

Geruch- und Farbstoffe der Rutenpilze

Autor(en): **Stijve, Tjakko**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde = Bulletin suisse de mycologie**

Band (Jahr): **77 (1999)**

Heft 2

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-936004>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Macroscopia

- Cappello:** fino a 5 (6) cm, convesso, da pulvinato a espanso, sovente con depressione centrale. Superficie coperta da piccole squame erette, con conseguente aspetto granuloso. Dapprima bruno-arancio, poi bruno-ruggine. Margine più chiaro, defluente in giallastro.
- Gambo:** fino a 4 cm x 3–5 (7) mm, concolore al cappello, base ingrossata, marrone, feltrata di micelio giallo.
- Carne:** giallastra, marrone nel rivestimento. Odore fungino gradevole, sapore dolce.
- Lamelle:** da giovani giallo-oro, poi giallo-ruggine, leggermente decorrenti, con lamellule.

Microscopia

- Spore:** faseoliformi, lisce, 7,5–10 x 4–5 µm.
- Cheilocistidi:** piriformi-gonfiati, claviformi.
- Cuticola:** strato esterno costituito da cellule grandi, voluminose, da rotondeggianti ad allungate, incrostate, parzialmente con pigmento giallo. Larghezza fino a 25 µm, senza giunti a fibbia.
- Habitat:** cespitoso, su tronco caduto e marcescente di faggio.
- Stazione:** Germania, Kandertal presso la località Holzen nel Burgholz-Teufelskancel, 25 luglio 1997.
- Letteratura:** v. testo tedesco.
- Traduzione:** Jürg Nigsch
-

Der folgende Artikel von Tjakko Stijve enthält einige chemische Details, die wahrscheinlich die meisten von uns überfordern. Setzen Sie einfach die chemisch-technischen Angaben geistig in Klammern, denn auch so bleiben die Ausführungen für alle absolut lesenswert. – Red.

Geruch- und Farbstoffe der Rutenpilze

Tjakko Stijve

Sentier de Clies no 12, 1806 St-Légier, Schweiz

Zusammenfassung

Dieser Übersichtsartikel beschreibt die Versuche, die üblen Gerüche der Stinkmorchel, *Phallus impudicus*, chemisch zu charakterisieren. Gemäss neuerer Forschung bestehen die flüchtigen Verbindungen, die von diesem Pilz gebildet werden, hauptsächlich aus Dimethyldisulfid, Dimethyltrisulfid, Linalol, trans-Ocimen, Phenylacetaldehyd und Essigsäure. Ein Teil dieser Geruchstoffe wurde auch im Dampfraum eines frisch ausgetriebenen Roten Gitterlings, *Clathrus ruber* Mich. ex Pers., nachgewiesen. Diese flüchtigen Komponenten werden zweifellos gebildet, um die mit der Sporenverbreitung betraute Fliege anzulocken, wobei diese Anziehung noch von der hellroten Farbe des Receptaculum der verschiedenen Rutenpilze erhöht wird. *P. impudicus*, der nicht mit diesen roten Farbstoffen ausgestattet ist, produziert einen stärkeren Kadavergeruch als die rot pigmentierten *C. ruber* und *Anthurus archeri* (Tintenfischpilz). Die Pigmente, die für die orangeroten bis roten Farben in *Mutinus caninus* (Hundsrute), *Phallus rugulosus* und *C. ruber* verantwortlich sind, wurden als Karotene, d. h. hauptsächlich als Lycopene und beta-Karotene identifiziert. Es sind die gleichen Farbstoffe, die z. B. auch in der gemeinen Möhre zu finden sind.



***Clathrus ruber*, der Rote Gitterling:
rot und stinkig – für Fliegen unwiderstehlich.**

Foto: T. Stijve

Einführung

Rutenpilze gehören zur Familie der *Phallaceae* (Ordnung *Phallales*), die durch den kadaverartigen Geruch, der vom Hymenium der völlig entwickelten Fruchtkörper gebildet wird, charakterisiert wird. Dieser Geruch lockt Aasfliegen und -käfer an. In der Pflanzenwelt haben die farbigen Blumen der *Araceae*-Familie ähnliche Merkmale: Insekten werden von weiter Entfernung durch die Geruchstoffe angelockt, und diese Anziehung wird durch die hell- oder purpurrote Farbe der Blumen noch erhöht. Das Receptaculum vieler Rutenpilze, z. B. *Mutinus ravenellii*, *Clathrus ruber* und *Aseroe rubra*, fallen auch durch ihre rote Farbe auf. Die Insekten verbreiten den Pollen der Blumen, während jene, die von den Rutenpilzen angelockt werden, den Schleim der reifen Gleba fressen und auf diese Weise die Sporen verbreiten, die ja mit dem Kot ausgeschieden werden (Fulton, 1889). Diese Sporenverbreitung durch Insekten zeigt, dass Rutenpilze spezialisierte Organismen sind, die hoch auf der Evolutionsleiter einzustufen sind. Wie schon in einer früheren Arbeit erwähnt (Stijve, 1994), gehören diese seltsamen Pilze aber nicht zu den bedrohten Arten. Rutenpilze existieren in vielen Formen, und man könnte sich fragen, ob alle diese Variationen wirklich zu einer effizienten Sporenverbreitung notwendig sind. Gewisse Arten, wie die gemeine Stinkmorchel mit ihrem bedeutungsvollen lateinischen Namen *Phallus impudicus*, sind so auffällig, dass sie Gegenstand ausgedehnter Monographien waren, lange bevor anderen und «nützlicheren» Pilzen solche Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Es geht über das Ziel dieser Arbeit, einen historischen Überblick der Abhandlungen, die die Stinkmorchel zum Gegenstand haben, zu geben. Der interessierte Leser weiss vielleicht, dass die ältesten lateinischen Monographien aus dem frühen 17. Jahrhundert stammen (Hadrianus, 1601). Sehr gute Übersichtsartikel gibt es von Lütjeharms (1931) und Ramsbottom (1953). Letzterer widmete Kapitel 16 seines jetzt klassischen Buches den «Stinkhorns and other Phalloids». Die vorliegende Arbeit möchte das, was bis jetzt über Geruch- und Farbstoffe der Rutenpilze bekannt ist, besprechen.

Geruchstoffe

Der erste Wissenschaftler, der die Stinkmorchel *Phallus impudicus* zum Gegenstand einer chemischen Untersuchung machte, war Jacobus Christian Schaeffer (1760). Die sehr gut lesbare und reich illustrierte Monographie kann man heute noch in spezialisierten Antiquariaten finden, wobei man mit einem Preis zwischen 600 und 1200 DM rechnen muss. Schaeffer war nicht nur ein bekannter Naturwissenschaftler, sondern auch evangelischer Pfarrer. Wohl aus diesem Grund vermied er die Bezeichnung «Phallus» in seiner Monographie und schrieb: «Die Vergleichung, welche die meisten Schwammschreiber mit einem gewissen Teile des menschlichen Körpers machen, übergehe ich mit Stillschweigen». Wir können Schaeffer diese Prüderie leicht verzeihen, denn er war ein guter Beobachter und ein ausgezeichnete wissenschaftlicher Schriftsteller. Man könnte sogar sagen, dass jedermann, der sich mit Rutenpilzen beschäftigt, die 36 Seiten der Schaefferschen Abhandlung sorgfältig durchlesen sollte, denn seine Aufmerksamkeit für Details und seine Beschreibungen sind hervorragend. Ein Beispiel: In meinen vergleichenden Studien der Oligo-Elemente in den verschiedenen Teilen des Roten Gitterlings – einer verwandten Art – wurde postuliert, dass die dicke gallertige Schleimschicht des Hexeneies ein Mineralienreservoir (Placenta) für das embryonale Rezeptaculum sei (Stijve, 1994). Diese Idee wurde schon 1760 vorweggenommen, denn wir lesen in Paragraph 83 der genannten Monographie: «Nichts siehet einem Eye der Thiere gleicher, als dieses Schwammeye. Es hat ausser seinen Häuten sein besonders Gewebe, welches den Mutterkuchen zu vertreten scheint. Die erste äussere Haut, so nicht selten faltig und runzelig ist, kommt dem Chorion; und die innere Haut so glatt ist, dem Amnion gleich. Zwischen beiden ist eine gallertige schleimige Feuchtigkeit, wie bei einer menschlichen Frucht der Liquor amnii.»

Beim damaligen Stand der analytischen Chemie können wir von den Untersuchungen Schaeffers bezüglich der Zusammensetzung des Eies und der Gleba wenig erwarten. Trotzdem, seine Experimente mit dem Schleim des Eies – Wasserlöslichkeit, Rekonstitution, die Fähigkeit, Papier zu kleben – veranlassen ihn, diesen mit den in seiner Zeit schon bekannten Verdickungsmitteln wie Tragant oder Gummi arabicum zu vergleichen. Erst zwei Jahrhunderte später (Bindler, 1967) wird nachgewiesen, dass dieser Schleim, so wie die erwähnten Pflanzengummis, zu den Polysacchariden gehört.

Der Regensburger Wissenschaftler staunt über die verschiedenen Gerüche des Pilzes: Das Hexenei riecht nach Meerrettich, ein Geruch, den Schaeffer auch an einem wässrigen Extrakt des Schwammfusses beobachtet hatte. Dieser Geruch hat aber nichts gemein mit dem kadaverartigen Gestank der ausgewachsenen Stinkmorchel, und Schaeffer zieht die Schlussfolgerung «wie unvollkommen noch die Kenntnis der Schwämme überhaupt ist». Seine Hypothese über die Bildung des Gestankes beim Zerfliessen der Gleba ist im Einklang mit den wissenschaftlichen Kenntnissen seiner Zeit: «Das grünliche Wesen des Hutes geräthet an der Luft in eine Gährung, die den starken Geruch und bald die Auflösung in den Schleim verursacht.»

Erst ein halbes Jahrhundert später (Braconnot 1811, zitiert bei Freund, 1967) wird die Stinkmorchel aufs Neue untersucht. Die gefundenen Bestandteile wie «mucus, matière animale» und «fongin très animalisé» sind schwierig zu deuten, aber Braconnot berichtet auch vom Vorkommen essigsaurer Kalium- und Ammoniumsalze im Hexenei. Ausserdem wurde «le sucre des champignons» nachgewiesen, womit das wenig süsse Mannitol, ein Inhaltsstoff mancher Pilze, gemeint ist.

Wir müssen bis weit ins 20. Jahrhundert gehen, bis es Aye (1932) gelingt, ein flüchtiges Öl aus Stinkmorchelköpfen mittels Wasserdampfdestillation zu isolieren. Der Geruch des Destillates ist aber gegenüber dem frisch ausgetriebenen Pilz verändert, und es zeigt sich, dass die Geruchstoffe nur teilweise mit organischen Lösungsmitteln ausgeschüttelt werden können. Dieser Extrakt erwies sich als schwefelhaltig.

In den 60er Jahren sind die Techniken zur Isolierung flüchtiger Stoffe, wie z.B. die Tieftemperatur-Vakuumdestillation, erheblich verbessert. Es wird damit auch möglich, Geruchskomponenten ohne Destillation gleich im Dampfraum aufzufangen und – ohne oder mit Derivatbildung – zu analysieren. Bernard Freund (1967), der die Geruchstoffe der Stinkmorchel zum Gegenstand seiner Dissertation machte, wandte diese Techniken erfolgreich an. Die damit verbundene Arbeit

sollte nicht unterschätzt werden. So war es natürlich nötig, viele Hexeneier zu sammeln und sie im Labor aufgehen zu lassen, bis die reife Gleba deutlich verschleimt und die Geruchstoffe gebildet waren. Man kann daraus schliessen, dass in den Jahren 1965 und 1966 das Marburger Institut für Pharmazeutische und Lebensmittelchemie einen charakteristischen, aasartigen Geruch aufwies! Die verschleimten Gleben wurden tiefgefroren und bei $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ aufbewahrt. Auffällig war, dass das Material auch in diesem Zustand noch deutlich roch, was auf das Vorliegen leicht flüchtiger Verbindungen hinweist. Nach dem Aufarbeiten mehrerer Kilogramm Pilzmaterials in verschiedene Fraktionen konnte Freund folgende Ergebnisse rapportieren:

Verbindung	Geruch
Schwefelwasserstoff	faule Eier
Methylmerkaptan	fauler Kohl
Phenylacetaldehyd	hell, Grasgeruch, Grünnote
Phenyllessigsäure	widerlich süsslich
alpha-Phenylcrotonaldehyd	dunkle, umgewühlte Erde
Acetaldehyd	stechend
Formaldehyd	stechend
Essigsäure	sauer
Dihydrochalcon	hell, frisch

Der Geruch der Gleba ist nicht in allen Entwicklungsstadien gleich. Die erstgenannten Stoffe sind am flüchtigsten und wahrscheinlich die Träger der aasartigen Komponente. Wenn das reife Hexenei sich öffnet und der Pilz aufgeht, ist die Gleba noch mattgrün und hart. Der Geruch ist dann schwach, etwa(s) nach Rettich, aber bald beginnt die Gleba an einzelnen Stellen unter Dunkelfärbung zu zerfliessen, wobei der eigentliche Aasgeruch gebildet wird, der die Fliegen von weitem anlockt. Sehr charakteristisch für den eher süsslichen und anhaltenden Geruch der reifen Gleba sind die weniger flüchtigen Verbindungen Phenylacetaldehyd, Phenyllessigsäure und Dihydrochalcon. Während der Verflüssigung der Gleba, zweifellos ein enzymatischer Vorgang, finden viele chemische Reaktionen statt; gewisse Geruchstoffe werden aus anderen gebildet, z. B. die Säuren aus den Aldehyden. Die Gleba ist sozusagen eine Chemiefabrik. Es ist etwas erstaunlich, dass Freund (1967), trotz seiner umfangreichen Untersuchungen, nie versucht hat, die Bildung der Geruchstoffe aufzuklären. Sogar die Beobachtung, dass der Geruch der Stinkmorchel nicht in allen Stadien ihres Daseins gleich ist, entlockte Freund keine Überlegungen bezüglich der Genese der von ihm identifizierten Geruchskomponenten. In seiner Arbeit fehlt eine Diskussion der Tatsache, dass während und nach dem Aufgehen des Pilzes Gramme chemischer Stoffe umgewandelt werden. Wohl findet er mehr oder weniger zufällig viel freie Glucose in der reifen Gleba, aber diese sehr wichtige Beobachtung bleibt ohne Kommentar.

Ich fand bei der Untersuchung vergleichbaren Materials (Stijve 1965, 1966) ebensoviel gebundene Glucose in der embryonalen Gleba (des Eies) wie freie Glucose in der verflüssigten Sporenmasse der reifen Stinkmorchel und vermutete deshalb, dass die Geruchstoffe durch eine progressive enzymatische Spaltung von in der Gleba anwesenden Glykosiden freigesetzt werden. Diese Hypothese wird von der Beobachtung unterstützt, dass man bei niedrigen Temperaturen ($0\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$) oft geruchlose Stinkmorcheln findet. Enzymatische Reaktionen haben ja ein Temperatur-Optimum, das im Allgemeinen weit über $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ liegt. Klaassen (1964) entdeckte, dass der Geruch nach dem Trocknen von Hut und Gleba durch einfache Befeuchtung mit Wasser regeneriert werden konnte, was man wohl mit der Reaktivierung der Enzyme erklären könnte. Bedauerlicherweise hat sich während der darauffolgenden 30 Jahre kein Forscher die Mühe genommen, diese hypothetischen Enzyme aus der Gleba zu isolieren, obwohl dies doch keine Hexerei sein sollte.

Erst in den 90er Jahren wird das «Aroma» des *Phallus impudicus* aufs Neue untersucht. Drei schwedische Wissenschaftler (Borg-Karlson et al., 1994) bemerkten, dass der Geruch der Voodoo-Lilie, *Sauromatum guttatum*, jenem der Stinkmorchel sehr ähnlich ist. Ausserdem gehörten die von beiden Organismen angelockten Aasfliegen zu denselben Gattungen. Diese Beobachtungen gaben die Anregung, eine vergleichende Untersuchung der flüchtigen Geruchstoffe von *S. guttatum* und *P. impudicus* durchzuführen. Mit der dazu verwendeten Technik der «Effleurage»

wurden die flüchtigen Geruchstoffe an einer kleinen Menge Porapak Q, einem synthetischen Polymer, adsorbiert und anschliessend mit Pentan und Diethylether extrahiert. Die Extrakte wurden gaschromatographisch mit massenspektrometrischer Detektion analysiert. Die Tabelle 1 gibt eine vereinfachte Übersicht der erhaltenen Resultate.

S. guttatum hat wie die Stinkmorchel methylierte Sulfide als überwiegende Aasgeruchskomponente, wobei die wichtigste das Dimethyltrisulfid ist. Diese Schwefelverbindungen sind aber ziemlich flüchtig, und es ist darum nicht unwahrscheinlich, dass durch die während der Extraktion und Analyse auftretenden Verluste eine kleine Menge Dimethylsulfid im Extrakt der Stinkmorchel fehlt. Beide Organismen produzieren niedrige Konzentrationen an 3-Caren und 2-Phenyläthanol. Es gibt aber auch beachtliche Unterschiede: Unter den Geruchskomponenten der *S. guttatum* finden wir die nach Kot riechenden Stoffe Indol und Skatol sowie eine Serie von Terpenen, die im «Aroma» der Stinkmorchel offenbar fehlen. Demgegenüber wird einer der quantitativ wichtigsten Geruchstoffe des *P. impudicus*, das trans-Ocimen, nicht von der Blume produziert, obwohl eine kleine Menge des cis-Isomers gefunden worden ist.

Tabelle 1: Geruchstoffe aus *Sauromatum guttatum* und *Phallus impudicus*

+ = <2%

++ = 2–20%

+++ = >20% der totalen Menge flüchtiger Stoffe

Geruchstoff	<i>S. guttatum</i>	<i>P. impudicus</i>
Schwefelverbindungen		
Dimethylsulfid	+	
Dimethyldisulfid	++	++
Dimethyltrisulfid	+++	+++
Dimethyltetrasulfid	+	
Stickstoffverbindungen		
Indol	+	
Skatol	+	
Terpene		
6-Methyl-5-hepten-2-on		+
3-Caren	+	+
Myrcen		+
cis-Ocimen	+	
trans-Ocimen		+++
alpha-Pinen		+
alpha-Terpinen	+	
Geraniol	+	
Linalol		++
alpha-Farnesen		+
alpha-Caryophyllen		+
beta-Caryophyllen	+	
Aromatische Verbindungen		
Anisol	+	
Benzylalcohol		+
Acetophenon	+	
Phenylacetaldehyd		+++
2-Phenylethanol	+	++
Aliphatische Verbindungen		
Essigsäure		+

Die Ergebnisse für die Stinkmorchel unterscheiden sich stark von den von Freund (1967) rapportierten. Freund fand an Schwefelverbindungen nur Schwefelwasserstoff und Methylmercaptan, die jedoch von dem schwedischen Team nicht beobachtet wurden. Ausserdem fand Freund kein Linalol oder trans-Ocimen, aber seine überwiegend klassischen Derivatbildungstechniken waren dazu auch weniger geeignet. Dagegen hat er Acetaldehyd, Formaldehyd und Phenyllessigsäure, also Stoffe, die in der Veröffentlichung der Schweden fehlen, nachgewiesen. Obwohl die Resultate von Borg-Karlson und Mitarbeitern wahrscheinlich zuverlässiger sind – wegen ihrer überlegenen Analysetechniken –, bedeutet dies nicht, dass sie völlig Recht haben. Die Freundsche Dampfraum-Derivatbildungstechnik ist überzeugend, und es ist durchaus möglich, dass die Schweden die flüchtige Alkanale übersehen haben. Weiter ist es wahrscheinlich, dass bei der sehr aufwändigen Aufarbeitung der Freundschen Extrakte ein Teil des Phenylacetaldehyds in Phenyllessigsäure überführt worden war.

Wie die Geruchstoffe gebildet werden, ist übrigens noch immer nicht untersucht worden, aber Borg-Karlson et al. weisen darauf hin, dass sowohl die Gleba als auch die braunpurpur gefärbte Narbe der Blume während der Freisetzung der flüchtigen Stoffe deutlich wärmer werden, wahrscheinlich wegen eines enzymatischen Abbauprozesses. Die methylierten Sulfide sind vermutlich Lockstoffe für Aasfliegen, denn diese Verbindungen werden auch bei der Verwesung von tierischem Eiweiss gebildet. Vorläufige Experimente haben gezeigt, dass Fliegen der Gattungen *Calliphora*, *Lucilia* und *Sarcophaga* (*Sarcophagaceae*) tatsächlich von Dimethyldisulfid angelockt werden (Borg-Karlson et al., 1994).

Bis jetzt sind keine Veröffentlichungen über Geruchstoffe anderer Rutenpilze erschienen. Bei Versuchen mit Eiern des Roten Gitterlings (*Clathrus ruber*) fiel dem Autor auf, dass die Bechergläser, unter denen sich die Fruchtkörper entwickelt hatten, lange Zeit noch nach dem Experiment den Geruch festhielten. Offenbar wurden die kondensierten Geruchstoffe stark an der Glasoberfläche adsorbiert. Da dieses Phänomen eine Möglichkeit zur Untersuchung darbot, wurde ein *C. ruber* so lange unter einem Becherglas gelassen, bis die Gleba innerhalb des Rezeptaculum-Gitters ganz verflüssigt war, worauf das Becherglas entfernt und sofort sorgfältig mit 0,5 ml Pentan-Diethylether 1:1 v/v gespült wurde. Mittels Kapillargaschromatographie an einer DB-Wax-Säule von 30 m x 0,25 mm und Massenspektrometrie wurden in diesem «Extrakt» Dimethyldisulfid, Dimethyltrisulfid, trans-Ocimen, Linalol und Essigsäure nachgewiesen. Obwohl diese Isolierungstechnik wenig quantitativ sein dürfte, sind die Ergebnisse doch bemerkenswert: Die Menge an Schwefelverbindungen war deutlich geringer als jene der anderen Geruchsbestandteile. Vielleicht könnte dies erklären, warum der Geruch des Roten Gitterlings weniger penetrant ist als derjenige der Stinkmorchel. Letztere findet man im Allgemeinen durch den Geruch, was nicht oder kaum für *C. ruber* zutrifft. So ist es durchaus möglich, dass eine Kolonie dieser Gitterlinge unbemerkt bleibt, wenn man sie nicht sucht, was bei *P. impudicus* undenkbar ist. Die *Clathri*, die ich in Gärten und Parks in Frankreich, Spanien und in der Schweiz fand (Stijve, 1994), habe ich jedesmal durch ihre auffällige rote Farbe entdeckt.

Farbstoffe

Wie schon früher erwähnt, könnten Farbstoffe, vor allem rote, auch an der Anlockung der Aasfliegen beteiligt sein. Es war darum angebracht, die Pigmente, die gewissen Vertretern der Gattungen *Clathrus*, *Mutinus* und *Anthurus* solch eine schöne Farbe geben, näher zu untersuchen.

Vor etwa 30 Jahren (Stijve, unveröffentlicht) habe ich einmal das lackrote Stielende einer Hundsrute (*Mutinus caninus*) in Aethanol mazeriert, was innerhalb einer Woche eine gelbe Tinktur lieferte. Diese Flüssigkeit zeigte ein Absorptionsspektrum mit Maxima bei 445, 470 und 500 nm, was charakteristisch für Carotenoide ist, einer von Karoten abgeleiteten Pigmentgruppe, die der gemeinen Möhre ihre schöne orangerote Farbe verleiht. Nun gibt es derartige Farbstoffe in vielen Pilzen, wie z. B. in Pfifferlingen und in Becherlingen wie *Aleuria aurantia* und *Caloscypha fulgens*. Ihre Anwesenheit ist konstant und kann sogar als taxonomisches Merkmal benützt werden. Ein guter, aber schwieriger Übersichtsartikel stammt von Valadon (1976). Man darf aber das Vorkommen der Carotenoide in Makromyzetten (Grosspilzen) nicht verallgemeinern. So ent-

halten der Fliegenpilz und die bunten Vertreter der Gattungen *Dermocybe* (Hautköpfe) und *Hygrocybe* (Saftlinge) ganz andere Farbstoffe.

Meine Untersuchungen bezüglich Farbstoffen in *M. caninus* habe ich damals nicht fortgesetzt, weil das vorhandene Material für die damaligen aufwändigen Analysemethoden nicht ausreichte. Erst 14 Jahre später untersuchte Harashima (1978) die Pigmente von *Phallus rugulosus* (Fisch. O. Kuntze), eine Art, die wie ein grosser *M. caninus* aussieht, aber mit einem deutlichen, abnehmbaren konischen Hut. Der lange Stiel ist gelb bis orangerot gefärbt (Imazeki & Hondo, 1981). Der Pilz ist wahrscheinlich identisch mit *P. rubicundus* (Bosc.) Fr., einer ziemlich gemeinen Art im Süden der Vereinigten Staaten. Wie dem auch sei, dem japanischen Wissenschaftler gelang es, aus 13 Exemplaren dieses Pilzes (total 67 g) zwei kristallisierte Farbstoffe zu isolieren, welche er als beta-Karoten und Lycopene identifizierte. Die Farben des exotischen Rutenpilzes rühren also von Pigmenten her, die man auch in Möhren und Tomaten findet!

Schon fünf Jahre früher hatten Fiasson und Petersen (1973) gezeigt, dass diese Farbstoffe auch im roten Rezeptaculum des Gitterlings (*C. ruber*) anwesend sind. Erst in den 90er Jahren, als die Flüssigkeitschromatographie die schnelle und zuverlässige Analyse solcher Pigmente ermöglichte, wurde die Untersuchung dieses Pilzes im Nestlé-Forschungszentrum (Stijve & Tagliaferri) wieder aufgegriffen. Dabei war es möglich, kleine Fragmente aus dem sich entwickelnden Rezeptaculum zu schneiden und individuell zu analysieren. Die anwesenden Farbstoffe erwiesen sich tatsächlich als Lycopene und beta-Karoten, obwohl auch eine kleine Menge Neurosporen nachgewiesen wurde. Natürlich schwankten die Mengen mit der Intensität der Farbe des Gitters. Typische Konzentrationen für eine durchschnittliche rote Farbe waren 1% Lycopene und 0,1% beta-Karoten, bezogen auf die Trockenmasse.

Es ist klar, dass die Aasfliegen vor allem durch den kadaverartigen Geruch der Rutenpilze angelockt werden. Die rote Farbe kann dabei – aus kurzer Entfernung – helfen, aber sie ist nicht die einzige Attraktion. Tomaten werden ja auch nicht von Aasfliegen besucht!

Die Geruchskomponenten und deren Entstehung bei der Verflüssigung der Gleba sollten genauer untersucht werden. Die Unterschiede der bisher veröffentlichten Analyseergebnisse sind gross, was durch die verschiedenen, zeitlich bedingten Analysetechniken erklärt werden kann. Mit den heutigen modernen Verfahren sollte es möglich sein, die Geruchsentwicklung eines Rutenpilzes mittels periodischer Probenahme des Kopfraumes der Gleba und anschliessender gaschromatographisch-massenspektrometrischer Analyse zu verfolgen. In diesem Zusammenhang wäre es auch interessant, die chemische Umwandlung der im embryonalen Pilz anwesenden Stoffe bei dem sich entwickelnden Rezeptaculum zu studieren. Das letzte Wort über die Chemie der Rutenpilze ist jedenfalls noch lange nicht gesprochen.

References

- Aye, L., 1932. Ein flüchtiges Öl aus der Stinkmorchel, Dtsch. Apotheker Ztg. 68: 1027–1029.
- Bindler, H.J., 1967. Untersuchungen an Pilzinhaltsstoffen. Der Schleim des Hexeneies, *Phallus impudicus* L. Dissertation Marburg.
- Borg-Karlson, A.K., F.O. Englund and C.R. Unelius. 1994. Dimethyl oligosulphides, major volatiles released from *Sauromatum guttatum* and *Phallus impudicus*. *Phytochemistry* 35 (2): 321–323.
- Braconnot, H., 1811. *Ann. Chimie* Vol. 24, Tom. 79–80, p. 291. Von Freund (1967) zitiert.
- Fiasson, J.L. & R.H. Petersen. 1973. Carotenes in the fungus *Clathrus ruber* (Gasteromycetes). *Mycologia* 65: 201–203.
- Freund, B., 1967. Die Geruchstoffe der Stinkmorchel, *Phallus impudicus* L. Inaugural – Dissertation, Marburg.
- Fulton, T.W. 1889. The Dispersion of the Spores of Fungi by the Agency of Insects, with special reference to the Phalloidei. *Annals of Botany*, Vol.III. No. X: 207–238.
- Hadrianus, J., 1601. *Phalli ex fungorum genere in Hollandiae sabuletis passim crescentis descriptio*.
- Harashima, K., 1978. Carotenoids of a Red Toadstool, *Phallus rugulosus*. *Agric. Biol. Chem.* 42 (10): 1961–1962.

- Imazeki, R. & T. Hongo, 1981. Coloured Illustrations of Fungi of Japan. Fig. 331, p. 169. Hoikusha Publ. Ltd, Osaka.
- Klaassen, E., 1964. Waarnemingen bij de Grote Stinkzwam. *Coolia* 11: 29.
- Lütjeharms, W.J., 1931. Observations historiques et systématiques sur les Phalloïdées dans les Pays-Bas, à propos d'une trouvaille récente du *Lysurus australiensis*. *Mededelingen's Rijks Herbarium Leiden*, no 68, 1-15.
- Ramsbottom, J. 1953. *Mushrooms and Toadstools*, Chapter 16, Collins, London.
- Schaeffer, J.C., 1760. *Der Gichtschwamm mit grünschleimigem Hute*. Verlegt's Johann Leopold Montag, Regensburg.
- Stijve, T. 1965. Een chemisch onderzoek van de grote stinkzwam (*Phallus impudicus*). *Coolia* 11: 40-41.
- Stijve, T., 1966. Iets over de geurontwikkeling bij de grote stinkzwam. *Coolia* 13: 20-22.
- Stijve, T., 1994. Avonturen met *Clathrus ruber*. *Coolia* 37: 96-103.
- Stijve, T. & E. Tagliaferri. 1994. *Clathrus ruber*: teneur en bêta-carotène et lycopène. Note de recherche R & D - R/QS. Rapport interne du Centre de Recherche Nestlé.
- Valadon, L.R.G., 1976. Carotenoids as additional taxonomic characters in fungi: A Review. *Trans. Br. mycol. Soc.* 67 (1): 1-15.

SZP Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde

Redaktion Verantwortlicher Hauptredaktor: Ivan Cucchi, Rigistrasse 23, 8912 Obfelden, Tel./Fax: 01 761 40 56.
E-mail: ivan.cucchi@pop.agri.ch
Redaktion für die französische Schweiz: François Brunelli, Rue du Petit Chasseur 25, 1950 Sitten, Tel. 027 322 40 71. E-mail: fbrunelli@vtx.ch

Redaktionsschluss Für die Vereinsmitteilungen am 10. des Vormonats, für andere Beiträge 6 Wochen vor Erscheinen der SZP.
Abonnementspreise Für Vereinsmitglieder im Beitrag inbegriffen. Einzelmitglieder: Schweiz Fr. 30.-, Ausland Fr. 35.-. Postcheckkonto Verband Schweiz. Vereine für Pilzkunde 30-10707-1. Bern.

Insertionspreise 1 Seite Fr. 500.-, 1/2 Seite Fr. 250.-, 1/4 Seite Fr. 130.-
Abonnemente und Adressverwaltung Ruedi Greber, Hasenbühlweg 32, 6300 Zug. Fax: 041 725 14 87. E-mail: greberzug@bluewin.ch

BSM Bulletin Suisse de Mycologie

Rédaction Rédacteur responsable: Ivan Cucchi, Rigistrasse 23, 8912 Obfelden, Tel./Fax: 01 761 40 56.
E-mail: ivan.cucchi@pop.agri.ch
Rédaction pour la Suisse romande: François Brunelli, Rue du Petit Chasseur 25, 1950 Sitten, Tel. 027 322 40 71. E-mail: fbrunelli@vtx.ch

Délais rédactionnels Pour les communications des Sociétés, le 10 du mois qui précède la parution; pour les autres textes, 6 semaines avant la parution du BSM.

Abonnements Pour les membres des Sociétés affiliées à l'USSM, l'abonnement est inclus dans la cotisation. Membres isolés: Suisse fr. 30.-, étranger fr. 35.-. Compte de chèques postaux de l'USSM: 30-10707-1. Bern.

Publicité 1 page fr. 500.-, 1/2 page fr. 250.-, 1/4 page fr. 130.-
Abonnements et adresses Ruedi Greber, Hasenbühlweg 32, 6300 Zug. Fax: 041 725 14 87. E-mail: greberzug@bluewin.ch

BSM Bollettino Svizzero di Micologia

Redazione Redattore responsabile: Ivan Cucchi, Rigistrasse 23, 8912 Obfelden, Tel./Fax: 01 761 40 56.
E-mail: ivan.cucchi@pop.agri.ch
Redazione per la Svizzera romanda: François Brunelli, Rue du Petit Chasseur 25, 1950 Sitten, Tel. 027 322 40 71. E-mail: fbrunelli@vtx.ch

Termini di consegna Per il notiziario sezionale il 10 del mese precedente, per gli altri contributi 6 settimane prima dell'apparizione del BSM.

Abbonamento Per i membri della USSM l'abbonamento è compreso nella quota sociale. (Per i membri delle Società Micologiche della Svizzera italiana l'abbonamento non è compreso nella quota sociale annuale ma viene conteggiato separatamente della Società di appartenenza.) Per i membri isolati: Svizzera Fr. 30.-, estero Fr. 35.-. Conto C.P. della USSM: 30-10707-1. Bern.

Inserzioni 1 pagina Fr. 500.-, 1/2 pagina Fr. 250.-, 1/4 pagina Fr. 130.-
Abbonamento e indirizzi Ruedi Greber, Hasenbühlweg 32, 6300 Zug. Fax: 041 725 14 87. E-mail: greberzug@bluewin.ch