

Messbar vor erklärbar

Hofmanns Ololiuqui-Befund als frühester chemischer Nachweis einer Pflanzen-Pilz-Symbiose

Kennung: FORSCH-PROV0462 (vorläufig) · **Slug:** ololiuqui-symbiose · **Fassung:** v1.0 · **Stand:** 2026-10-14 **Autor:** Thomas Schüller, Syntagma Forschung, Wien · ORCID 0009-0003-9799-6747 **Lizenz:** CC BY 4.0 **Querverweise:** isPartOf FORSCH-0331 (albert-hofmann-fachbuch) · isDerivedFrom FORSCH-0083

Kurzfassung

Zwischen 1960 und 1963 wies Albert Hofmann Lysergsäureamide in den Samen mexikanischer Windengewächse nach. Der Befund widersprach der Annahme, dass Ergoline Produkte von Pilzen der Clavicipitaceae sind, und wurde über Jahrzehnte als Fall chemischer Konvergenz im Sekundärstoffwechsel geführt. Zwischen 2004 und 2011 zeigte sich, dass die Alkaloide von epibiontischen Pilzen der neu beschriebenen Gattung *Periglandula* stammen, die auf der Blattoberseite der Wirtspflanzen leben.

Dieses Papier argumentiert, dass Hofmanns Messung damit rückwirkend den Status eines Symbiose-Nachweises erhält — des frühesten chemischen überhaupt in diesem System. Die Analytik war korrekt, die Zuordnung des Produzenten systematisch falsch. Daraus folgt eine wissenschaftstheoretische Beobachtung: Messbarkeit und Erklärbarkeit können um Jahrzehnte auseinanderliegen, und die Lücke ist kein Fehler des Messenden, sondern ein Zustand des Disziplingefüges.

1. Der Befund

Nach der Publizierung der mazatekischen Pilzrituale richtete sich die Aufmerksamkeit auch auf andere in der mexikanischen Überlieferung genannte Pflanzen. Ololiuqui — Samen von *Rivea corymbosa*, heute meist als *Turbina corymbosa* geführt — und Badoh negro (*Ipomoea violacea*) waren seit den frühen kolonialen Quellen als rituell gebrauchte Mittel beschrieben.

Hofmann untersuchte das Material bei Sandoz und fand Lysergsäureamid (Ergin) sowie verwandte Verbindungen. Die zusammenfassende Darstellung erschien als „Die Zauberdroge «Ololiuqui»“ in *Planta Medica* 9 (1963) 354–367. [G]

2. Warum der Befund anomal war

Die Ergoline waren zu diesem Zeitpunkt gut charakterisiert — Hofmann selbst hatte an dieser Charakterisierung wesentlichen Anteil. Sie galten als Produkte der Clavicipitaceae, also von Schlauchpilzen, bekannt vor allem aus *Claviceps purpurea* auf Gräsern.

Hofmann fand sie in Convolvulaceen: in zweikeimblättrigen Blütenpflanzen, von den Gräsern durch die gesamte Breite der Angiospermen-Phylogenie getrennt, und von Pilzen durch die Trennung der Reiche.

Die Regel, gegen die dieser Befund verstieß, ist eine Arbeitsregel der Naturstoffchemie: Identische oder strukturverwandte Sekundärstoffe treten in Organismen mit gemeinsamer Evolutionsgeschichte auf. [G] Die disjunkte Verteilung der Ergoline über zwei nicht verwandte Taxa — Clavicipitaceae und Convolvulaceae — widersprach dieser Regel direkt.

3. Die Hilfhypothese

Die Fachliteratur reagierte mit der Annahme chemischer Konvergenz: Zwei nicht verwandte Linien hätten denselben komplexen Stoffwechselweg unabhängig voneinander entwickelt. Kurt Mothes hat dieses Problem ausdrücklich unter dieser Überschrift behandelt. [G]

Die Annahme ist nicht absurd, aber teuer. Die Ergolin-Biosynthese ist mehrstufig und enzymatisch aufwendig; eine unabhängige Zweitentstehung des gesamten Weges ist unwahrscheinlich. Die Hypothese hielt sich, weil keine bessere vorlag — ein Lehrbuchfall für eine Hilfsannahme, die ein Anomalieproblem verwaltet, statt es zu lösen.

Erschwerend kam hinzu, dass die Befunde in den Convolvulaceen nicht einheitlich waren. Aus der Familie sind alle drei großen Ergolin-Typen berichtet — Clavine, Lysergsäureamide und Ergopeptine —, dazu für die Gruppe eigentümliche Verbindungen wie Cycloclavin aus *Ipomoea hildebrandtii*. [G] Alle Meldungen stammen aus der artenreichen Tribus Ipomoeae und zeigen kein klares phylogenetisches Muster. [G] Ein Merkmal ohne phylogenetisches Muster ist ein Hinweis darauf, dass es nicht der Phylogenie des untersuchten Organismus folgt.

4. Die Auflösung 2004–2011

2004 — Fungizid-Experiment. Kucht und Mitarbeiter behandelten *Ipomoea asarifolia* mit zwei Fungiziden. Die Ergolinalkaloide verschwanden, das ätherische Öl der Pflanze blieb erhalten. Gleichzeitig mit dem Alkaloidverlust verschwanden Pilzhypphen, die mit Sekretdrüsen der Blattoberseite assoziiert waren. [G] Der Schluss: Die Akkumulation der Ergoline in Convolvulaceen hängt von einem pflanzenassoziierten Pilz ab.

Das Design dieses Experiments ist bemerkenswert sparsam. Es trennt mit einer einzigen Intervention zwei Stoffklassen — die eine verschwindet, die andere nicht — und koppelt den Verlust an einen mikroskopisch sichtbaren Befund.

2008 — Biosynthese. Markert und Mitarbeiter wiesen Biosynthese und Akkumulation der Ergoline in einer mutualistischen Assoziation zwischen *I. asarifolia* und einem clavicipitaleen Pilz nach. [G]

2011 — Taxonomie. Steiner, Leibner, Schardl, Leuchtman und Leistner beschrieben die Gattung *Periglandula* mit *P. ipomoeae* (auf *I. asarifolia*) und *P. turbinae* (auf *Turbina corymbosa*). Die Pilze sind epibiontisch: Hypphen wurden nie beim Eindringen in Epidermiszellen oder Stomata beobachtet; sie stehen in enger Verbindung mit Sekretdrüsen der Blattoberfläche — daher der Gattungsname. [G]

Danach. Der Nachweis des dmaW-Gens, das den determinierenden Schritt der Ergolin-Biosynthese katalysiert, in diesen Pilzen schließt die Kette. [G] Spätere Arbeiten zeigten *P. ipomoeae* an sechs von acht untersuchten Pflanzenteilen von *I. asarifolia* — junge gefaltete Blätter, reife Blätter, Blütenknospen, reife Blüten, junge und reife Samen —, überwiegend auf äußeren, relativ wenig exponierten Oberflächen. [G]

Der letzte Punkt ist für Hofmann unmittelbar relevant: Der Pilz sitzt auch an den Samen. Hofmann hatte Samen untersucht.

5. Was Hofmann gemessen hat

Die Umdeutung lässt sich präzise fassen.

Ebene	Hofmanns Lesart 1963	Lesart nach 2011
Analyt	Lysergsäureamid in Samen von <i>Rivea corymbosa</i>	identisch
Produzent	die Pflanze	epibiontischer Pilz <i>Periglandula turbinae</i>
Systemische Einheit	Pflanze	Symbiotum aus Pflanze und Pilz
Taxonomischer Status	Anomalie, chemische Konvergenz	regelkonform — die Ergoline stammen auch hier von einem Pilz der Clavicipitaceae
Stellenwert	ethnopharmakologisches Kuriosum	erster chemischer Nachweis in diesem Symbiosesystem

Der entscheidende Punkt der unteren Zeile: Nach der Auflösung ist die Regel, gegen die der Befund zu verstoßen schien, gar nicht verletzt. Die Ergoline stammen in beiden Fällen von Clavicipitaceen. Was verletzt war, war eine Annahme über die Grenzen des untersuchten Organismus — die stillschweigende Voraussetzung, dass ein Samen, den man extrahiert, nur das enthält, was die Pflanze produziert hat.

6. Wissenschaftstheoretische Konsequenz

Drei Punkte sind verallgemeinerbar.

Messbarkeit kann Erklärbarkeit um Jahrzehnte vorauslaufen. Hofmanns Analytik war 1963 korrekt und ist es geblieben. Was fehlte, war nicht Präzision, sondern eine Disziplin — die Endophyten- und Symbioseforschung, die als Feld erst in den folgenden Jahrzehnten entstand. Zwischen korrektem Messwert und korrekter Zuordnung lagen rund fünfzig Jahre.

Die Organismusgrenze ist eine methodische Setzung, keine Naturtatsache. Jede Extraktion unterstellt eine Antwort auf die Frage, wo der untersuchte Organismus aufhört. Im Fall epibiontischer Assoziationen ist diese Antwort falsch, ohne dass am Verfahren etwas auszusetzen wäre. Für die Naturstoffchemie ist das ein systematisches Risiko, nicht ein Einzelfall: Die holobiontische Sicht ist erst nachträglich in die Disziplin eingezogen.

Hilfshypothesen überdauern, solange sie konkurrenzlos sind. Die Konvergenzannahme war unwahrscheinlich und hielt sich über vierzig Jahre. Das Kriterium ihres Falls war nicht ein Argument, sondern ein Experiment mit einer Intervention — die Fungizidbehandlung von 2004.

6a. Verhältnis zur vorliegenden Literatur

Frank Petersens *The Mystery in the Rye* (Springer 2025) behandelt denselben Gegenstand in Kapitel 10, S. 181–200. Die Prüfung der 48 Referenzen dieses Kapitels ergibt: Zitiert werden aus dem *Periglandula*-Komplex nur Steiner & Leistner 2012 und Steiner et al. 2006. **Nicht zitiert** sind Kucht et al. 2004, Markert et al. 2008 und die Gattungsbeschreibung von 2011. Wissenschaftstheoretische Literatur kommt nicht vor. [G]

Daraus ergibt sich die Abgrenzung dieses Papiers. Petersen erzählt den Sturz des „nur Pilze“-Dogmas als Entdeckungsgeschichte. Dieses Papier ist kein Erstbericht dieser Geschichte, sondern deren Auswertung: die vollständige Beweiskette von 2004 bis 2011 und die Folgerung aus Abschnitt 6 — Messbarkeit vor Erklärbarkeit, Organismusgrenze als methodische Setzung.

Vorbehalt: Das Urteil stützt sich auf Inhaltsverzeichnis, Abstract und Referenzliste; Kapitel 10 ist zugangsbeschränkt. Vor Veröffentlichung ist der Volltext zu prüfen, deutsche Ausgabe *Das Mysterium im Roggen* (Springer). [V]

7. Anschlussfragen

#	Frage	Status
Q1	Gibt es im Nachlass Hinweise, dass Hofmann selbst eine Pilzbeteiligung erwog?	[O] — Korrespondenz Bern zu prüfen
Q2	Wie ist der Befund in den Auflagen von <i>Plants of the Gods</i> behandelt?	[O]
Q3	Lassen sich historische Samenproben auf <i>Periglandula</i> -DNA prüfen?	[O] — Herbarmaterial, aDNA-Methodik
Q4	Gibt es vergleichbare Fälle verspäteter Produzentenzuordnung in der Naturstoffchemie?	[W] — systematische Erhebung ausstehend
Q5	Welche Konsequenz hat die Symbiose-Lesart für ethnobotanische Zuschreibungen?	[O]

Q4 ist der tragfähigste Ausbau: Wenn sich mehrere Fälle finden, wird aus einer Episode ein Muster, und das Papier trägt eine allgemeinere These über die Organismusgrenze in der Naturstoffchemie.

Reifegrad dieser Fassung

v1.0 heißt: inhaltlich abgeschlossen, in sich lesbar, Belege geführt, Vorbehalte benannt. Es heißt nicht: alle Vorbehalte ausgeräumt. Was offen ist, steht in Abschnitt 7 und, soweit es die Belegqualität betrifft, in Anhang W Abschnitt 2 des Dachwerks FORSCH-0331.

Quellen

Vollständige Angaben im Quellenregister des Dachwerks FORSCH-0331, Abschnitt D.
Kernbelege:

- Hofmann A. (1963): Die Zauberdroge «Ololiuqui». *Planta Medica* 9:354–367.
 - Kucht S., Gross J., Hussein Y., Grothe T., Keller U., Basar S., König W. A., Steiner U., Leistner E. (2004): Elimination of ergoline alkaloids following treatment of *Ipomoea asarifolia* (Convolvulaceae) with fungicides. *Planta* 219:619–625.
 - Markert A., Steffan N., Ploss K., Hellwig S., Steiner U., Drewke C., Li S.-M., Boland W., Leistner E. (2008): Biosynthesis and accumulation of ergoline alkaloids in a mutualistic association between *Ipomoea asarifolia* (Convolvulaceae) and a clavicipitalean fungus. *Plant Physiology* 147:296–305.
 - Leistner E., Steiner U. (2009): Fungal origin of ergoline alkaloids present in dicotyledonous plants (Convolvulaceae). In: Anke T., Weber D. (Hg.): *The Mycota XV*. Springer, 197–208.
 - Steiner U., Leibner S., Schardl C. L., Leuchtmann A., Leistner E. (2011): *Periglandula*, a new fungal genus within the Clavicipitaceae and its association with Convolvulaceae. *Mycologia*.
 - Steiner U., Leistner E. (2018): The genus *Periglandula* and its symbiotum with morning glory plants (Convolvulaceae). In: *The Mycota*. Springer. DOI 10.1007/978-3-319-71740-1_5.
 - Panaccione D. G. et al. (2014): Bioactive alkaloids in vertically transmitted fungal endophytes. *Functional Ecology*. DOI 10.1111/1365-2435.12076.
-