

Schwermetalle in Höheren Pilzen, III *

Vanadium und Molybdän

Heavy Metals in Higher Fungi, III. Vanadium and Molybdenum

Hans-Ulrich Meisch, Johannes A. Schmitt und Wolfgang Reinle

Fachbereich 15.2, Biochemie, der Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Z. Naturforsch. 33 c, 1–6 (1978) ; eingegangen am 12. Dezember 1977/11. Januar 1978

Vanadium, Molybdenum, Higher Fungi, Amanitaceae

In several series of 212 samples, higher fungi, especially from the genus *Amanita* and related genera, were analyzed by atomic absorption spectroscopy on their content of the trace metals vanadium and molybdenum. Only vanadium was found to be present in high concentration in the fly agaric mushroom (*Amanita muscaria*), while 22 of its related species showed the normal V-content of the higher fungi tested. A correlation with the presence of molybdenum could not be detected. A special enrichment of Mo was not found in higher fungi. The analysis of several fruit bodies from *A. muscaria* showed that the highest V-content was present in the bulb and in the lamellae, both contents increasing with age, while the spores contained only 1–2% of the lamellar vanadium.

1. Einleitung

Aus einer Reihe von Untersuchungen ist bekannt, daß bestimmte Gruppen der Höheren Pilze zu außergewöhnlichen Anreicherungen an verschiedenen Schwermetallen fähig sind [1–3]. Ter Meulen [4] stellte dies erstmals beim Fliegenpilz (*Amanita muscaria*) fest, der mit mehr als 100 mg Vanadium/kg Trockengewicht besonders hohe Gehalte an diesem Metall aufweist. In einer weiterführenden Studie wurde diese Beobachtung von Bertrand [1] aufgegriffen, wobei sich herausstellte, daß zehn dem Fliegenpilz verwandte Knollenblätterpilzarten keine gleichermaßen hohe V-Gehalte aufwiesen. Auch vier andere Arten Höherer Pilze enthielten nur etwa 1% – 1% der im Fliegenpilz gefundenen Vanadiummengen. Allerdings traten auch innerhalb verschiedener Fruchtkörper von *A. muscaria* größere Schwankungen im V-Gehalt auf, die jedoch an dieser Stelle nicht erklärt werden konnten. Molybdän wurde in diesem Zusammenhang nicht bestimmt, doch wäre es möglich, daß die beiden nahe verwandten Metalle miteinander in Beziehung stehen, wie dies bei einigen Stoffwechselvorgängen in Mikroorganismen (N_2 -Fixierung, Nitratreduktion) gefunden wurde [5, 6]. Bei Ter Meulen [4] und Bertrand [7] finden sich einige Angaben über die Mo-Gehalte in Höheren Pilzen, jedoch ist eine größere Übersicht erforderlich, um mögliche Zusammenhänge mit dem Vorkommen von Vanadium erkennen zu können.

Im Rahmen unserer umfangreichen Studien über die Schwermetallgehalte in Höheren Pilzen [2, 3] und der Suche nach der essentiellen Wirkung des Vanadiums als Spurenelement in Pflanzen [8, 9], schien es sinnvoll, die V-Gehalte in Pilzen auf breiterer Basis als bisher zu ermitteln, zumal eine größere Anzahl der in Mitteleuropa vorkommenden *Amanita*-Arten ebenso wie Vertreter nahe verwandter Gattungen noch nicht auf ihre Gehalte an diesem Element untersucht worden sind. Die Einzigartigkeit der hohen V-Anreicherung im Fliegenpilz ist demnach erst dann gesichert, wenn eine größere Übersicht über die V-Gehalte in Höheren Pilzen vorliegt. Der Schwerpunkt der hier durchgeführten Metallanalysen lag daher bei den Vertretern der Gattung *Amanita* sowie bei solchen nahe verwandter Gattungen. Zum Vergleich dazu wurde ein Querschnitt durch weitere Gruppen der Höheren Pilze herangezogen, wobei jeweils Vanadium und Molybdän bestimmt wurden.

2. Experimentelles

Die untersuchten Pilze wurden zumeist im Laufe des Jahres 1977 in verschiedenen Teilen des Saarlandes gesammelt. Die Artbestimmung wurde anhand der Standardwerke von Moser [10], Bas [11], Kühner-Romagnesi [12] und Singer [13] vorgenommen. Zur Bestimmung der Scheidlinge (*Volvariella*) wurde zusätzlich die Arbeit von Derbsch

* II. Mitteilung: J. A. Schmitt, H.-U. Meisch u. W. Reinle, Z. Naturforsch. 32 c, 712 (1977).

Sonderdruckanforderungen an Dr. H.-U. Meisch, Fachbereich 15.2, Biochemie, der Universität des Saarlandes, D-6600 Saarbrücken 11.

[14] herangezogen. Neben makroskopischen und ökologischen Befunden dienten auch mikroskopische Merkmale (Sporengrößen und -formen, Basidien- und Cystidenformen) zur Unterscheidung der Arten. Zur Ergänzung und zum Vergleich wurde Pilz-Trockenmaterial aus den Herbarien von J. A. Schmitt, H. Derbsch * und G. Groß * herangezogen. Die getrockneten Pilze wurden wie früher beschrieben [2] aufbereitet und der Spurenanalyse mittels Atomabsorptionsspektroskopie unterworfen. Dazu diente das Gerät 420 der Firma Perkin-Elmer (Bodenseewerk) mit Graphitrohrküvette HGA-74 und Probenautomat AS-1. Für die V- und Mo-Analysen wurden die Graphitrohre zur Steigerung der Empfindlichkeit mit Pyrokohlenstoff beschichtet [15]. Alle angegebenen Metallgehalte beziehen sich auf das Trockengewicht (TG).

* Den Herren H. Derbsch, Völklingen, und Dr. G. Groß, Blieskastel, danken wir für die Überlassung von Herbariumaterial.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Metallanalysen auf Vanadium und Molybdän erfaßten einen repräsentativen Querschnitt von 88 Arten höherer Basidiomyceten. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag bei den Vertretern der Gattung *Amanita*, zu der der Fliegenpilz (*Amanita muscaria*) gehört, sowie bei den verwandten Gattungen *Volvariella* (Scheidlinge), *Pluteus* (Dachpilze) und *Limacella* (Schleimschirmlinge). Nach Singer [13] und Bas [11] wird die Gattung *Amanita* in die Sektionen *Caesareae*, *Vaginaria*, *Amanita*, *Phalloideae*, *Mappae*, *Valideae* und *Lepidella* unterteilt. Von den 34 in Mitteleuropa vorkommenden Arten konnten insgesamt 23 Vertreter aus allen Sektionen analysiert werden. Die Ergebnisse sind in Tab. I zusammengestellt.

Bei den in Tab. I untersuchten Knollenblätterpilz-Arten konnte nur im Fliegenpilz ein erhöhter V-Gehalt festgestellt werden. Mit im Mittel 160 mg V/kg

Tab. I. Vanadium- und Molybdängehalte in Pilzen der Gattung *Amanita*.

Art	Anzahl der Analysen *	Bereich der Gehalte [mg/kg TG **] an	
		Vanadium	Molybdän
<i>Section Vaginaria</i>			
<i>A. vaginata</i> (Bull. ex Fr.) Quél. [Grauer Scheidenstreifling]	8	<1 – 3,9	<0,5–0,5
<i>A. crocea</i> (Quél.) Singer [Orangegelber Scheidenstreifling]	5	<1 – 11,0	<0,5
<i>A. fulva</i> (Schff.) Pers. [Orangebrauner Scheidenstreifling]	6	<1 – 3,8	<0,5–0,6
<i>A. inaurata</i> Secr. [Grauflockiger Scheidenstreifling]	6	<1 – 3,8	<0,5
<i>A. umbrinolutea</i> Secr. [Zweifarbig Scheidenstreifling]	4	<1 – 5,2	<0,5–1,5
<i>A. badia</i> Gill. [Umbrabrauner Scheidenstreifling]	1	3,9	<0,5
<i>A. lividopallescens</i> Gill. [Blaßbrauner Scheidenstreifling]	7	<1 – 4,0	<0,5–0,8
<i>Section Caesareae</i>			
<i>A. caesarea</i> (Scop. ex Fr.) Pers. ex Schw. [Kaiserling]	1	1,9	<0,5
<i>Section Amanita</i>			
<i>A. gemmata</i> (Fr.) Gill. [Wachselgelber Wulstling]	10	<1 – 5,3	<0,5
<i>A. eliae</i> Quél. [Isabellfarbener Wulstling]	6	<1 – 6,8	<0,5
<i>A. pantherina</i> (DC ex Fr.) Secr. [Pantherpilz]	11	<1 – 4,3	<0,5
<i>A. muscaria</i> (L. ex Fr.) Hooker [Fliegenpilz]	13 Mittelwert:	56,6–325,1 160,8	<0,5–1,9

Tab. I (Fortsetzung)

Art	Anzahl der Analysen *	Bereich der Gehalte [mg/kg TG **] an	
		Vanadium	Molybdän
Section Phalloideae			
<i>A. phalloides</i> (Vaill. ex Fr.) Secr. [Grüner Knollenblätterpilz]	8	<1 – 2,3	<0,5–1,5
<i>A. phalloides</i> var. <i>verna</i> Bull. [Weißer, flachhüttiger Knollenblätterpilz]	2	<1	<0,5–4,3
<i>A. virosa</i> Lam. ex Secr. [Weißer, spitzhüttiger Knollenblätterpilz]	1	1,7	<0,5
Section Mappae			
<i>A. citrina</i> (Schiff.) S. F. Gray [Zitronengelber Knollenblätterpilz]	6	<1 – 8,2	<0,5
<i>A. citrina</i> (Schiff.) S. F. Gray var. <i>alba</i> Gill. [Zitronengelber Knollenblätterpilz, Albino]	4	<1 – 8,8	<0,5
<i>A. porphyrea</i> (A. & S. ex Fr.) Secr. [Porphyrbrauner Wulstling]	3	1,0	<0,5
Section Validae			
<i>A. spissa</i> (Fr.) Kummer [Grauer Wulstling]	10	<1 – 4,9	<0,5–0,7
<i>A. spissa</i> var. <i>excelsa</i> Fr. [Hoher Wulstling]	1	<1	<0,5
<i>A. rubescens</i> (Pers. ex Fr.) S. F. Gray [Perlspilz]	14	<1 – 6,1	<0,5
<i>A. aspera</i> (Fr.) Hooker [Strohgelber Wulstling]	2	<1	<0,5
Section Lepidella			
<i>A. strobiliformis</i> (Paul. ex Vitt.) Bertillon [Fransiger Wulstling]	2	2,4 – 2,5	<0,5
<i>A. echinocephala</i> (Vitt.) Quéel. [Stachelschuppiger Wulstling]	1	<1	<0,5

* Belegstücke mit Standortangaben in Herbar J. A. Schmitt.

** TG, Trockengewicht.

TG lagen die V-Gehalte gegenüber denjenigen der anderen Arten (Mittelwerte 1–4 mg/kg) um fast zwei Zehnerpotenzen höher. Die Schwankungen innerhalb einer Art sind dabei nicht mit den entsprechenden Bodentypen korreliert. Der Molybdän-Gehalt lag im allgemeinen unter 0,5 mg/kg TG, bei wenigen Ausnahmen zwischen 1 und 4 mg/kg. Auch *A. muscaria* mit den höchsten V-Gehalten stellte diesbezüglich keine Ausnahme dar, so daß ein Zusammenhang zwischen Mo und V auch beim Fliegenpilz wenig wahrscheinlich ist. Nachdem die Untersuchung der Gattung *Amanita* nur beim Fliegenpilz die bereits bekannte V-Anreicherung bestätigen konnte, während alle anderen *Amanita*-Arten weit weniger an diesem Metall enthielten, war es interessant, weitere mit *Amanita* verwandte Pilzgattun-

gen auf ihre V- und Mo-Gehalte zu überprüfen. Dazu wurden 20 Arten aus der Familie der Wulstlingsartigen (*Amanitaceae*), vertreten durch die Gattungen *Volvariella*, *Pluteus* und *Limacella* ausgewählt. Weiterhin interessierte ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Vanadiumgehalt und dem Auftreten des Pilzgiftes Muscarin, das innerhalb der Gattung *Amanita* nur in *A. muscaria* und in *A. pantherina* (Pantherpilz) enthalten ist [16]. Aus diesem Grund wurden einige Vertreter der Gattung *Inocybe* (Rißpilze) und *Rhodophyllus* (Rötlinge) analysiert, die allgemein mehr Muscarin enthalten als der Fliegenpilz [17]. Die Ergebnisse sind in Tab. II aufgeführt. Tab. II zeigt, daß alle hier untersuchten Pilzarten keine Besonderheiten in ihren V- bzw. Mo-Gehalten aufweisen. Die Werte für Vana-

Tab. II. Vanadium- und Molybdängehalte in *Amanita*-verwandten Pilzgattungen, in Rötlingen und in Rißpilzen.

Art	Anzahl der Analysen *	Bereich der Gehalte [mg/kg TG **] an	
		Vanadium	Molybdän
Genus <i>Limacella</i> [Schleimschirmpilze]			
<i>L. illinita</i> (Fr.) Murr. [Weißgrauer Schleimschirmpilz]	1	3,5	0,5
<i>L. guttata</i> (Fr.) Konr. & Maubl. [Getropfter Schleimschirmpilz]	2	<1	<0,5
Genus <i>Volvariella</i> [Scheidlinge]			
<i>V. speciosa</i> (Fr.) Sing. var. <i>gloiocephala</i> (DC ex Fr.) Sing. [Grauer Scheidling]	1	<1	0,5
<i>V. murinella</i> (Quél.) Moser, ss. Quél. [Graufaseriger Scheidling]	2	1,0–2,3	<0,5–0,5
<i>V. plumulosa</i> (Lasch ex Oudem.) Sing. ss. Lge. [Gelbbräunlicher Scheidling]	1	<1	<0,5
<i>V. hypopithys</i> (Fr. ex Karst.) Moser [Wolliger Scheidling]	1	2,9	0,5
Genus <i>Pluteus</i> [Dachpilze]			
<i>P. atricapillus</i> (Secr.) Singer [Rehbrauner Dachpilz]	5	<1 – 1,8	<0,5
<i>P. salicinus</i> (Pers. ex Fr.) Kummer [Grauer Dachpilz]	4	<1 – 2,1	<0,5–0,8
<i>P. roseipes</i> v. Hoehn. [Rosastieliger Dachpilz]	1	<1	<0,5
<i>P. leoninus</i> (Schff. ex Fr.) Kummer [Löwengelber Dachpilz]	2	<1 – 3,8	0,6–1,2
<i>P. umbrosus</i> (Pers. ex Fr.) Kummer [Schwarzflockiger Dachpilz]	2	<1	<0,5
<i>P. thomsonii</i> (Berk. & Br.) Dennis [Aderiger Dachpilz]	1	<1	<0,5
<i>P. semibulbosus</i> (Lasch ap. Fr.) Gill.	1	<1	<0,5
<i>P. phlebophorus</i> (Dittm. ex Fr.) Kummer [Netzaderner Dachpilz]	4	1,4–7,5	<0,5
<i>P. atromarginatus</i> (Konr.) Kühner [Schwarzschneidiger Dachpilz]	1	<1	<0,5
<i>P. lutescens</i> (Fr.) Bres.	1	1,4	<0,5
<i>P. patricius</i> Schulz. [Weißseidiger Dachpilz]	1	<1	<0,5
<i>P. nanus</i> (Pers. ex Fr.) Kummer [Flockigbereifter Dachpilz]	1	<1	<0,5
Genus <i>Rhodophyllus</i> [Rötlinge]			
<i>R. sepium</i> (Noulet-Dassier) Romagn. [Schlehen-Rötling]	2	<1 – 2,6	<0,5
<i>R. sinuatus</i> (Bull. ex Fr.) Singer [Riesen-Rötling]	1	<1	0,6
Genus <i>Inocybe</i> [Rißpilze]			
<i>I. corydalina</i> Quél. [Grüngebuckelter Rißpilz]	1	1,1	<0,5
<i>I. fastigiata</i> (Schff. ex Fr.) Quél. [Kegeliger Rißpilz]	2	<1	<0,5
<i>I. geophylla</i> (Sow. ex Fr.) Kummer var. <i>violacea</i> Pat. [Erdblättriger Rißpilz]	1	<1	<0,5
<i>I. jurana</i> Pat. [Weinroter Rißpilz]	1	<1	<0,5

* Belegstücke mit Standortangaben in Herbar J. A. Schmitt. ** TG, Trockengewicht.

dium liegen dabei meist um oder unter 1 mg/kg TG. Geringfügig mehr Vanadium (bis 7,5 mg/kg) findet sich nur bei dem holzbewohnenden *Pluteus phlebophorus* (Netzadriger Dachpilz). Die Mo-Gehalte bewegen sich ähnlich wie bei den *Amanita*-Arten fast immer um oder unter 0,5 mg/kg TG. Nach diesen Befunden ist eine dem Fliegenpilz analoge V-Anreicherung in Pilzarten der mit *Amanita* verwandten Gattungen auszuschließen, wobei auch keine Zusammenhänge mit dem Auftreten von Muscarin zu erkennen sind.

Da uns aus früheren Untersuchungen [2, 3] umfangreiches Pilz-Analysenmaterial zur Verfügung stand, wurden auch Vertreter aus allen weiteren wichtigen Gattungen der Höheren Pilze auf ihre V- und Mo-Gehalte analysiert. Bei insgesamt 40 in diesem Zusammenhang untersuchten Arten lagen die V- und Mo-Werte auch hier ausnahmslos im Bereich um oder unter 1 mg V/kg TG bzw. in der Größenordnung von 0,5 mg Mo/kg TG, so daß auf eine tabellarische Übersicht verzichtet wird.

Aus allen hier durchgeföhrten Analysen ist somit zu entnehmen, daß der hohe Vanadiumgehalt im Fliegenpilz im Bereich der Höheren Pilze eine absolute Ausnahme darstellt, wobei keinerlei Zusammenhänge mit den Gehalten an dem Spurenmetall Molybdän zu erkennen sind. Außergewöhnliche Anreicherungen an Molybdän treten nach den vorliegenden Ergebnissen bei Basidiomyceten nicht auf.

Betrachtet man die einzelnen V-Gehalte in *Amanita muscaria*, so fällt auf, daß hier ziemlich große Schwankungen auftreten (50 – 325 mg/kg TG). Es ist zu vermuten, daß unterschiedliche V-Gehalte des Boden am Pilzstandort dafür verantwortlich sind. Zur Beantwortung dieser Frage wurden von vier Fundstellen nicht nur die Pilze, sondern auch die Böden am Standort analysiert. Die Ergebnisse finden sich in Tab. III.

Tab. III zeigt, daß die unterschiedlichen V-Gehalte in den Fliegenpilzen keinesfalls durch die wechselnden Konzentrationen an Vanadium in den Böden induziert werden. Sowohl Bodentyp als auch der Vanadiumgehalt am Standort scheinen keinen direkten Einfluß auf die V-Anreicherung in *A. muscaria* auszuüben, denn die Anreicherungsfaktoren können auf dem gleichen Bodentyp um den Faktor 10 variieren. Aus diesem Grund interessierte die Verteilung des Vanadiums in den einzelnen Abschnitten der Pilz-Fruchtkörper, wobei auch eine Differenzierung nach dem Alterszustand der einzel-

Tab. III. Vanadiumgehalte in *Amanita muscaria* und in den Böden am Standort.

Exsikkat-Nr. *	Standort **	V-Gehalt [mg/kg]	Anreicherungsfaktor P/B ***
5313	L, S	P 249,8 B 4,2	59,5
5305	L, S	P 78,8 B 14,8	5,3
5314	L, R	P 209,7 B 18,0	11,6
5328	N, R	P 122,8 B 9,7	12,6

* In Herbar J. A. Schmitt.

** L, Laubwald; N, Nadelwald; R, Rhyolith; S, Sand.

*** P, Pilz; B, Boden.

nen Pilze vorgenommen wurde. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Abb. 1 graphisch dargestellt.

Aus Abb. 1 ist zu ersehen, daß die Knollen der Fliegenpilze die höchsten V-Anteile aufweisen, wobei die Anreicherung des Metalls altersbedingt zunimmt. So wurden in der Knolle des ältesten Exemplares über 0,1% V gefunden. Stiel, Hutfleisch und Huthaut enthalten etwa gleichviel Vanadium, aber insgesamt deutlich weniger als die Knolle, während überraschenderweise der V-Gehalt in den Lamellen wieder stärker zunimmt, wobei ein deutlicher An-

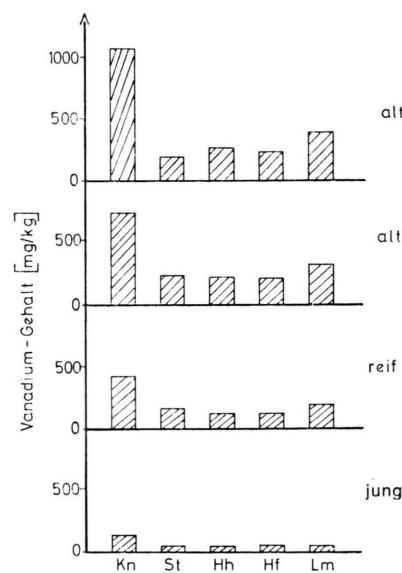


Abb. 1. Vanadium-Verteilung in verschiedenen alten Fruchtkörpern von *Amanita muscaria*. Kn, Knolle; St, Stiel; Hh, Huthaut; Hf, Hutfleisch; Lm, Lamellen.

stieg der V-Anreicherung mit dem Reifegrad der Lamellen erkennbar ist. Im Hinblick auf diese Befunde wurden hier erstmals auch die Sporen von *A. muscaria* auf ihren Gehalt an Vanadium analysiert. Ließ man einige reife Hüte dieser Pilzart über Nacht auf einer abgedeckten Glasplatte aussporen, so erhielt man je nach Hutgröße zwischen 200 und 500 mg frischer, weißer Sporen, die nach Trocknung wie üblich aufgeschlossen und auf ihren V-Gehalt analysiert wurden. Dabei ergab sich, daß der hohe V-Gehalt der Lamellen nur zu etwa 1–2% auf die Sporen übertragen wird, denn letztere enthielten nur zwischen 1 und 5 mg V/kg Trockengewicht (ϕ 2,5 mg V/kg, gemittelt aus 4 Proben).

Es stellt sich nun die Frage nach der biochemischen Bedeutung der hohen V-Anreicherung in den einzelnen Fruchtkörperteilen von *Amanita muscaria*. Hierbei scheint der Knolle eine Funktion als anreicherndes bzw. speicherndes Organ zuzukommen, von wo aus mit fortschreitender Reife zunehmend Vanadium über Stiel und Hut in die Lamellen transportiert

wird. Möglicherweise steht das Spurenmetall in Zusammenhang mit der Ausbildung oder Reifung der Sporen, ohne jedoch selbst in nennenswertem Umfang in die Sporen überzugehen. Ein V-haltiger Naturstoff, das „Amavadin“, ist schon früher aus *A. muscaria* isoliert und in seiner Struktur aufgeklärt worden [18], jedoch ist dessen biochemische Funktion bisher unbekannt. Möglicherweise stellt das Amavadin nur eine Speicher- oder Transportverbindung des Vanadiums dar, während die eigentliche Funktion des Spurenmetalls an anderer Stelle zu suchen ist. Hier sollten Untersuchungen des Amavadin-Gehaltes in den verschiedenen Teilen des Filz-Fruchtkörpers zur Klärung beitragen.

Wenn auch in der vorliegenden Arbeit die herausragende Stellung des Fliegenpilzes innerhalb der Höheren Pilze hinsichtlich seiner hohen Vanadium-Anreicherung abgesichert werden konnte, so ist man jedoch weit davon entfernt, die physiologische Bedeutung dieses außergewöhnlichen Phänomens zu verstehen.

- [1] D. Bertrand, Bull. Soc. Chim. Biol. **25**, 194 (1943).
- [2] H.-U. Meisch, J. A. Schmitt u. W. Reinle, Z. Naturforsch. **32 c**, 172 (1977).
- [3] J. A. Schmitt, H.-U. Meisch u. W. Reinle, Z. Naturforsch. **32 c**, 712 (1977).
- [4] H. Ter Meulen, Rec. Trav. Chim. Pays-Bas **50**, 491 (1931).
- [5] H. Bortels, Zbl. Bakt. II. Abt. **87**, 476 (1933).
- [6] H. L. Jensen u. D. Spencer, Proc. Linnean Soc. New South Wales **72**, 73 (1947).
- [7] D. Bertrand, Bull. Soc. Chim. Biol. **22**, 60 (1940).
- [8] H.-U. Meisch u. H.-J. Bielig, Arch. Microbiol. **105**, 77 (1975).
- [9] H.-U. Meisch, H. Benzschawel u. H.-J. Bielig, Arch. Microbiol. **114**, 67 (1977).
- [10] M. Moser, Die Röhrlinge und Blätterpilze, in Kleine Kryptogamenflora, Bd. II b/2, Basidiomyceten II. Teil (W. Gams, Hrsg.), VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1967.
- [11] C. Bas, Persoonia **5**, 285 (1969).
- [12] R. Kühner u. H. Romagnesi, Flore Analytique des Champignons Supérieurs, Ed. Lechavalier, Paris 1953.
- [13] R. Singer, The Agaricales in Modern Taxonomy, A. R. Gantner Verlag, Vaduz 1975.
- [14] H. Derbsch, Volvariella Speg., im Selbstverlag, Völklingen 1973.
- [15] E. Wiedeking u. W. Sigl, Atomic Absorption Appl. Lab. **5/D**, Bodenseewerk Perkin-Elmer, Überlingen 1977.
- [16] C. H. Eugster, Über den Fliegenpilz, Neujahrsblatt der Naturforsch. Ges. Zürich, 1967.
- [17] E. Michael u. B. Hennig, Handbuch für Pilzfreunde, Bd. I, S. 59, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1968.
- [18] H. Kneifel u. E. Bayer, Angew. Chem. **85**, 542 (1973).