZ) in der experimentellen Psychiatrie und neuerdings auch als medikamentöses Hilfsmittel in der Psychotherapie Bedeutung erlangt hat, bewirkt bereits in Dosen von 0,025–0,075 mg peroral beim Menschen in spezifischer Weise tiefgreifende psychische Veränderungen.

Im Laufe der Untersuchungen, die sich an die Entdeckung des LSD 25 anschlossen, wurde in den SANDOZ-Laboratorien unter einer großen Zahl von Abwandlungsprodukten dieses bisher bei weitem wirksamsten Psychotomimetiums auch das d-Lysergsäure-amid, das nun als einer der Hauptwirkstoffe des Ololiuqui aufgefunden wurde, hergestellt und pharmakologisch sowie am Menschen geprüft. Schon damals stellte man eine psychotomimetische Wirksamkeit mit einer ausgeprägt narkotischen Komponente fest, was sich nachher im Rahmen einer systematischen Untersuchung von H. Solms (1956) bestätigten ließ.

Bemerkenswert ist die chemisch strukturelle Verwandtschaft zwischen den Ololiuqui-Wirkstoffen und den psychotropen Prinzipien der anderen mexikanischen Zauberdroge, des Teonanácatl. Psilocybin und Psilocin, die Wirkstoffe des heiligen Pilzes Teonanácatl, sind nicht nur ebenfalls Indolderivate, sondern sie weisen ein strukturelles Merkmal auf, das bisher nur in Lysergsäure-Derivaten, also in den Mutterkorn- und Ololiuqui-Alkaloiden aufgefunden wurde, nämlich die Substitution in der 4-Stellung des Indolsystems. Auf einen möglichen Zusammenhang dieses strukturellen Merkmals mit der spezifischen psychotomimetischen Wirksamkeit dieser Alkaloide wurde schon früher hingewiesen (Hofmann u. Mitarb. 1959).

Zusammenfassung

Ololiuqui ist der Name einer alten aztekischen Zauberdroge, welche heute noch in Mexiko verwendet wird. Es handelt sich um die Samen der Convolvulaceen *Rivea corymbosa* und *Ipomoea violacea*. Es gelang daraus die Wirkstoffe zu isolieren und größtenteils zu identifizieren.

Die Hauptkomponenten sind d-Lysergsäure-amid (Formel I) und d-Isolysergsäure-amid (Formel II). Als weitere Komponenten wurden Chanoclavine (Formel III), ferner in kleinen Mengen Elymoclavine (Formel IV) und Lysergol (Formel V) isoliert.

Die Entdeckung von Mutterkornalkaloiden, die bisher nur in niederen Pilzen der Gattung *Claviceps* aufgefunden wurden, in Angiospermen aus der Familie der Convolvulaceen, ist ein phytochemisch interessanter Befund.

Summary

The mexican crude drug Ololiuqui consists of the seeds of *Rivea corymbosa* and *Ipomoea violacea*. The active principles of these convolvulaceous seeds were isolated and identified. The main active constituents are the amides of d-lysergic acid (formule I) and d-isolysergic acid (formule II). Chanoclavine (formule III) and small amounts of elymoclavine (formule V) were isolated too.

These compounds were known hitherto only as metabolic products of the genus *Claviceps* (*Ascomycetae*).

Literatur

- Abe, M., Yamano, T., Kozu, Y. u. Kusumoto, M.: J. Agr. Chem. Soc. Japan, **29**, 364 (1955)
- Arcamone, F., Bonino, C., Chain, E. B., Ferretti, A., Penella, P., Tonolo, A. u. Vero, L.: Nature **187**, 238 (1960)
- Hofmann, A., Brunner, R., Kobel, H. u. Brack, A.: Helv. Chim. Acta **40**, 1358 (1957)
- Hofmann, A. u. Cerletti, A.: „Die Wirkstoffe der dritten aztekischen Zauberdroge“, Deutsche Med. Wschr. **86**, 885 (1961)
- Hofmann, A., Heim, R., Brack, A., Kobel, H., Frey, A., Ott, H., Petrzilka, Th. u. Troxler, F.: Helv. Chim. Acta **42**, 1557 (1959)
- Vorläufige Mitteilung Hofmann, A. u. Tschertter, H., Experientia **16**, 414 (1960)
- Santesson, C. G.: „Notiz über Piule, eine mexikanische Rauschdroge“, Ethnol. Stud. **4**, 1 (1937), Gothenburg; Arch. Pharm. und Ber. Deutsch. Pharm. Ges. **1937**, 532
- Schultes, R. E.: Botanical Museum of Harvard University (Cambridge, Massachusetts, 1941)
- Smith, S. u. Timmis, G. M.: J. Chem. Soc. **1932**, 764
- Smith, S. u. Timmis, G. M.: J. Chem. Soc. **1936**, 1440
- Solms, H.: Praxis **45**, 746 (1956); J. of Clinical and Experimental Psychopathology and Quarterly Rev. of Psychiatry and Neurology **17**, 424 (1956)
- Spilsbury, J. E. u. Wilkinson, S.: J. Chem. Soc. **1961**, 2085
- Stoll, A., Hofmann, A. u. Schlientz, W.: Helv. Chim. Acta **32**, 1947 (1949)
- Stoll, A. u. Schlientz, W.: Helv. Chim. Acta **38**, 585 (1955)
- Yamatodani, S.: Annual Reports of the Takeda Res. Lab. **19**, 1 (1960)

Anschriß des Verf.: Dr. A. Hofmann, Sandoz AG, Basel