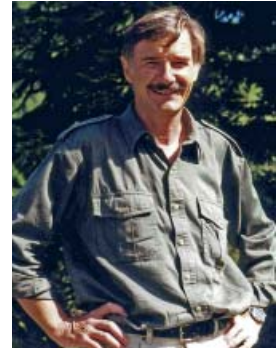


Regentropfen oder Samen-Mimikry? Evolutionenbiologische Gedanken über Verbreitungsstrategien der Teuerlinge

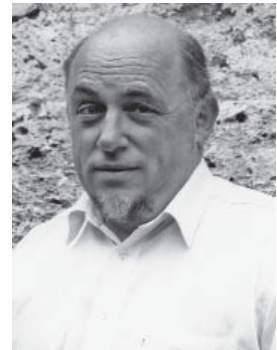
von

Josef H. Reichholf & Till R. Lohmeyer



Josef H. Reichholf

Die Teuerlinge sind eine in Mitteleuropa vergleichsweise artenarme Pilzgruppe. So enthält die Checklist der Basidiomycota von Bayern (BESL & BRESINSKY 2009: 601f.) nur vier Arten: *Crucibulum laeve* (Huds.) Kambly, *Cyathus olla* (Batsch: Pers.) Pers., *Cyathus stercoreus* (Schwein.) De Toni und *Cyathus striatus* (Huds.: Pers.) Pers. Der eigenartige Bau ihrer Fruchtkörper macht sie, trotz ihrer Kleinheit, so auffällig, dass sie schon früh die Phantasie aufmerksamer Beobachter anregten und gleichsam in die Folklore eingingen. Dazu schreiben DÖRFELT & RUSKE (2008: 71): „Der Name Teuerlinge beruht auf der Vorstellung, dass die Peridiolen eine Signatur für Münzen sind und dass die Ernte der Felder, auf denen viele dieser Pilze wachsen, teuer verkauft werden kann.“



Till R. Lohmeyer

Im angelsächsischen Sprachraum setzte sich eine völlig andere Assoziation durch: Dort heißen die Teuerlinge *bird's nest fungi*, weil sie an kleine Vogelnester mit Gelegen erinnern. SPOONER & LÆSSØE (1994) zitieren in ihrem Aufsatz *The Folklore of 'Gasteromycetes'*, dass ein besonders aufmerksamer Naturfreund namens Goedart behauptete, die Peridiolen bildeten unter der liebevollen Behandlung der Sonnenwärme Beine aus und würden sich dann tatsächlich in Vögel verwandeln. Er habe dies, so Goedart, „mit großer Sorgfalt über zwei aufeinander folgende Jahre hinweg beobachtet.“ (s. a. EMBODEN 1974). In Schottland galten die Teuerlinge, wie SPOONER & LÆSSØE (1994) ausführen, als Glücksbringer, und auch im großen Thesaurus der chinesischen Volksmedizin spielen sie eine kleine Rolle; nach YING et al. (1987) wird z. B. eine wässrige Lösung aus pulverisiertem *Cyathus stercoreus* gegen Magenschmerzen empfohlen.

Naturforscher früherer Jahrhunderte sahen in den Peridiolen, wie HÖFER (1933: 39f.) in einem anschaulichen Artikel schildert, Samen, wie sie von Höheren Pflanzen bekannt waren. Clusius war einer der ersten, der diese Theorie vertrat. Auch der bekannte Naturwissenschaftler Albrecht von Haller „erachtete 1768 die Cyathi als vivipar, also die Sporangiolen als junge Pflanzen, die nur noch auszuwachsen brauchten“ (HÖFER 1933: 40).

Mykologen folgen sicher auch ihrer Intuition, verlangen aber als Naturwissenschaftler zu jeder Theorie den unumstößlichen Beweis. Sie beschäftigten sich vor allem mit der Frage, auf welche Weise die kleinen Pilze ihre in den Peridiolen eingeschlossenen Sporen freisetzen, um Erhalt und Weiterverbreitung der Art zu gewährleisten. Schon 1877 vertrat Oscar BREFELD die These,



Cyathus stercoreus

Foto: T. L. R. LOHMEYER

dass T(h)iere daran beteiligt sein könnten. Er schrieb: „Da die Becher oft schon bald nach ihrer Öffnung die Sporangien verloren haben und leer sind, so scheint mir wahrscheinlich, dass sie von Thieren besucht werden. Dass diese die Sporangien forttragen, entweder absichtlich oder nur zufällig, indem sie ihre Beine in den sich auflösenden Hyphenknäuel verwickeln. Freilich habe ich nie Thiere in den Bechern angetroffen; es bleibt aber ohne die Beihilfe von Thieren kaum erklärlich, wie die Sporangien so schnell aus den Bechern herauskommen sollten. Es ist auch nicht unmöglich, dass die Sporangien, von den Thieren fortgetragen, später von diesen gefressen werden.“ Ohne sich darauf festzulegen zu wollen, geht Brefeld im weiteren Verlauf seiner Abhandlung davon aus, dass die Peridiolenwand erst im Magen eines Tieres aufgelöst wird und dadurch die Sporen freigibt – ein Phänomen, das von vielen Pilzen, insbesondere Ascomyceten, aus dem „fimikolen Milieu“ hinreichend bekannt ist (DOVERI 2004, BELL 1983). Auch Harold J. BRODIE (1951: 9) hielt es für wahrscheinlich, dass die Keimung der Teuerlingssporen durch die im Verdauungstrakt von Weidetieren herrschende Wärme begünstigt wird, wies aber darauf hin, dass der experimentelle Nachweis dafür noch nicht gelungen sei.

Weitere Autoren, die schon früh an eine Verbreitung durch Tiere glaubten, waren z. B. COKER & COUCH (1928: 173): „The peridioles do not open of their own accord, but liberate the spores only when eaten by insects (or when decayed).“ Die Frage blieb, wie die Tiere an die Peridiolen kamen. DODGE (1941) berichtete über die Gedanken eines ansonsten kaum in Erscheinung getretenen Beobachters namens John J. Shea, denen zufolge die Teuerlinge imstande seien, die Peridiolen aktiv abzuschleudern, im Erscheinungsbild vergleichbar mit dem Kugelschneller (*Sphaerobolus stellatus* Tode: Pers.), der seine Glebakugeln durch osmotischen Druck regelrecht abschießt.

Mit der „Spritzbecher“- (*splash-cup*)-These von BULLER (1942), die später von BRODIE (1951, 1975) aufgegriffen und weiterentwickelt wurde, änderte sich das Bild. DÖRFELT & RUSKE (2008: 74) beschreiben den Vorgang wie folgt: „Nach der Öffnung des ursprünglich ovalen und mit einem Deckel verschlossenen Fruchtkörpers wird dieser becher- bis trichterförmig; im

Becher hängen die Peridiolen an je einem Strang verschleimender Hyphen, einem Funiculus, der ursprünglich mit der Fruchtkörperbasis verbunden war. Durch Regentropfen, die in den Becher fallen, werden die Peridiolen herausgeschleudert, wobei sie den Schleimfaden wie einen Schweif hinter sich herziehen. Trifft eine Peridiole bei ihrem Schleuderflug auf ein Hindernis, etwa einen Grashalm, so wickelt sich der Schleimstrang wie ein Seil um den Halm. Die Peridiole bleibt dadurch hängen und befindet sich in einer günstigen Lage für die Freisetzung der Sporen, die durch Aufreißen der Peridiole entlassen werden.“

Die „splash-cup“-Theorie gilt seither als Lösung des Problems. Und zwar ohne jedes Wenn und Aber: „We can now conclude, however, that the sole force acting to eject the peridioles is that resulting from the kinetic energy of falling raindrops“ (BRODIE 1975: 229). In der Folgezeit wurde die Theorie vom Regentropfen-Volltreffer von den meisten Autoren, die sich mit den Teuerlingen beschäftigten, übernommen (vgl. z. B. DOVERI 2004).

Doch so überzeugend der Schleuder-Mechanismus auch sein mag, so sehr regen sich bei genauerer Betrachtung der Verhältnisse Zweifel an dessen vorrangiger oder gar alleiniger Funktion, zumal aus evolutionsbiologischer Sicht. Angesichts der äußerst feinen Differenzierung von Peridiolen, Funiculus und Becher erscheint es doch wenig wahrscheinlich, dass von Regentropfen ausgehender „Selektionsdruck“ eine ausreichende Erklärungsbasis darstellen könnte. Es lohnt sich daher, die Verhältnisse genauer zu betrachten und gründlicher zu untersuchen.

Wie sehen nun die Gegebenheiten aus? Bei den *Cyathus*-Arten und bei *Crucibulum laeve* entwickeln sich die jungen Fruchtkörper geschlossen keulen- bis stumpfsäulenförmig. Die Außenseite ist von Borsten oder filzartigem Tomentum bedeckt, die bei den einzelnen Arten unterschiedlich gefärbt sind; insbesondere das Gelborange der kleinen Tiegelteuerlinge ist sehr auffällig. Die Gebilde öffnen sich dann in einer außerordentlich präzisen Weise, sodass praktisch perfekte Becher entstehen, die innen glatt (z. B. bei *Cyathus olla*) oder vertikal gestreift (*C. striatus*) sind. Darin liegen, in der Tat wie Eier in einem Miniatur-Vogelnest, die sich farblich klar abhebenden Peridiolen. Sie sind rundlich-linsenförmig, bläulichgrau, glänzend braun, schwarz oder mattweiß gefärbt und sehen, aus der Nähe betrachtet, wie Pflanzensamen aus. Sie können wochen-, ja vielleicht monatelang in diesen Töpfchen verbleiben. Hauptentwicklungszeiten sind der Herbst, insbesondere der Spätherbst, und milde Wintermonate.



Cyathus olla



Foto: P. KARASCH *Cyathus striatus*

Foto: P. KARASCH

Teuerlinge findet man vor allem in Wäldern, auf Falllaub, an abgefallenen, modernden Ästen und Brettern, in Gärten und auf Gartenabfällen, auf Mist und Dung (vor allem *Cyathus stercoreus*) an Feldrainen und auf Brachäckern (vor allem *Cyathus olla*).

Als ein erster, für alle Arten gleichermaßen zutreffender Befund, der offenbar auch unabhängig ist vom genauen Wuchsort, kann die Präzision der „technischen Ausführung“ der Peridiolen in den Bechern gelten. Der Eindruck, dass es sich hierbei um eine besondere Bildung handelt, wird bekräftigt: Bildungsweise und Mechanismus erscheinen viel zu präzise und zu kompliziert, um einfach nur durch Regentropfen ausgelöst zu werden. Dies gilt besonders für den Haftmechanismus, den Funiculus. Wie soll gerade dieser bei strömendem Regen wirken? Dass man die mithilfe des klebrigen Funiculus an Halmen angehefteten Peridiolen in der unmittelbaren Nachbarschaft der Pilzfruchtkörper „entdecken kann“, wie DÖRFELT & GÖRNER (1989) schreiben, spricht nicht dagegen. Solche Befunde sind sicher korrekt und wurden ja auch experimentell nachvollzogen (BRODIE 1951, 1975).

Die Frage ist jedoch, was *vorher* geschah! Sie stellt sich umso mehr, als Teuerlinge an vielen Orten ihres Vorkommens gar nicht so direkt heftigem Regen ausgesetzt sein können, wie dies auf einem Acker oder einem abgeernteten Getreidefeld der Fall sein mag. Äcker sind, wie in einem geringeren Umfang auch Gärten, Sekundärstandorte und keine Repräsentanten von Primärnatur, in der sich diese Pilze ursprünglich entwickelt haben. In Wäldern kommt es aber kaum jemals zu so heftigen Regengüssen, dass schwere Tropfen an nicht besonders exponierten Stellen am Boden die doch vergleichsweise gewichtigen Peridiolen aus ihren Töpfchen schleudern würden (wobei zu berücksichtigen ist, dass die Funiculi *klebrig* sind, d. h. die Sporenkapseln eher *festhalten*). Noch weniger ist dies der Fall, wenn Laub am Boden liegt und die Pilze *darunter* aufwachsen. Ähnliches gilt sogar für Wuchsorte neben an sich gut exponierten, also „günstigen“ Gartenzäunen, wie sich sehr gut an einem kleinen Vorkommen von *Cyathus olla* in München-Obermenzing um die Jahreswende 2000/2001 beobachten ließ. Vom 26. November bis zum 28. Januar entwickelten sich dort 15 Fruchtkörper. Vom 14. Oktober 2001 bis zum 26. Januar 2002 kamen zehn weitere und schließlich vom 21. bis 27. September 2002 noch einmal zwei Exemplare hinzu. Fast alle der gezählten Fruchtkörper entwickelten und öffneten sich *unter* dem Laub, ebenso wie die 66 Tiegelchen von *Crucibulum laeve*, die sich in der Zeit vom 28. November 2000 bis zum 28. Januar 2001 in unmittelbarer Nachbarschaft entwickelten; eine spätere Zählung (am 24. Dezember 2002) ergab 20 zusätzliche Fruchtkörper.

In dem genannten Zeitraum gab es reichlich Regenfälle, die – nach Föhntagen – auch recht heftig ausfallen konnten. Auf die Peridiolen in den Bechern zeigten sie keinerlei Wirkung. Während die „Regentropfen-Hypothese“ unter günstigen Bedingungen also durchaus zutreffen mag, ist sie als evolutionärer Mechanismus zu diffus und nach den vorliegenden Beschreibungen nicht überzeugend.

Dies wirft erneut die Frage nach der Funktion auf. Gibt es (eine) andere Erklärungsmöglichkeit(en)? Ein Schlüssel zur Antwort liegt in den eingangs aufgeführten „Folklore“-Beobachtungen und ... bei Oscar Brefeld! Die kleinen Töpfchen *fallen auf!* Es sind ihre besondere Struktur, ihre Farbe und die Farbkontraste, die sie interessant machen. Für den Menschen, jedenfalls – aber könnte es nicht anderen Lebewesen genauso ergehen, und zwar solchen, die mindestens so gut wie wir Menschen sehen und Formen erkennen können und die von ihrer Lebensweise her genau dort tätig sind, wo die Pilze wachsen? Die Pilze ihrerseits sollten sich nicht nur

nicht vor ihnen verbergen, sondern sich mit ihrer Auffälligkeit etwas Besonders und Wichtiges von ihnen versprechen! Etwas, das den Evolutionsdruck erzeugt, die Präzision der Ausführung „eingestellt“ hat und weiter aufrecht erhält (vgl. z. B. COCKBURN 1995)

Die Lösung liegt auf der Hand: Vögel! Vögel, die an den Wuchsorten des Pilzes nach Nahrung suchen und dabei möglichst auch die vollen Töpfchen irgendwie nutzen. Solche Vögel gibt es und zwar in vergleichsweise großer Häufigkeit, Artenvielfalt und auch schon seit Millionen von Jahren. Es sind Drosseln und Rotkehlchen, die am Boden, im Laub scharren und mit dem Schnabel nach möglicherweise Verwertbarem picken und dieses, so nicht geeignet, mit einer Schleuderbewegung von sich werfen. Auch körnerfressende Singvögel suchen am Boden intensiv, zumal im Herbst und Winter, nach Nahrung. Sind Drosseln und Rotkehlchen vornehmlich „Weichfresser“ und Scharrer, so sind die Finkenvögel vorrangig Körnerfresser. Aber auch Meisen stellen sich im Winter bekanntlich auf Körnernahrung um, wobei die Kohlmeise im Wald auch viel am Boden sucht. Mit Kleinvögeln, die genau an den Stellen, wo die Teuerlinge wachsen, intensiv nach Nahrung suchen und dabei auch Ränder von Gebüschern bevorzugen, weil sich dort Insekten, Würmer und Samen in weit höherer Häufigkeit finden lassen als mitten im geschlossenen Wald, gibt es daher in großer Zahl mögliche Helfer bei der Evolution dieser besonderen Pilze. Es ist aber nicht nur das auffällige Äußere der Pilzfruchtkörper, das mit der



Die Amsel – ein „Peridiolenschleuderer“?

Foto: W. BAJOHR

Crucibulum laefe

Foto: P

Nahrungssuche der Vögel korrespondiert, sondern es findet sich hier auch eine Erklärung für den klebrigen Funiculus: Die Peridiolen können von den Vögeln beim Stochern mit dem Schnabel im Becher einfach weggeschleudert werden oder beim Scharren an den Beinen hängen bleiben und dadurch weiter fortgetragen werden.

Genau diese Möglichkeit hatte BREFFELD (1877) ja bereits in Erwägung gezogen. Von seiner Beobachtung ausgehend, ist es nur ein kleiner Schritt zu den – von ihm nicht *expressis verbis* erwähnten – Vögeln, die den Anforderungen des „Peridiolenfressers“ oder „Peridiolenschleuders“ am ehesten entsprechen. Die verblüffende Ähnlichkeit der Peridiolen mit manchen Pflanzensamen legt nahe, dass sie von den Tieren nicht nur aufgescharrt, sondern auch direkt mit dem Schnabel gefasst und verzehrt werden. Generell gilt, dass die große Mobilität der Vögel einen für die Teuerlinge wesentlich besseren Verbreitungsmechanismus darstellt als das einfache Hochgeschleudertwerden und Klebenbleiben der Peridiolen vor Ort. Das gezielte Scharren an – aus „Sicht“ der Teuerlinge – günstigen Stellen sollte sich, evolutionsbiologisch betrachtet, besonders lohnen. Und schließlich vermittelt diese Interpretation auch die Möglichkeit zu kontinuierlichen Übergängen in der Entwicklung. Diese sind bei der „Regentropfen-Hypothese“ kaum vorstellbar, weil so etwas erst dann einigermaßen funktionieren kann, wenn das System auf Seite der Pilze schon weitestgehend perfekt ausgebildet ist. Der Weg bis zu diesem (End)zustand ist auch bei Pilzen nicht so leicht und bedarf des anhaltenden Erfolges in evolutionsbiologischer Hinsicht.

Interessanterweise war es ausgerechnet Harold J. Brodie, der überzeugte Befürworter der „Splash-Cup-Theorie“, der in seinem Hauptwerk die potenzielle Verbreitung durch Vögel immerhin in Erwähnung zog – wenn auch nur, weil Botanikerkollegen ihn auf die Ähnlichkeit der Peridiolen mit Pflanzensamen aufmerksam gemacht hatten: „Several botanists have suggested to me that birds could possibly distribute peridioles by eating them as they would seeds. If peridioles eaten by birds are capable of passing undamaged through the birds' digestive apparatus a very important means of distribution would exist, for migratory birds fly far and might transfer fungi across large Water and mountains barriers” (BRODIE 1975: 112). Untersuchungen von SARASINI & PINA (1995) haben seither gezeigt, dass z. B. Kanarienvögel die Peridiolen fressen und dass sich in ihrem Kot freie Sporen und Hyphen der Peridiolenwände nachweisen lassen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Peridiolen-Bildung im offenen Becher als eine Anpassung an die Lebensgewohnheiten von Kleinvögeln interpretieren lässt, die an den Wuchsorten der Pilze nach Nahrung suchen. Die Peridiolen selbst können auch als „Samen-Mimikry“ aufgefasst werden, weil sie bei den Vögeln Interesse erzeugen und damit den eigentlichen Mechanismus der Ausbreitung auslösen. In Größe und Form stimmen sie jedenfalls in faszinierender Weise mit Pflanzensamen überein – und schließlich waren ja auch Menschen, die sich in früheren Jahrhunderten mit den Teuerlingen befassten, auf diese Mimikry „hereingefallen“! Auch die Jahreszeit der Fruchtkörperbildung fügt sich ins Bild.

Es war übrigens eine Amsel, die mich (J. H. R.) auf die Idee der Samen-Mimikry¹ brachte. Ich sah, wie sie das Laub wegscharrte, das sich am Gartenzaun meines damaligen Wohnsitzes im

¹ Streng genommen handelt es sich um eine „Phytomimese“, bei der Pflanzen oder Pflanzenteile nachgeahmt werden, während „Mimikry“ die Ähnlichkeit mit Tieren beschreibt. Vor allem im englischen Sprachraum wird Mimikry jedoch oft im weiteren Sinn aufgefasst, der auch die Mimese mit einschließt.

Münchener Westen angesammelt hatte – genau dort, wo sich *Crucibulum laeve* und *Cyathus olla* angesiedelt hatten. Wahrscheinlich wurde ein Töpfchen von *C. olla* dabei leer – aber das konnte ich damals nur vermuten.

Literatur:

- BELL, A. (1983) – *Dung fungi. An illustrated guide to coprophilous fungi in New Zealand.* Wellington.
- BESL, H. & A. BRESINSKY (2009) – Checkliste der Basidiomycota von Bayern. *Regensb. Mykol. Schr.* **16**: 1-868.
- BREFELD, O. (1877) – *Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze.* 3. Heft. Basidiomyceten 1. Leipzig.
- BRODIE, H. J. (1951) – The splash-cup dispersal mechanism in plants. *Can. J. Bot.* **29**: 224-234.
- (1975) – *The Bird's Nest Fungi.* Toronto, Buffalo.
- BULLER, A. H. R. (1942) – The splash cups of the bird's nest fungi, liverworts and mosses (Abstract). *Proc. Roy. Soc. Can.* **3**, **36**: 159.
- COCKBURN, A. (1995) – *Evolutionsökologie.* Deutsch von A. Kaschuba-Holtgrave. Stuttgart.
- COKER, W. C. & J. N. COUCH (1928) – *The Gasteromycetes of the Eastern United States and Canada.* Chapel Hill. Reprint New York 1974.
- DODGE, B. O. (1941) – Discharge of the sporangioles of bird's nest fungi. *Mycologia* **33**: 215-219.
- DÖRFELT T, H. & E. RUSKE (2008) – *Die Welt der Pilze.* Jena.
- DOVERI, F. (2004) – *Fungi fimicoli Italiani.* Centro Studi Micologici dell'A. M. B. Vicenza.
- EMBODEN, W. A. (1974) – *Bizarre Plants. Magical, Monstrous, Mythical.* London.
- HÖFER, K. (1933a) – Der gestreifte Teuerling (*Cyathus striatus* Huds.). *Zeitschr. f. Pilzk.* **17** (Alte Folge), **12** (neue Folge): 39-41.
- SARASINI (2005) – *Gasteromiceti epigei.* Centro Studi Micologici dell'A. M. B. Vicenza.
- SARASINI, M. & G. PINA (1995) – Nidulariaceae; prima parte. Ciclo vitale e caratteri generali: il genere *Crucibulum*. *Riv. Micol.* **38**(3): 237-252.
- SPOONER, B. & T. LAESSÖE (1994) – The Folklore of 'Gasteromycetes'. *Mycologist* **8**(3): 119-123.
- YING, J., X. MAO, Q. MA, Y. ZONG & W. HUAAN (1987) – *Icones of Medicinal Fungi from China.* Beijing.