

Accumulation de métaux, toxiques ou non, par certains champignons supérieurs = Anreicherung von Metallen (giftige oder ungiftige) bei gewissen höheren Pilzen

Autor(en): **Stijve, T.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **72 (1994)**

Heft 12

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-936674>

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.

Spore: massa 6,5–7,5 × 4,2–5,3 µm.
Cheilocistidi: simili, piuttosto più slanciati della varietà descritta in precedenza.
Ecologia: da inizio a fine settembre: 1. Allschwil BL, in aiuola con platani. 2. Basilea, in giardini con platani. 3. Alsazia, bordo di tappeto verde. 4. in campo a fieno. Spesso la terra nello stesso anno fu vangata, sembra quindi che il fungo preferisca terreno lavorato. Nel 1993 la specie fu trovata spesso e in grandi gruppi. Non sono quindi necessari anni caldi e secchi, come si cita nella letteratura, l'anno 1993 fu l'esatto contrario.

3. Osservazioni

L. macrorhizus Locquin ex Horak mi è noto da più collezioni. Nonostante la variabilità della superficie del cappello (a seconda del tempo è grossolanamente verrucoso oppure finemente striato), la specie è assai costante. *L. macrorhizus* è sempre una specie robusta con il tipico portamento di *Lepiota*. La var. *pinguipes* descritta è chiaramente più piccola, con il portamento di *Agaricus*. È pure più bella e maggiormente squamosa. L'anello è formato meglio, il gambo non mostra colorazioni ed è meno radicante. Il rango di varietà attribuito è condizionato dal fatto che i caratteri microscopici sono praticamente gli stessi, e quelli macroscopici sono poco differenti. Probabilmente la ragione di questa varietà è data dal suolo più compatto!

In precedenza la specie era considerata molto rara, ma negli ultimi anni è diventata assai più frequente specialmente nella regione dell'Oberrhein, e dovrebbe presentarsi pure in altre regioni. Forse una conseguenza dell'aumento del caldo nell'Europa centrale?

L. macrorhizus e la var. *pinguipes* non dovrebbero essere scambiate, se si tiene conto delle diverse squame del cappello e soprattutto del gambo profondamente radicante. *Leucoagaricus cinerascens* (Qué.) Bon & Boiffard ha immagine abbastanza simile, ma è finemente squamoso, non radicante, e i caratteri microscopici sono chiaramente differenti.

Markus Wilhelm, Kurzellängeweg 27, 4123 Allschwil

Traduzione: E. Zenone

Letteratura vedi testo tedesco.

Accumulation de métaux, toxiques ou non, par certains champignons supérieurs

Le texte ci-dessous constitue un condensé d'une conférence présentée aux étudiants en pharmacie à Lyon, en janvier 1991, par T. STIJVE. Nous remercions vivement l'auteur de nous avoir autorisé à publier ici l'essentiel de son exposé.

En 1931 déjà, le chercheur TERMEULEN a trouvé que l'*Amanite tue-mouches* concentre une grande quantité de **vanadium**. Il s'agit d'un métal relativement rare que l'on ne trouve dans les plantes supérieures qu'à raison de quelques mg par kg, mais qu'*Amanita muscaria* concentre dans l'ordre de 100 mg/kg. Il semble d'ailleurs, étonnamment, qu'aucun autre champignon ne partage cette affinité pour le vanadium, sans que l'on sache, pour l'heure, expliquer le pourquoi de ce curieux comportement.

Pendant longtemps, les connaissances concernant le pouvoir des champignons supérieurs de concentrer sélectivement des éléments qui ne se trouvent qu'à l'état de traces dans le sol se sont limitées à des observations isolées. C'est seulement durant les années 70 que le nombre de publications scientifiques à ce sujet a brusquement augmenté: c'est qu'on avait découvert des teneurs appréciables de certains métaux dans les champignons comestibles.

Métaux lourds potentiellement toxiques

Le mercure

En 1973, STEGNAR et ses collaborateurs publiaient un article sur les teneurs en mercure dans la végétation autour des mines de ce métal à Idrija (Yougoslavie). Sur 10 espèces de champignons

inclus dans leurs analyses, ils constatèrent que 8 d'entre elles contenaient beaucoup plus de mercure que le sol: 10 fois plus, par exemple, pour la Vesse de loup (*Lycoperdon perlatum*).

En 1975, STIJVE et ROSCHNIK ont analysé 32 espèces de champignons récoltés dans les forêts autour de Vevey. Chez des *Agaricus*, ils trouvèrent de 6,5 à 16,9 mg de mercure par kg de matière sèche (m. s.) et chez des *Calvatia* et *Lycoperdon* de 1,1 à 19,7 mg/kg m. s. Chez un jeune *Langermannia gigantea*, il y avait 19,7 mg/kg m. s. au total, dont 3,5 mg/kg m. s. de méthyle mercure (composé très toxique). Les analyses ont montré que la concentration dans les carpophores était de 17 à 56 fois plus grande (*Agaricus*) ou de 8 à 60 fois plus grande (*Lycoperdon*) que celle des sols sur lesquels ils avaient poussé.

La même année, l'autrichien M. RAUTER fit des analyses comparatives de concentration en mercure chez des espèces récoltées dans un terrain normal et dans un rayon de 1 km autour d'une usine de chlore (qui utilise du mercure dans le processus d'électrolyse). Le **Tableau I** rend compte de ces comparaisons éloquentes. On y voit, par exemple, que les récoltes de *Collybia confluens* autour de l'usine contiennent 22 fois plus de mercure que celles d'un environnement non pollué.

En 1976, les chercheurs suisses QUINCHE et DVORAK ont publié une étude qui englobait presque 200 espèces de champignons provenant des cantons de Vaud et du Valais. Le **Tableau II** rend compte de quelques exemples. Voici les constatations faites par les auteurs:

- Les champignons récoltés en montagne contenaient le moins de mercure.
- Les espèces provenant de la campagne étaient aussi relativement pauvres en mercure.
- Les *Agaricus* champêtres et les *Coprinus* chevelus trouvés en zones industrielles contenaient des teneurs en mercure beaucoup plus élevées.
- Le record était atteint par ces mêmes champignons provenant de zones urbaines (parc de Sauvabelin, Lausanne); ces concentrations élevées peuvent être attribuées aux retombées de l'incinérateur municipal – qui se trouve à proximité du parc – et aussi à l'utilisation massive, en zone urbaine, de combustibles qui sont loin d'être exempts de mercure.

Les Cèpes, certains *Tricholomes*, des *Lycoperdons* et de nombreux représentants du genre *Agaricus* concentrent une notable quantité de mercure, alors que les *Ascomycètes*, les *Chanterelles* et les espèces lignicoles en contiennent peu. Notons encore que Madame SEEGER a déterminé la distribution du mercure dans des carpophores; par exemple, chez *Boletus edulis*, elle a trouvé (en mg/kg m. s.): chapeau entier 6,97; chair du chapeau 5,60; pied 3,17 et tubes 8,77. Il est donc recommandé de ne pas consommer les tubes des Cèpes ...

Le plomb

Les champignons ont peu d'affinité pour le plomb. S'il est présent dans quasi toutes les espèces du genre *Agaricus*, on n'a pas trouvé d'accumulation; par exemple STIJVE et BESSON (1978) ont bien trouvé 7 à 14 mg/kg m. s. de plomb dans des échantillons d'*A. bitorquis* (Psalliote des trottoirs), mais ils ont aussi mesuré 15 mg/kg dans le sol.

Le professeur SEEGER (1978) a étudié 500 échantillons représentant au moins 222 espèces; la teneur moyenne était de 1,06 mg/kg de champignons frais, ce qui est peu, surtout si l'on tient compte du fait que l'étude comprenait aussi des récoltes faites le long des autoroutes.

Le cadmium

Avec le mercure et le zinc, le cadmium a des propriétés chimiques assez semblables. C'est la raison pour laquelle on s'est demandé si les champignons qui accumulaient le mercure concentraient aussi du cadmium, dont la toxicité est notoire.

STIJVE et BESSON ont en effet trouvé beaucoup de cadmium dans un grand nombre d'*Agaricus*, en particulier *A. arvensis* et *A. augustus*. Ils ont aussi constaté que la variation des taux trouvés dans différents échantillons de la même espèce est beaucoup plus grande, en comparaison avec le mercure.

En 1977, le chercheur COLLET de Saarbrücken trouvait lui aussi beaucoup de cadmium, surtout dans *A. arvensis* et *A. abruptibulbus*. Sur le champignon frais, il trouvait une teneur moyenne de 4,65 mg/kg de matière fraîche, soit environ 14 fois plus que la concentration moyenne dans les autres membres du genre, et même 330 fois plus que dans le Champignon de Paris cultivé. Les

Psalliotes du groupe *Flavescentes* accumulent beaucoup plus de cadmium que les espèces du groupe *Rubescentes*, comme le montre le **Tableau III**. En complément à ce Tableau, LAUB et al. ont comparé l'accumulation de cadmium dans *Agaricus bisporus* (champignon de Paris) cultivé sur compost normal et sur compost enrichi de cadmium. La teneur était, par exemple, de 0,36 mg/kg m. s. sur compost normal, de 1,24 mg/kg m. s. sur compost enrichi à raison de 1 mg de cadmium par kg, et de 7,05 mg/kg m. s. sur compost enrichi à raison de 10 mg de cadmium par kg. On le voit, sur compost normal il est possible de respecter la limite maximale suisse de 0,05 mg/kg de champignon frais, mais il faut éviter toute contamination de ce compost avec du cadmium.

Il ne faut pourtant pas peindre le diable sur la muraille. C'est encore Madame SEEGER, de Würzburg, qui a entrepris le plus vaste travail sur le cadmium dans les champignons. Elle a analysé 1 049 échantillons de 402 espèces différentes. Dans 86,5% des champignons testés il y avait moins de 5 mg/kg m. s. de cadmium; dans 68 % du même matériel on a même mesuré moins de 2 mg/kg m. s. On peut en déduire qu'un mycophage consommant 0,5 à 1 kg de champignons sauvages par semaine ne dépassera probablement pas la dose hebdomadaire admissible de 0,5 mg recommandée par les experts de l'OMS.

En Allemagne, on est un peu plus prudent (ou craintif): on conseille un maximum de 250 g de champignons sauvages par semaine, en évitant ou en ne consommant que rarement des espèces du genre *Agaricus*; on recommande en outre d'enlever lamelles ou tubes qui, selon Madame SEEGER, contiennent la plus grande partie des métaux toxiques.

Il est fort possible que ces recommandations soient exagérées. D'abord on ne connaît pas la **forme chimique** sous laquelle les métaux lourds sont fixés dans les champignons et il n'est pas certain qu'ils auraient une action nocive sur l'organisme, les champignons n'occupant qu'une place minime dans notre alimentation. D'autre part, des essais sur les rats ont montré que ces animaux supportaient beaucoup mieux le cadmium, le mercure et même le méthyle mercure si leur nourriture contient aussi du **sélénium**, élément rare essentiel pour la santé des mammifères. Or, des travaux faits dans notre laboratoire ont montré qu'un grand nombre de champignons, notamment les Psalliotes friandes de cadmium et de mercure, accumulent également le sélénium (10 à 20 mg/kg m. s. et même 40 mg/kg m. s. dans *Boletus pinicola*).

L'arsenic

On sait depuis le début de ce siècle que l'arsenic, métal toxique, se trouve dans tous les végétaux, en général en faible quantité (de 0,1 à 0,4 mg/kg m. s.), une exception étant, entre autres, la laitue (env. 4 mg/kg m. s.) et le navet (1,5 mg/kg m. s.).

Dans les champignons, on a trouvé 1 à 2 mg/kg m. s. en moyenne, avec un cas exceptionnel (BYRNE et al., 1983): 200 mg/kg m. s. chez *Laccaria amethystina*. Nous avons trouvé (1990) un autre cas encore plus frappant: *Sarcosphaeria coronaria* (la Pézize étoilée), espèce montagnarde montrant une teneur moyenne en arsenic de 872 mg/kg m. s., avec une variation de 360 mg à 2 160 mg/kg m. s.! Et le facteur de concentration par rapport à la teneur du sol est d'environ 50.

Nous avons trouvé d'autres cas déconcertants:

- *Helvella elastica*: 0,28–109 mg/kg m. s.
- *Geopyxis carbonaria*: 6,4–47 mg/kg m. s.
- *Sarcodon imbricatum*: 0,1–23,4 mg/kg m. s.
- *Entoloma sinuatum*: 0,5–150 mg/kg m. s.

On le constate, les écarts de teneurs sont importants pour chacune de ces espèces et il est possible que la faculté de concentrer l'arsenic dépende de facteurs que nous ignorons encore.

À propos de *Laccaria amethystina*, espèce comestible couramment offerte sur nos marchés, il faut signaler que, dans ce champignon, l'arsenic se trouve sous forme d'acide cacodylique (acide diméthylarsinique), qui est 70 fois moins toxique que l'anhydride arsénieux, bien connu des empoisonnements criminels.

L'homme n'hérite pas la terre de ses parents, il l'emprunte à ses enfants.

A. de Saint-Exupéry

Autres éléments

Métaux inoffensifs

Les champignons ne concentrent apparemment pas l'**aluminium**, sa teneur dans le sol étant bien plus élevée que dans les carpophores. Exception: On a trouvé pas moins de 3 890 mg/kg m. s. d'aluminium dans *Agaricus bitorquis*.

La teneur en **cuivre** est fort variable. Si *Clitocybe odora* en contient jusqu'à 400 mg/kg m. s., on n'en a mesuré que 3 à 4 mg/kg m. s. dans *Gomphidius glutinosus*.

On sait que le sol contient jusqu'à 4 % de **fer**. Et les champignons? Pas de teneurs spectaculaires, excepté *Suillus variegatus*, que l'on pourrait recommander aux anémiques, puisqu'il détient le record avec 2 800 mg/kg.

La teneur en **zinc** du sol est comprise entre 10 et 100 mg/kg. On connaît des espèces de champignons qui accumulent simultanément le zinc et le cadmium, mais il en est d'autres qui savent très bien faire la différence. Des chercheurs finlandais ont trouvé 1 588 mg/kg m. s. de zinc dans *Russula fellea*. Mais le record est détenu par un Myxomycète, *Fuligo septica* (Champignon de la tannée): de 4 000 à 20 000 mg/kg m. s.!

L'accumulation de **manganèse** a été observée dans des espèces de Trémellales et de Gastéromycètes, en particulier dans une Phallale, *Anthurus archeri*: près de 2 000 mg/kg m. s.

Métaux nobles

Les chercheurs yougoslaves BYRNE et al. ont trouvé que certains champignons, notamment dans les genres *Agaricus* et *Lycoperdon* accumulent bel et bien de l'**argent**. Par exemple *Agaricus arvensis* en contient jusqu'à 130 mg/kg m. s.

Tableau I: Teneurs en mercure de champignons récoltés en terrains pollués ou non pollués (RAUTER 1975)

(concentrations en mg/kg m. s.)

Espèce	Terrain non pollué	Dans un rayon de 1 km autour d'une usine de chlore
<i>Lepista nuda</i>	1,50	5,2
<i>Tricholoma scalpturatum</i>	5,60	86,5
<i>Lactarius deliciosus</i>	0,68	7,9
<i>Collybia confluens</i>	3,39	73,6
<i>Lycoperdon perlatum</i>	5,54	64,3

Tableau II: La pollution mercurielle en Suisse romande (QUINCHE et al. 1976)

(concentrations en mg/kg m. s.)

Espèce	Zone agricole	Zone industrielle	Zone urbaine (Lausanne)
<i>Coprinus comatus</i>	0,51	3,59	3,18–5,62
<i>Lycoperdon perlatum</i>	2,87–3,75	3,32	11,0
<i>Agaricus campester</i>	2,10–4,01	4,4–12,7	9,3–33,6
<i>Amanita rubescens</i>	0,69–2,90	–	13,2

Tableau III: Teneur en cadmium d'espèces du genre *Agaricus* (LAUB et al. 1977)

Espèce/Groupe	Nombre d'échantillons	Teneur en cadmium mg/kg poids frais m. s.	
<i>Rubescens</i>	32	0,22	2,5
<i>Flavescentes</i> (sans <i>A. xanth.</i>)	36	3,7	33,8
<i>A. xanthoderma</i>	3	0,32	3,45

Ces mêmes champignons accumulent aussi l'**or**, mais en concentrations beaucoup plus faibles (plutôt des $\mu\text{g}/\text{kg}$ que des mg/kg), ce qui s'explique naturellement par la rareté de ce métal dans le sol.

Quoi qu'il en soit, on ne peut guère imaginer arrondir ses fins de mois en isolant de l'argent ou de l'or des champignons. Peut-être que des prospecteurs pourraient néanmoins tirer parti de la mesure des teneurs en or des champignons pour découvrir des sites intéressants?

Conclusion

Les nombreux travaux faits sur la présence de métaux dans les champignons sont intéressants, mais très incomplets, et il reste encore beaucoup d'inconnues. En particulier, il serait souhaitable d'entreprendre des recherches concernant la **forme chimique** sous laquelle un élément se trouve. Nous savons par exemple depuis 20 ans que les Cèpes contiennent beaucoup de sélénium, mais on ignore toujours sous quelle forme se trouve cet élément qui est à la fois essentiel et toxique, ce qui dépend de la forme et de la dose.

T. Stijve, Nestec S.A., Dép. d'Ass. de Qualité, av. Nestlé 55, 1800 Vevey
(rés. F. Brunelli)

Bibliographie succincte

- Byrne, A.R., Ravnik, V. and Kosta, L., Trace element concentrations in higher fungi, *Sci. Total Environ.* **6**, 65–78 (1976).
- Byrne, A.R., Tusek-Znidaric, M., Arsenic accumulation in the mushroom *Laccaria amethystina*. *Chemosphere* **12**, 1113–1117 (1983).
- Byrne, A.R., Dermelj, M. and Vakselj, T., Silver accumulation by fungi. *Chemosphere* **10**, 815–821 (1979).
- Collet, P., Die Bestimmung von Schwermetallspuren in Lebensmitteln mit Hilfe der Inverspolarographie II. Über den Gehalt von Blei, Cadmium und Kupfer in Speisepilzen. *Deutsche Lebensm. Rundschau* **73**, 75–82 (1977).
- Goudot, A. et Bertrand, D., Les Oligo-éléments. Collection «Que sais-je?», PUF (1962).
- Günther, P., Sonneborn, I., Sonneborn, W. und Breckle, S.W., Untersuchungen zum Schwermetall- und Aluminiumgehalt Höherer Pilze im Bielefelder Raum. *Ber. Naturwiss. Verein Bielefeld u. Umgegend* **30**, 183–253 (1989).
- Laub, E., Waligorski, F. und Woller, R., Über die Cadmiumanreicherung in Champignons. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.* **164**, 269–271 (1977).
- Nuorteva, P., Metal distribution patterns and forest decline. Seeking Achilles' heels for metals in Finnish forest biocoenoses 4. 4 Metal levels in mushrooms, pp. 14–18. Publications of the Dept. of Environmental Conservation, University of Helsinki, no 11, Helsinki 1990.
- Quinche, J. P., La pollution mercurielle de diverses espèces de champignons. *Revue Suisse Agric.* **8** (5) 143–148 (1976).
- Quinche, J. P., Bolay, A. et Dvorak, V., La pollution par le mercure des végétaux et des sols de la Suisse romande. *Revue Suisse Agric.* **8** (5), 130–142 (1976).
- Rauter, W., Pilze als Indikatoren für Quecksilberimmissionen am Standort einer Chlor-Alkali-Elektrolyse. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.* **159**, 149–151 (1975).
- Seeger, R., Die Verteilung des Quecksilbers in den Fruchtkörpern von Steinpilzen und Champignons. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.* **161**, 115–117 (1976).
- Seeger, R., Blei in Pilzen. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.* **162**, 7–10 (1976).
- Seeger, R., Cadmium in Pilzen. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.* **166**, 23–24 (1978).
- Stegnar, P. et al., The accumulation of mercury by, and the occurrence of methyl mercury in some fungi. *Chemosphere* **2**, 57–63 (1973).
- Stijve, T., Cardinale, E., Selenium and mercury content of some edible mushrooms. *Trav. chim. alim. hyg.* **65**, 476–478 (1974).
- Stijve, T., Selenium content of mushrooms. *Z. Lebensm. Unters.-Forsch.* **164**, 201–203 (1977).
- Stijve, T. and Roschnik, R., Mercury and methylmercury content of different species of fungi. *Trav. chim. alim. hyg.* **65**, 209–220 (1974).

Stijve, T. and Besson, R., Mercury, cadmium, lead and selenium content of mushroom species belonging to the genus *Agaricus*. *Chemosphere* **2**, 151–158 (1976).

Stijve, T., Vellinga, E.C. and Herrmann, A., Arsenic accumulation in some higher fungi. *Persoonia* **14**, 2, 161–166 (1990).

Tyler, G., Metals in sporophores of basidiomycetes. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **74**, (1) 41–49 (1980).

Anreicherung von Metallen (giftige oder ungiftige) bei gewissen höheren Pilzen

Der nachfolgende Text ist die Zusammenfassung eines Vortrages von T. STIJVE vor Studenten der Arzneimittellkunde, gehalten im Januar 1991 in Lyon. Wir danken dem Autor bestens für die Bewilligung, das Wichtigste aus seinem Vortrag hier zu veröffentlichen.

Schon im Jahre 1931 fand der Forscher TERMEULEN heraus, dass der Fliegenpilz eine grosse Menge von **Vanadium** aufnehmen kann. Es handelt sich dabei um ein relativ seltenes Metall, das man bei höheren Pflanzen nur in Mengen von wenigen mg/kg antrifft, das aber bei *Amanita muscaria* (Fliegenpilz) in der Grössenordnung von 100 mg/kg vorkommt. Erstaunlicherweise reichert keine andere Pilzart Vanadium in diesem Masse an, wobei der Grund für diese besondere Eigenschaft heute noch nicht bekannt ist.

Während langer Zeit beschränkten sich unsere Kenntnisse über die Eigenschaft höherer Pilze, selektiv bestimmte Elemente, die übrigens nur in Spuren im Boden vorliegen, aufzunehmen, nur auf Einzelfälle. Erst im Verlaufe der sechziger Jahre nahm die Anzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen über diese Phänomene schlagartig zu. Entdeckte man doch, dass auch Speisepilze die Fähigkeit besitzen, beachtliche Mengen von Metallen in ihrem Gewebe zu speichern.

Schwermetalle, die giftig wirken können

Quecksilber

Im Jahre 1973 veröffentlichten STEGNAR und seine Mitarbeiter einen Bericht über den Quecksilber-Gehalt der Vegetation in der Umgebung der Quecksilberminen von Idrija (Jugoslawien). Von zehn untersuchten Pilzarten enthielten acht Arten bedeutend mehr Quecksilber als im Boden vorhanden war: zehnmal mehr zum Beispiel beim Flaschenstäubling (*Lycoperdon perlatum*).

Im Verlaufe des Jahres 1974 haben STIJVE und ROSCHNIK 32 verschiedene Pilzarten untersucht, die sie in den Wäldern in der Umgebung von Vevey gesammelt hatten. Bei Arten aus der Gattung *Agaricus* (Champignon) fanden sie 6,5 bis 16,9 mg Quecksilber pro kg Trockengewicht. Bei Arten der Gattungen *Calvatia* und *Lycoperdon* (Stäublinge) von 1,1 bis 19,7 mg Quecksilber pro kg Tr. Gew. Bei einem jungen Exemplar einer *Langermannia gigantea* (Riesenbovist) wurden insgesamt 19,7 mg/kg Tr. Gew. gefunden, wobei das sehr giftige Methylquecksilber mit 3,5 mg/kg vorlag. Weitere Analysen zeigten, dass die Konzentration von Quecksilber in den Pilzfruchtkörpern 17 bis 56 mal grösser war (bei *Agaricus*), oder 8 bis 60 mal grösser (bei *Lycoperdon*) als die Konzentration im Boden, auf dem diese Pilze gewachsen waren.

Im selben Jahr führte der Österreicher RAUTER vergleichende Analysen durch über Quecksilberkonzentrationen bei Pilzarten, die im einen Fall auf normalem Gelände, im andern Fall im Umkreis von 1 km um eine Chlorfabrik wuchsen (diese Fabrik verwendete Quecksilber bei der Elektrolyse).

Tabelle I zeigt die vergleichenden Resultate, woraus zum Beispiel ersichtlich ist, dass die in der Umgebung der Fabrik geernteten Pilzfruchtkörper von *Collybia confluens* (Knopfstieler Rübling) 22 mal mehr Quecksilber enthielten als die Pilzfruchtkörper, die aus einem nicht verseuchten Gelände stammten.

Im Jahre 1976 veröffentlichten die Schweizer Forscher QUINCHE und DVORAK eine Studie, die fast 200 Pilzarten aus den Kantonen Waadt und Wallis umfasst. **Tabelle II** illustriert die von den Verfassern gemachten Feststellungen:

- die in den Bergen gesammelten Pilze enthielten weniger Quecksilber;
- auch in den aus landwirtschaftlichen Gegenden stammenden Pilzen wurde relativ wenig gefunden;

- Feldchampignons und Schopftintlinge, die in industriellen Zonen gefunden wurden, enthielten dagegen bedeutend mehr Quecksilber;
- der absolute Rekord aber ergab sich bei Pilzen, die aus städtischen Zonen (Parc de Sauvabelin, Lausanne) stammten. Diese hohen Konzentrationen können auf die Niederschläge aus der städtischen Kehrlichtverbrennungsanlage, die in der Nähe dieses Parkes steht, zurückgeführt werden, aber auch auf die in städtischen Gebieten massive Verwendung von Brennstoffen, die nicht gerade frei von Quecksilber sind.

Steinpilze, einzelne Trichterlinge, Stäublinge und zahlreiche Arten aus der Gattung *Agaricus* (Champignons) können eine nennenswerte Menge von Quecksilber in ihren Pilzkörpern anreichern, während *Ascomyceten* (Schlauchpilze), Eierschwämme und Pilze, die an Holz wachsen, davon nur wenig enthalten. Nehmen wir auch noch davon Kenntnis, dass Frau SEEGER die Verteilung des Quecksilbers in den Pilzkörpern bestimmt hat. So fand sie bei *Boletus edulis* (Steinpilz) (in mg/kg Tr. Gew.): ganzer Hutkopf 6,97, nur Huthaut 5,60, Stiel 3,17 und Röhren 8,77. Demnach ist es empfehlenswert, die Röhren der Steinpilze nicht zu essen!

Blei

Pilze können nur wenig vom Schwermetall Blei anreichern. Obwohl Blei in allen Pilzarten der Gattung *Agaricus* (Champignons) vorkommt, hat man keine übermässigen Anreicherungen festgestellt: STIJVE und BESSON (1978) haben zum Beispiel wohl 7 bis 14 mg/kg Tr. Gew. an Blei in Exemplaren von *Agaricus bitorquis* (Trottoirchampignon) gefunden; aber gleichzeitig stellten sie auch 15 mg/kg im Boden fest, auf dem diese Pilze gewachsen waren. Prof. SEEGER (1978) hat 500 Einzelpilze untersucht, die mindestens 222 verschiedene Arten umfassten. Der mittlere Gehalt an Blei betrug 1,06 mg/kg Frischpilze, was wenig ist, besonders wenn man berücksichtigt, dass die Studie auch Pilze umfasste, die entlang von Autobahnen gewachsen waren.

Cadmium

Cadmium weist ähnliche chemische Eigenschaften auf wie Quecksilber und Zink. Aus diesem Grunde hat man sich die Frage gestellt, ob die Pilze, die Quecksilber anreichern, das gleiche auch mit Cadmium tun, dessen Humantoxizität wohl bekannt ist.

STIJVE und BESSON haben tatsächlich beträchtliche Mengen Cadmium bei einzelnen Champignon-Arten gefunden, besonders bei *Agaricus arvensis* (Schafchampignon) und *Agaricus augustus* (Riesenchampignon). Sie haben aber auch festgestellt, dass die Variationenbreite der gemessenen Cadmiumwerte bei verschiedenen Exemplaren der gleichen Champignonart bedeutend grösser ist als die entsprechenden Quecksilberwerte.

Im Jahr 1977 fand auch der Forscher COLLET aus Saarbrücken hohe Werte von Cadmium, besonders bei *Agaricus arvensis* (Schafchampignon) und *Agaricus abruptibulbus* (Schiefknohliger Anis-Champignon). Beim frischen Pilzmaterial bestimmte er einen mittleren Gehalt von 4,65 mg/kg Tr. Gew., was 14 mal mehr als der Mittelwert bei andern Arten aus der gleichen Gattung und sogar 330 mal mehr als beim Zuchtchampignon war. Die Champignons aus der Gruppe *Flavescentes* (grössere und aussen gilbende Arten) reichern bedeutend mehr Cadmium an als Arten aus der Gruppe *Rubescentes* (Fleisch mehr oder weniger rötend), wie die **Tabelle III** zeigt. In Ergänzung zu diesen Untersuchungen haben LAUB und Mitarbeiter die Anreicherung von Cadmium bei *Agaricus bisporus* (Zuchtchampignon) studiert. Es zeigte sich, dass der Cadmiumgehalt des Substrates (Kompost) massgebend war: so fand man in auf normalem Kompost gezüchteten Pilzen nur 0,36 mg/kg, jedoch 1,24 mg/kg in jenen gewachsen auf Kompost, der mit 1 mg Cadmium pro kg angereichert war. Mit 10 mg/kg im Substrat wurden in den Champignons sogar 7,05 mg/kg (alle Werte bezogen auf Tr. Gew.) gefunden. Man sieht daraus, dass es möglich ist, bei Verwendung von normalem Kompost den für die Schweiz geltenden Grenzwert von 0,05 mg/kg Frischgewicht (bzw. 0,5 mg/kg auf Tr. Gew.) in Zuchtchampignons einzuhalten.

Es muss aber darauf geachtet werden, dass der Kompost in keiner Weise mit Cadmium verseucht ist.

Man darf andererseits das Risiko auch nicht überschätzen. Frau SEEGER aus Würzburg hat die umfangreichste Arbeit über den Gehalt von Cadmium bei Pilzen verfasst. Sie hat 1049 Einzelpilze

aus 402 verschiedenen Arten untersucht. 86,5% der getesteten Pilze wiesen weniger als 5 mg/kg Tr. Gew. an Cadmium auf. Bei 68% fand sie sogar weniger als 2 mg/kg Tr. Gew. Daraus kann man ableiten, dass ein Pilzliebhaber, der pro Woche 0,5 bis 1 kg Wildpilze verzehrt, den von den Experten der Weltgesundheitsorganisation empfohlenen Grenzwert von 0,5 mg pro Woche nicht überschreitet.

In Deutschland ist man vorsichtiger (oder ängstlicher): man empfiehlt, pro Woche nur 250 g wildwachsende Pilze zu verzehren. Gleichzeitig soll man weitgehend auf den Genuss von Arten aus der Gattung *Agaricus* verzichten. Es wird auch empfohlen, die Lamellen oder die Röhren der Pilze zu entfernen, da diese ja gemäss den Untersuchungen von Frau SEEGER den grössten Teil der giftigen Schwermetalle enthalten.

Wahrscheinlich sind solche Empfehlungen aber übertrieben. Vorerst kennt man die genauen **chemischen Formen** der Schwermetalle nicht, die in den Pilzen angereichert sind. Auch ist nicht sicher, welche schädigende Wirkungen sie auf unseren Körper ausüben, da wildwachsende Pilze auf unserem Speisezettel doch nur sehr wenig vertreten sind. Andererseits haben Versuche bei Ratten ergeben, dass diese Tiere Cadmium, Quecksilber und sogar Methyl-Quecksilber bedeutend besser vertragen, wenn ihrer Nahrung auch noch **Selenium**, ein seltenes, aber für die Gesundheit der Säugetiere unentbehrliches Element, beigemischt wurde. Im übrigen haben die in unserem Labor durchgeführten Arbeiten gezeigt, dass eine grosse Zahl von Pilzen, besonders die Champignons, die Cadmium und Quecksilber aufnehmen, auch Selenium anreichern (10 bis 20 mg/kg Tr. Gew., ja bis sogar 40 mg/kg Tr. Gew. bei *Boletus pinicola*) (Kiefern-Steinpilz).

Arsen

Seit dem Beginn dieses Jahrhunderts weiss man, dass das giftige Element Arsen in allen Pflanzen nachweisbar ist, meistens aber nur in kleinen Mengen (von 0,1 bis 0,4 mg/kg Tr. Gew.). Eine Ausnahme unter anderen ist der Lattich (etwa 4 mg/kg Tr. Gew.) und auch die Weisse Rübe (1,5 mg/kg Tr. Gew.).

Im Mittel hat man bei Pilzen 1 bis 2 mg/kg Tr. Gew. Arsen vorgefunden. Mit 200 mg/kg Tr. Gew. ist *Laccaria amethystina* (Violetter Lacktrichterling) ein Ausnahmefall (BYRNE u. a., 1983).

Im Jahre 1990 haben wir einen noch überraschenderen Fall gefunden: *Sarcosphaeria coronaria* (Kronenbecherling), ein Pilz, der besonders im Gebirge vorkommt und einen Gehalt an Arsen von 872 mg/kg aufweist, mit einer Variationenbreite von 360 mg bis 2160 mg/kg Tr. Gew.! Dabei beträgt der Konzentrationsfaktor ungefähr 50 gegenüber dem Gehalt an Arsen im Boden.

Wir haben noch andere verwirrende Fälle vorgefunden:

- *Helvella elastica* (Elastische Lorchel): 0,28–109 mg/kg Tr. Gew.
- *Geopyxis carbonaria* (Kohlen-Becherling): 6,4–47 mg/kg Tr. Gew.
- *Sarcodon imbricatum* (Habichtspilz): 0,1–23,4 mg/kg Tr. Gew.
- *Entoloma sinuatum* (Riesenrötling): 0,5–150 mg/kg Tr. Gew.

Wie man feststellen kann, ist der Gehalt an Arsen bei jeder dieser Pilzarten doch beträchtlich verschieden. Es wäre möglich, dass die Fähigkeit Arsen in Pilzkörpern anzureichern, von Faktoren abhängt, die wir noch nicht kennen.

Bezüglich *Laccaria amethystina* (Violetter Lacktrichterling), eines Pilzes, der auf unseren Märkten nicht selten angeboten wird, muss vermerkt werden, dass bei diesem Pilz das Arsen in Form der Dimethylarsinsäure vorliegt, die 70mal weniger giftig wirkt als Arsentrioxid, das als tödliches Gift aus klassischen Kriminalgeschichten bestens bekannt ist.

Andere Elemente

Ungiftige Metalle

Offenbar reichern die Pilze **Aluminium** nicht an; denn der Gehalt im Boden ist bedeutend grösser als in den Pilzfruchtkörpern. Ausnahme: *Agaricus bitorquis* (Trottoir-Champignon), bei dem man 3890 mg/kg Tr. Gew. vorgefunden hat.

Der Gehalt an **Kupfer** ist bei den Pilzen sehr verschieden. Während bei *Clitocybe odora* (Anis-trichterling) bis 400 mg/kg Tr. Gew. vorhanden sein können, wurden bei *Gomphidius glutinosus* (Kuhmaul) nur 3–4 mg/kg gemessen.

Obwohl es bekannt ist, dass der Boden bis 4% **Eisen** enthalten kann, konnte in Pilzen normalerweise kein aussergewöhnlich hoher Eisengehalt festgestellt werden. Eine Ausnahme: *Suillus variegatus* (Sandröhrling), den man blutarmen Menschen zum Essen empfehlen könnte, hält er doch den absoluten Rekord mit 2 800 mg/kg Tr. Gew.

Der Gehalt an **Zink** im Boden schwankt zwischen 10 und 100 mg/kg. Man weiss, dass gewisse Pilzarten Zink und Cadmium gleichzeitig anreichern. Andere Arten aber scheinen den Unterschied doch zu kennen. Finnische Forscher haben bei *Russula fellea* (Gallentäubling) 1 558 mg/kg Tr. Gew. an Zink gefunden. Den Rekord hält aber ein Myxomycet (Schleimpilz), *Fuligo septica* (Teufelslohe) mit 4 000–20 000 mg/kg.

Die Anreicherung von **Mangan** wurde bei Pilzarten aus den Ordnungen *Tremellales* (Gallertpilze) und *Gasterales* (Bauchpilze) gefunden, besonders aber bei *Anthurus archeri* (Tintenfischpilz), der beinahe 2 000 mg/kg Tr. Gew. enthielt.

Tabelle I: Quecksilbergehalt von Pilzen, die auf verseuchtem und nicht verseuchtem Boden gewachsen sind (RAUTER 1975)
(Konzentration in mg/kg Trockengewicht)

Art	nicht verseuchter Boden	im Umkreis von 1 km um eine Chlorfabrik
<i>Lepista nuda</i> (Nackter Ritterling)	1,50	5,2
<i>Tricholoma scalpturatum</i> (Gilbender Ritterling)	5,60	86,5
<i>Lactarius deliciosus</i> (Echter Reizker)	0,68	7,9
<i>Collybia confluens</i> (Knopfstieliger Rübbling)	3,39	73,6
<i>Lycoperdon perlatum</i> (Flaschenbovist)	5,54	64,3

Tabelle II: Die Verseuchung mit Quecksilber in der Westschweiz (QUINCHE u. a. 1976)
(Konzentration in mg/kg Trockengewicht)

Art	Landwirtschaftszone	Industriezone	Städtische Zone (Lausanne)
<i>Coprinus comatus</i> (Schopftintling)	0,51	3,59	3,18–5,62
<i>Lycoperdon perlatum</i> (Flaschenbovist)	2,87–3,75	3,32	11,0
<i>Agaricus campester</i> (Feldchampignon)	2,10–4,01	4,4–12,7	9,3–33,6
<i>Amanita rubescens</i> (Perlpilz)	0,69–2,90	–	13,2

Tabelle III: Cadmium-Gehalt der Arten aus der Gattung *Agaricus* (LAUB u. a. 1977)

Art/Gruppe	Anzahl Expl.	Gehalt an Cadmium in mg/kg	
		frisch	getrocknet
<i>Rubescens</i> (Fleisch ± rötend)	32	0,22	2,5
<i>Flavescentes</i> (aussen gilbende Arten, ohne <i>A. xanthoderma</i>)	36	3,7	33,8
<i>A. xanthoderma</i> (Karboll-Champignon)	3	0,32	3,45

Edelmetalle

Die jugoslawischen Forscher BYRNE u. a. fanden besonders bei Arten aus den Gattungen *Agaricus* (Champignon) und *Lycoperdon* (Stäublinge) auch das Edelmetall Silber. *Agaricus arvensis* (Schafchampignon) enthält zum Beispiel bis 130 mg/kg Tr. Gew.

Die gleichen Pilzarten reichern auch Gold in ihren Pilzkörpern an, aber nur in bedeutend geringeren Mengen (eher $\mu\text{g}/\text{kg}$ als mg/kg), was sich natürlich aus der geringen Menge an Gold im Boden erklären lässt.

Leider ist es nicht möglich, sein monatliches Einkommen durch Extraktion von Gold oder Silber aus Pilzen aufzubessern! Unter Umständen könnte aber der Goldgehalt von Pilzen zum Aufspüren von interessanten Lagerstätten verwendet werden.

Folgerungen:

Die zahlreichen Arbeiten, die über das Vorkommen von Metallen bei Pilzen berichten, sind wohl interessant, aber noch recht unvollständig. Besonders wäre es wünschenswert, weitere Forschungen zu betreiben um herauszufinden, in welcher chemischen Form sich das betreffende Metall-element im Pilz vorfindet. Es ist zum Beispiel seit 20 Jahren bekannt, dass Steinpilze viel Selenium enthalten. Wir wissen aber immer noch nicht, in welcher chemischen Form das Element in diesem Pilz vorliegt. Für den menschlichen Körper ist Selen einerseits notwendig, andererseits aber auch giftig, was von der chemischen Form und der Menge abhängig ist.

T. Stijve, Nestec S. A., Centre de Recherche Nestlé, Av. Nestlé 55, 1800 Vevey

Rés. F. Brunelli

Übersetzung: R. Hotz

Literaturverzeichnis siehe franz. Text

Pilze, wo man sie nicht sucht

Mykosen breiten sich immer mehr aus Erste Symptome nicht ignorieren!

Eine Untersuchung an 50 Hauskatzen ergab, dass ein Viertel von Pilzen befallen war, ohne dass die Besitzer es wussten. Katzen, Hunde und Nagetiere infizieren sich häufig mit Pilzen im Kontakt mit dem Erdboden und verstreuen sie dann.

Die Ansteckungsgefahr geht von Tieren, vom Kontakt mit dem Erdreich oder dem Fussboden aus. Pilze können auch eingeatmet oder durch die Nahrung aufgenommen werden, die Berührung mit der Haut ist jedoch am häufigsten. Im Normalfall geschieht dabei nichts, da der menschliche Organismus mit Schutzmassnahmen darauf reagiert. Oft ist aber die Immunabwehr geschwächt und der Körper folglich anfällig auf Pilzbefall.

Der Fusspilz ist wohl der bekannteste unter den Mykosen. Dennoch ist er weder der einzige, noch hat er sich auf den Fuss spezialisiert. Pilze gibt es überall, weshalb auch die Infektionsgefahr ausserordentlich gross ist. Eine Pilzerkrankung tritt von aussen an den Menschen heran; es handelt sich dabei um eine Infektion, die durch pflanzliche Mikroorganismen hervorgerufen wird.

Pilze bevorzugen ein besonderes Klima: Wärme, Feuchtigkeit und einen entsprechenden Nährboden. Zehenzwischenräume, die Berührungspunkte der Oberschenkelinnenseite und die Leisten-gegend beispielsweise bieten ideale Bedingungen.

Pilzerkrankungen (Mykosen) breiten sich immer mehr aus. Um einer Weiterverschleppung vorzubeugen, ist es wichtig, bei den ersten Anzeichen (Bläschenbildung, Brennen, Jucken) einen Arzt aufzusuchen. Durch die sofortige, gezielte Behandlung kann eine Übertragung des Pilzes auf den Mitmenschen weitgehend eingedämmt werden.

Fussböden, Holzroste, Matten und Teppiche in Turnhallen, Schwimmbädern oder Umkleidekabinen, aber auch Hotelzimmer sind Orte, an denen vor allem Fusspilze übertragen werden können. Hat man sich einmal mit einem Pilz infiziert, ist die Gefahr gross, ihn zu verschleppen und einen ganzen Kreislauf heraufzubeschwören: