

TJAKKO STIJVE, DANIEL ANDREY & WALTER GOESSLER

Anreicherung verschiedener Metalle durch *Fuligo septica* und einigen anderen Schleimpilzen (*Myxomycetes*)

STIJVE, T., ANDREY, D., & W. GOESSLER (2001): Accumulation of several metals by *Fuligo septica* and some other *Myxomycetes*. *Boletus* 24(1), 54-59.

Abstract: Seventeen collections of 5 slime mould (*myxomycetes*) species *Fuligo septica* (L.) WIGGERS, *Enteridium splendens* MORGAN, *E. lycoperdon* BULL., *Tubifera ferruginosa* (BATSCH) J.F. GMEL. and *Lycogala epidendrum* (L.) FR. were analysed for about 60 chemical elements. It was confirmed that *Fuligo septica* strongly accumulates zinc (up to 3600 mg/kg on dry matter), and to a far lesser extent also iron and cadmium. For the first time, it is reported that *F. septica* not only strongly concentrates calcium (4,8 – 11,2 %), but also barium (294 – 15190 mg/kg), strontium (237 – 2190 mg/kg) and manganese (116 – 4570 mg/kg). On the other hand, copper was virtually excluded. The significance of these findings is briefly discussed. Other slime mould species had far lower levels of these metals. It is worth noting that *Lycogala epidendrum* has a strong affinity for tin (up to 30 mg/kg), whereas only traces were found in the other myxomycetes. In their affinity for metals slime moulds differ strongly from micro- and macromycetes. Their placement in a separate Kingdom is therefore once again justified.

Key words: Myxomycetes, slime mould, metal, accumulation, *Fuligo*, *Enteridium*, *Tubifera*, *Lycogala*

Während der letzten 25 Jahre ist es wiederholt beobachtet worden, dass viele höhere Pilze selektiv Metalle und sogar einige Nichtmetalle aus ihren Substraten anreichern (MJESTRIK & LEPSOVA 1992; STIJVE 1993). So haben zum Beispiel viele Vertreter der Gattung *Agaricus* einen üblen Ruf wegen ihres hohen Quecksilber – und Cadmiumgehalts (STIJVE & BESSON 1976; MEISCH *et al.* 1977). Auch wird das Metalloid Arsen in hohen Konzentrationen in solchen nicht verwandten Pilzarten wie *Entoloma lividum* und *Sarcosphaera coronaria* angetroffen (STIJVE *et al.* 1990). Es gibt jetzt sogar eine ganze Literatur auf diesem Gebiet, die auch die Anreicherung der Radionuclide, vor allem die während der Chernobyl-Katastrophe freigesetzten Caesium-Isotope, umfasst. Viele Untersucher haben Pilzarten wie *Laccaria amethystina*, *Xerocomus ba-*

dus, *Paxillus involutus*, *Rozitus caperatus* u.a. als Bioindikatoren für die Kontamination gewisser Gegenden mit radioaktivem Caesium benützt (STIJVE & PORETTI 1990).

Mit Ausnahme einer einzigen Veröffentlichung von SETÄLÄ & NUORTEVA (1989) ist dagegen fast nichts über die Fähigkeit der Schleimpilze (*Myxomyceten*) Metalle und andere Elemente aus ihren Substraten aufzunehmen, bekannt. In einer Umweltverschmutzungsstudie in Südwest-Finnland haben diese Wissenschaftler die Konzentrationen gewisser Metalle in verschiedenen Schleimpilzen mit jenen von Waldbeerlaub verglichen. Zu diesem Zweck wurden folgende Metalle ausgewählt: Aluminium und Eisen (mengenmäßig die wichtigsten im Boden), Zink und Kupfer (essentielle Spurenelemente für Pflanzen), Quecksilber und Cadmium (be-

kanntlich hochtoxische Metalle). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Tabelle I zusammengefasst. Es ist ersichtlich, dass Aluminium, Kupfer und Quecksilber nicht von den zwei Schleimpilzen angereichert werden. Dagegen hat die Gemeine Lohblüte, *Fuligo septica* (L.) WIGGERS, eine ausgesprochene Affinität zu Zink, denn es enthält im Durchschnitt 240 Mal mehr als das Waldbeerlaub. Die Eisen- und Cadmiumgehalte sind auch höher als jene im Substrat, aber die Mengen sind weniger Aufsehen erregend. Dies trifft auch für *Symphytocarpus flaccidus*, *Amaurochaete atra*, *Ceratiomyxa fruticulosa* und eine *Stemonitis* Art zu, die auch von den finnischen Autoren analysiert wurden. Die hohe Zinkmenge in *Fuligo septica* ist ziemlich rätselhaft, denn sie ist ja viel höher als in Pilzen, die im Durchschnitt weniger als 100 mg/kg Trockenmasse enthalten. Einige Beispiele von zinkanhäufenden Pilzarten sind *Macrolepiota procera* mit 386 mg/kg (BYRNE ET AL. 1976) und *Hygrophorus nitratus*, in welchem nicht weniger als 1025 mg/kg gemessen wurden (TYLER 1980). Obwohl der Schleimpilz auch Cadmium anreichert, sind die Mengen viel niedriger als jene, denen man z.B. in Egerlingen (*Agaricus*) begegnet (MEISCH et al. 1977). Analysen von Herbariumbelegen zeigten, dass die Zink- und Cadmiumkonzentrationen in *F. septica* aus den Jahren 1860, 1909, 1935 und 1959 in der selben Größenordnung lagen wie in Material von 1989 und darum wohl nichts mit Um-

weltverschmutzung zu tun haben können. SETÄLÄ & NUORTEVA (1989) weisen darauf hin, dass die Mengen an Zink so hoch sind, dass es unverständlich ist, wie der Organismus des Schleimpilzes diese tolerieren kann. Sie sind der Meinung, dass das Metall, wahrscheinlich als Enzymaktivator in einem Entgiftungssystem, gegen einen gefährlicheren Faktor Schutz bietet. Zur Nachprüfung dieser Hypothese wäre die Aufklärung der chemischen Form des Zinkes im Schleimpilz ein erster angebrachter Schritt.

Es ist bedauerlich, dass der Veröffentlichung der finnischen Autoren offenbar nicht die Aufmerksamkeit gewidmet wurde, die ihr sicher gebührt, denn in den letzten 10 Jahren hat es niemand für nötig befunden, Metalle in Schleimpilzen näher zu untersuchen.

Die vorliegende Veröffentlichung berichtet vom Vorkommen verschiedener Metalle in 5 gemeinen Schleimpilzarten, gesammelt in Australien, Kanada, New Mexico und der Schweiz. Die angewandte analytische Methode bestand aus einem sauren Aufschluss, gefolgt von einer ICP-MS Bestimmung von 60 Elementen (ZBINDEN & ANDREY 1997). Einige Elemente, für welche dieses MS-Verfahren etwas problematisch war, wurden mittels ICP-AES (AOAC-Methode 1996) bestimmt. Die Resultate für 17 Muster sind in der Tabelle II aufgeführt. Für etwa 50 Elemente – seltene Erden und einige Nicht-Metalle, wie Arsen, Antimon und Selen inbegriffen – waren die gefundenen Konzentrationen zu niedrig, um

Tabelle I: Metallkonzentrationen in zwei in Südwest-Finnland gesammelten Schleimpilzarten, verglichen mit dem Substrat (in mg/kg Trockengewicht)
Ref.: SETÄLÄ & NUORTEVA (1989)

<i>Vaccinum</i> (Blätter) n = 15		Aluminium	Eisen	Zink	Kupfer	Cadmium	Quecksilber
Bereich	52 – 540	8 - 120	10 - 160	4,3 - 17	0,02 – 0,18	n.n. – 0,06	
Mittelwert	230	73	50	8,7	0,12	-----	
<i>Fuligo septica</i> n = 15		Aluminium	Eisen	Zink	Kupfer	Cadmium	Quecksilber
Bereich	9 – 370	22 - 720	4000 – 20.000	n.n. – 23	0,40 – 9,8	0,013-0,057	
Mittelwert	96	264	12.160	11,3	2,44	~ 0,03	
<i>Tubifera ferruginosa</i> n = 3		Aluminium	Eisen	Zink	Kupfer	Cadmium	Quecksilber
Bereich	9 – 99	13 - 96	150 – 570	19 – 26	1,2 - 4,6	---	
Mittelwert	51	55	310	21	2,8	---	

n. n. = nicht nachweisbar n = Zahl der Proben

von Interesse zu sein und werden daher hier nicht aufgeführt. Die Ergebnisse für *Fuligo septica* sind sehr bemerkenswert. In Übereinstimmung mit SETÄLÄ & NUORTEVA (1989) fanden wir hohe Konzentrationen an Zink, die um eine Zehnerpotenz schwankten. Dagegen wird hier zum ersten Male berichtet, dass *Fuligo* nicht nur Calcium, sondern auch Barium und Strontium – Metalle aus derselben chemischen Gruppe – in großen Mengen anreichert. Die Anwesenheit von viel Kalk in gewissen Schleimpilzarten wurde schon im 19. Jahrhundert von SCHWEINITZ (1832) beobachtet, aber die Rolle des Calciums zum Aufbau des Peridiums wurde erst kürzlich von SCHOKNECHT & KELLER (1979, 1989) studiert. Wir beobachteten, dass der Calciumgehalt mit dem Lebenszyklus des Schleimpilzes schwankt: das gelbe Plasmodium enthielt viel weniger als alte Aufsammlungen, die fast ausschließlich aus Sporen bestanden. Diese Vorliebe für Kalk wird nicht oder nicht in der selben Masse von den anderen vier Schleimpilzen geteilt, obwohl die Calciumkonzentrationen – ausgenommen die von *Tubifera* – deutlich höher sind als jene, die in Macromyceten gemessen wurde (SEEGER 1981). Calcium ist zweifellos für *F. septica* ein notwendiges Element, aber die Anwesenheit beachtlicher Mengen der schwach toxischen Metalle Strontium und Barium ist etwas überraschend. Wie schon erwähnt, sind diese Metalle chemisch verwandt und werden daher wahrscheinlich zusammen mit dem Calcium aus dem Boden aufgenommen. Da das Element Radium zu derselben Gruppe gehört, haben wir ein Muster *Fuligo* – aus mehreren Aufsammlungen bestehend – mittels Gamma-Spektrometrie untersucht und fanden tatsächlich eine kleine, aber signifikante Menge an Ra 226 (670 Bq/kg).

Noch erstaunlicher ist die Anwesenheit einer kolossalen Menge Mangan neben relativ wenig Eisen. Diese Metalle sind bekanntlich auch verwandt, aber in den meisten Lebewesen herrscht Eisen vor, mit Ausnahme der *Phallales* (SCHMITT et al. 1977) und Vertreter der Gattung *Panaeolus*, worin das Verhältnis Eisen zu Mangan oft < 1 ist (STIJVE & BLAKE 1994).

Lycogala epidendrum reichert offenbar Kupfer an, während die anderen vier Schleimpilze dieses Metall eher ausschließen. Es ist bemerkenswert, dass in allen untersuchten Schleimpilzen das essentielle Element Magnesium in denselben Konzentrationen wie in höheren Pilzen vorliegt. Der Magnesiumgehalt der Pilze ist nur geringen Schwankungen unterworfen, denn die Variationsbreite innerhalb einer Gattung ist nicht größer als ein Faktor 2 (SEEGER 1979). Das Metall Kalium, das in grünen Pflanzen und in Macromyceten quantitativ das wichtigste Kation darstellt, ist in Schleimpilzen eher schlecht vertreten. Die in Tabelle II aufgeführten Konzentrationen sind sogar noch niedriger als jene der *Polyporaceae*, die im durchschnitt etwa 1 % Kalium in der Trockenmasse enthalten (SEEGER 1978).

In Pilzen spielt das Metalloid Phosphor eine Schlüsselrolle im interzellulären Transport mancher Metalle (als lösliche komplexe Phosphate) und ihrer Menge ist tatsächlich positiv mit den anwesenden Schwermetallkonzentrationen korreliert. Mycorrhizapilze enthalten durchschnittlich 0,61 % P, während Saprophyten mindestens die doppelte Menge brauchen. Dies könnte erklären, warum *Agaricus* – Arten oft viel mehr Quecksilber, Cadmium, Silber, Blei und andere Metalle als Symbionten, wie z.B. *Russulae* und *Boleten*, enthalten. (QUINCHE 1997). Dies trifft aber nicht für Schleimpilze zu, denn der Phosphorgehalt von *Tubifera ferruginosa* (die ja arm an Metallen ist) unterscheidet sich kaum von jenem der *F. septica*, die, vor allem im Sporen bildenden Stadium, jede Menge Metalle (Ca, Ba, Sr, Zn, Mn) enthält.

Zur Zeit ist fast nichts über die chemischen Formen der Metalle im Schleimpilz bekannt. Beim Übergießen der Sporenmasse des *Fuligo* mit verdünnter Salzsäure wurde unter Aufbrausen Kohlensäuregas abgegeben, was darauf hinweist, dass ein wichtiger Teil des Calciums als Carbonat vorliegt, wie dies auch der Fall für die *Peridia* von Vertretern zweier Myxomycetenfamilien ist. Calciumoxalatkristalle, die man mühelos im Gewebe mancher grüner Pflanzen und, seltener, auch in Macromyceten beobachten kann, waren in *Fuli-*

go septica weder mikroskopisch noch chemisch nachweisbar. Die Möglichkeit, dass ein Teil der Metalle als Silikat, Sulfat oder sogar als Salz organischer Säuren vorliegt, wird noch untersucht. Schließlich sollten noch zwei weitere Metalle in den Schleimpilzen erwähnt werden: die gefundene Mengen an hochtoxischem Cadmium sind niedrig und nur geringen Schwankungen unterworfen. Dagegen wurde in *Lycogala epidendrum* nicht weniger als 20 mg /kg Zinn gefunden. Dieses Metall wird in Pflanzen, Pilzen und Tieren meistens nur in viel geringeren Mengen gefunden. Über eine mögliche biologische Rolle des Zinns ist nichts bekannt. Es wäre interessant, verwandte Schleimpilzarten auch auf Zinn zu untersuchen.

Das Vorkommen höherer Konzentrationen

von Schwermetallen in Speisepilzen hat einige Besorgnis erregt, vor allem in Deutschland, wo das Bundesgesundheitsamt Richtlinien zur Verzehreinschränkung gewisser Arten veröffentlicht hat (Anonymous, 1978). In diesem Zusammenhang sollte man erwähnen, dass Plasmodia von *F. septica* und *Aethalia* von *Enteridium lycoperdon* von gewissen Teilen der Bevölkerung in der Gegend von Veracruz (Mexiko) gebraten und gegessen werden. Die großen Fruchtkörper, die man dort sammeln kann, werden von den Eingeborenen „caca de luna“ (!) genannt (VILLARREAL 1983; MONTOYA-ESQUIVEL 1992). Da diese exotischen Speisen sehr wahrscheinlich nur einen vernachlässigbaren Teil der lokalen Diät ausmachen, wird wohl kaum Gefahr einer chronischen Zink-, Mangan – oder Barium-

Tabelle II: Phosphor – und Metallkonzentrationen in fünf Schleimpilzarten

ELEMENT	<i>Fuligo septica</i> n=8	<i>Tubifera ferruginosa</i> n = 2	<i>Enteridium splendens</i> n = 2	<i>Enteridium lycoperdon</i> n = 3	<i>Lycogala epidendrum</i> n = 2
Kalium %	0,22 – 0,39 (0,33)	0,21 – 0,29	0,38 – 0,48	0,27*	0,13 – 0,17
Phosphor %	0,56 – 1,03 (0,82)	0,70 – 0,81	0,65 – 0,67	0,73*	0,48 – 0,65
Calcium %	4,80 - 11,2 (8,76)	0,028 – 0,061	0,14 – 0,16	0,11 - 0,20 (0,15)	0,27 – 0,49
Magnesium %	0,073 – 0,10 (0,093)	0,061 – 0,068	0,08 – 0,081	0,078 - 0,15 (0,11)	0,064 – 0,08
Barium	294 – 15190 (2550)	2 - 3	5 - 6	32 – 157 (76)	12 – 20
Strontium	237 – 2190 (1290)	5 - 6	13 - 16	15 – 87 (41)	33 – 46
Mangan	116 – 4570 (1600)	11 - 13	5 - 7	27 – 116 (58)	9 – 31
Eisen	94 - 478 (232)	67 - 115	65 - 78	188 – 398 (262)	118 – 132
Kupfer	3 – 14 (6,9)	7 - 11	4 - 4	4 – 19 (10)	52 – 84
Zink	395 – 3600 (1490)	74 - 83	69 - 69	92 – 173 (128)	72 – 83
Cadmium	0,88 – 1,90 (1,15)	0,68 – 0,98	1,05 – 1,35	0,12 - 0,62 (0,33)	0,90 – 1,12
Zinn	0,05 – 1,1 (0,41)	0,07 – 0,13	< 0,05	< 0,05	19 – 30

Alle Werte in mg/kg Trockenmasse, mit Ausnahme derjenigen, die in Prozenten angegeben sind.

Mittelwerte in Klammern

Fett gedruckte Zahlen geben an, dass die Konzentration des Metalls im Schleimpilz deutlich höher ist als die Mittelwerte für den Boden.

* Nur ein Muster wurde auf dieses Element analysiert.

vergiftung bestehen.

Diese Studie zeigt, dass Schleimpilze sich auch in ihrer Affinität zu gewissen Metallen deutlich von Mikro- und Makromyzeten unterscheiden. Ihre Unterbringung in einem separaten Reich ist deshalb auch aus diesen Gründen gerechtfertigt.

Zusammenfassung

Siebzehn Aufsammlungen von folgenden 5 Schleimpilzarten (Myxomyceten) wurden auf etwa 60 chemische Elemente analysiert: *Fuligo septica* (L.) WIGGERS, *Enteridium splendens* MORGAN, *E. lycoperdon* BULL., *Tubifera ferruginosa* (BATSCH) J.F. GMEL. und *Lycogala epidendrum* (L.) FR. Es wurde bestätigt, dass *F. septica* sehr stark Zink anreichert (bis 3600 mg/kg Trockenmasse) und in geringerem Masse auch Eisen und Cadmium. Zum ersten Male wurde festgestellt, dass dieser Schleimpilz nicht nur Calcium (4,8 – 11,2 %), sondern auch Barium (294 – 15190 mg/kg), Strontium (237 – 2190 mg/kg) und Mangan (116 – 4570 mg/kg) in großen Mengen aufnimmt. Dagegen wurde Kupfer eher ausgeschlossen. Die Bedeutung dieser Beobachtungen wird kurz diskutiert. In den anderen Schleimpilzen wurde viel weniger von diesen Metallen gefunden. Dagegen ist es bemerkenswert, dass *Lycogala epidendrum* eine große Affinität zu Zinn zeigt. Es wurden bis 30 mg/kg in der Trockenmasse gefunden, während dieses Metall nur spurenweise in den anderen Schleimpilzarten vertreten war. Da die Schleimpilze in ihrem Verhalten sich deutlich von Mikro- und Makromyzeten unterscheiden, ist ihre Unterbringung in einem separaten Reich auch aus diesem Grund berechtigt.

Danksagung

Folgende Personen gebühren besten Dank für die großzügige Überlassung der Schleimpilzproben: TED STAMPFER, Santa Fé, New Mexico, USA, SCOTT REDHEAD, National Mycological Herbarium (DAOM), Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ontario, Canada. M. BENNIE, Lake Broadwater Natural History

Association, Dalby, Queensland, Australien, JEAN-MARC DISERENS, Les Avants, Vaud, Schweiz, MARIANNE MEYER, Rognais – Cevins, Frankreich. Ebenfalls danken wir Frau Dr. RENATE ROSENZWEIG für ihre Hilfe bei der Endredaktion des vorliegenden Textes.

Literatur

- Anonymous (1978) —— Empfehlungen zur Verzehrs-einschränkung von Speisepilzen. Mitteilungen aus dem Bundesgesundheitsamt. Bundesgesundheitsblatt 21: 204.
- AOAC Official Method 985.01 (1996): Metals and other elements in plants and petfoods: Inductively coupled plasma spectroscopic method. Final action 1988. Chapter 3.2.06, Official Methods of Analysis of AOAC International, 16-th Edition.
- BYRNE, A. R., V. RAVNIK, & L. KOSTA (1976): Trace element concentrations in higher fungi. *Sci. Total Environ.* 6: 65–78.
- MEISCH, H. U., J.A. SCHMITT, & W. REINLE (1977): Schwermetalle in höheren Pilzen – Cadmium, Zink und Kupfer. *Z. Naturforsch.* 32c: 172–181.
- MIESTRIK, V. & A. LEPSOV (1992): Applicability of Fungi to the Monitoring of Environmental Pollution by Heavy Metals. In: MARKERT, B. (Hrg.): Plants as biomonitors? Indicators for heavy metals in the terrestrial environment, 365–378. – VCH, Weinheim.
- MONTOYA-ESQUIVEL, A. (1992): Análisis comparativo de la etnomicología de tres comunidades ubicadas en las faldas del volcán la Malintzi, estado de Tlaxcala. Tesis de Licenciatura E.N.E.P. Iztacala, U.N.A.M., Tlalnepanla.
- QUINCHE, J.P. (1997): Phosphore et métaux lourds dans quelques espèces de champignons. *Revue suisse Agric.* 29 (3): 151–156.
- SCHMITT, J.A., H.U. MEISCH & W. REINLE (1977): Schwermetalle in höheren Pilzen, II. Mangan und Eisen. *Z. Naturforsch.* 32c: 712–723.
- SCHOKNECHT, J.D. & H.W. KELLER (1977): Peridial composition of white fructifications in the *Trichiales* (*Perichaena* and *Dianema*). *Can. J. Bot.* 55: 1807–1819.
- SCHOKNECHT, J.D. & H.W. KELLER (1989): Peridial calcification in myxomycetes. In REX E. CRICK (Hrg.): Origin, Evolution, and Modern Aspects of Biomineralisation in Plants and Animals. – New York.
- SCHWEINITZ, L.D. (1832): Synopsis fungorum in American boreali media degentium. *Trans. Am. Phil. Soc.* 11, 4: 141–316.
- SEEGER, R. (1978): Kaliumgehalt höherer Pilze. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 167: 23–31.
- SEEGER, R. & M. BECKERT (1979): Magnesium in höheren Pilzen. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 168: 264–281.
- SEEGER, R. & W. HÜTTNER (1981): Calcium in Pilzen. *Deutsche Lebensm.- Rundschau* 77: 385–392.
- SETÄLÄ, A. & P. NUORTEVA (1989): High metal contents

- found in *Fuligo septica* (L.) Wiggers and some other slime molds (Myxomycetes). *Karstenia* 29: 37–44.
- STIJVE, T. & R. BESSON (1976): Mercury, cadmium, lead and selenium content of mushrooms belonging to the genus *Agaricus*. *Chemosphere* 2: 151–158.
- STIJVE, T. & M. PORETTI (1990): Radiocesium levels in wild-growing mushrooms from various locations. *Mushroom the Journal* 28 (8): 5–9.
- STIJVE, T., E.C. VELLINGA & A. HERRMANN (1990): Arsenic accumulation in some higher fungi. *Persoonia* 14 (2): 161–166.
- STIJVE, T. (1993): Accumulation des Métaux Lourds par Certains Champignons Supérieurs. *Bull. Obs. Myco.* 4: 1–28.
- STIJVE, T. & C. BLAKE (1994): Bioconcentration of manganese and iron in Panaeoloideae Sing. *Persoonia* 15 (4): 525–529.
- TYLER, G. (1980): Metals in Sporophores of basidiomycetes. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 74 (1): 41–49.
- VILLARREAL (1983): Algunas Especies de Myxomycetes no Registradas para el Estado de Veracruz. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 18: 153–164.
- ZBINDEN, P. & D. ANDREY (1997): Fast Simultaneous Analysis of Trace elements in Food by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, Part 1. R & D Note QS-RN970046, Internal Report of the Nestlé Research Centre.

Anschriften der Verfasser:

TJAKKO STIJVE, Sentier de Clies no 12, CH-1806 St-Légier

DANIEL ANDREY, Nestlé Forschungszentrum, Postbox 44, CH-1000 Lausanne 26

WALTER GOESSLER, Institut für Chemie – Analytische Chemie, Karl-Franzens-Universität, A-8010 Graz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Boletus - Pilzkundliche Zeitschrift](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Stijve Tjakko, Andrey Daniel, Goessler Walter

Artikel/Article: [Anreicherung verschiedener Metalle durch *Fuligo septica* und einigen anderen Schleimpilzen \(Myxomycètes\) 54-59](#)