

Schwermetalle in höheren Pilzen, II*

Mangan und Eisen

Heavy Metals in Higher Fungi, II

Manganese and Iron

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

Fachbereich 15.2, Biochemie, der Universität des Saarlandes, Saarbrücken

(Z. Naturforsch. 32 c, 712–723 [1977]; eingegangen am 20. Juni 1977)

Manganese, Iron, Higher Fungi, Tremellales, Gasterales

In several series of 262 samples, Higher Fungi, especially from the Tremellales and Gasteromycetes, were analyzed by atomic absorption spectroscopy on their content of the trace metals manganese and iron. Both elements were found to be present in higher concentrations in some species of the *Tremellales* and *Phallales*. In the case of wood-destroying fungi, the Fe- and Mn-contents of the substrates were compared to those of the corresponding fungi. Only the species with the highest level of these metals reached the same contents as their substrates or a poor enrichment. Among the remaining species of the Higher Fungi, only in the case of the epigean *Phallales*, a possible biochemical role of manganese has been discussed.

1. Einleitung

Bei früheren Untersuchungen über Schwermetallgehalte in Höheren Pilzen wurden einige beträchtliche Anreicherungen an relativ seltenen Spurenmetallen, wie Cadmium¹ oder Vanadium² gefunden, die für wenige, nahe verwandte Gruppen oder auch Arten charakteristisch sind. Dieser Befund läßt vermuten, daß Pilze auch andere Schwermetalle gezielt anzureichern vermögen. Bei der Durchsicht verfügbarer Analysendaten fällt auf, daß über das Vorkommen auch häufigerer Metalle, wie Eisen und Mangan, bei Pilzen relativ wenige Untersuchungen vorliegen³. Dies überrascht besonders deshalb, weil die genannten Metalle schon lange als essentielle Spurenelemente erkannt und ihre Funktionen bei Stoffwechselprozessen – besonders im Falle des Eisens – bereits intensiv erforscht wurden^{4a,b}. Die zugänglichen Gehaltsbestimmungen an diesen Elementen sind in der Literatur weit verstreut⁵. Eine Anzahl von Pilzanalysen finden sich für Mangan bei Bertrand und Silberstein⁶, für Eisen bei Horovitz *et al.*⁷, sowie für beide Metalle bei Hinneri⁸ und Friese⁹. Aus allen Arbeiten können weder Streuungen innerhalb einzelner Arten entnommen werden, noch finden sich Angaben über Anreicherungsfaktoren gegenüber den Standorten.

Die einzigen herausragenden Mangangehalte wurden bei Gitter- (*Clathraceae*) und Rutenpilzen (*Phallaceae*) gefunden (>500 mg/kg TG **)⁶, wobei jeweils nur eine Analyse einer Art durchgeführt wurde. Im Falle des Eisens zeigen nur die wenigen bisher untersuchten Vertreter der Bauchpilze (*Gasteromycetes*) höhere Gehalte (>500 mg/kg TG).

Im Rahmen unserer umfangreichen Metallanalysen bei Höheren Pilzen wurden vor allem bei einigen Holzbewohnern aus der Gruppe der Gallertpilze (*Tremellales*) überdurchschnittlich hohe Mangan- und Eisengehalte gefunden. Die recht lückenhafte Bearbeitung gerade jener Pilzgruppen, die interessante Mn- und Fe-Anreicherungen erwarten lassen, gaben Anlaß zu einer detaillierten, systematisch breit gefächerten Untersuchung der Höheren Pilze, wobei die Bauch- und Gallertpilze besonders intensiv bearbeitet wurden. Um abschätzen zu können, ob höhere Mangan- und Eisengehalte in den Pilzen auf spezifische Anreicherungen zurückzuführen sind, war es notwendig, Standortproben in die Analysen mit einzubeziehen.

2. Experimentelles

Die analysierten Pilze wurden zum überwiegenden Teil in der Zeit von Oktober 1976 bis März 1977 in verschiedenen Teilen des Saarlandes gesammelt. Die Artzugehörigkeit der Pilzfunde wurde hauptsächlich anhand der Standardwerke von Mo-

* I. Mitteilung: H.-U. Meisch, J. A. Schmitt u. W. Reinle, Z. Naturforsch. 32 c, 172 [1977].

Sonderdruckanforderungen an Dr. J. A. Schmitt, Fachbereich 15.2, Biochemie, der Universität des Saarlandes, D-6600 Saarbrücken 11.

** Trockengewicht



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

ser¹⁰, Orton¹¹, Kühner und Romagnesi¹² (*Agaricales*), von Demoulin¹³ und Pilát¹⁴ (*Gasteromycetes*), sowie von Neuhoff¹⁵, Pilát¹⁶ und Martin¹⁷ (*Tremellales*) vorgenommen, wobei neben den makroskopischen und ökologischen Merkmalen besonders Sporengrößen*, Basidien- und Cystidenformen mikroskopisch überprüft wurden. Zur Ergänzung und zum Vergleich wurde Pilz-Trockenmaterial aus den Herbarien von J. A. Schmitt, H. Derbsch **, G. Groß ** und K. Waneczek ** herangezogen. Von allen untersuchten Pilzarten befinden sich Belegstücke bzw. Duplikate in den genannten Herbarien.

Die zu analysierenden Pilze wurden wie früher beschrieben¹ aufbereitet und der Spurenanalyse mittels Atomabsorptionsspektroskopie unterworfen. Dazu diente das Gerät 420 der Firma Perkin-Elmer

(Bodenseewerk) mit Flammenansatz. Mangan und Eisen wurde beider in der Azetylen-Luft-Flamme bestimmt. Alle angegebenen Metallgehalte beziehen sich auf das Trockengewicht.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Schwermetallanalysen auf Eisen und Mangan erfaßten einen repräsentativen Querschnitt von 116 Arten der Höheren Basidio- und Ascomyceten. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag bei den holzbewohnenden Gallertpilzen sowie oberirdisch oder unterirdisch fruktifizierenden Bauchpilzen, da hier in einzelnen Fällen besonders hohe Gehalte an Mn bzw. Fe gefunden wurden⁵⁻⁹. Zur Beurteilung von Anreicherungen wurden besonders bei den bezüglich ihrer Mangan- und Eisengehalte interessanten Arten auch Analysen vom Standort durchgeführt. Aus der Gattung *Agaricus* (Champignons) stand wegen der von uns schon früher durchgeföhrten Studien über Cadmium-, Zink- und Kupfergehalte¹ umfangreiches Analysenmaterial zur Verfügung. Die hierin gefundenen Eisen- und Mangankonzentrationen zeigten innerhalb einzelner Arten keine größeren Schwankungen, so daß nur die Mittelwerte tabellarisch erfaßt wurden. Die Mn- und Fe-Gehalte von 84 Arten Höherer Pilze (ohne Bauch- und Gallertpilze) sind in Tab. I zusammengestellt.

* Der nicht nach der Literatur bestimmbar Gallertpilz JAS 4895 (Tab. II) wies zwar nach Form und Größe typische Exidia-Sporen auf, die jedoch in ihren Abmessungen für eine Artzuordnung zu groÙe Streuungen zeigten. Neben der Hauptmenge an Normalsporen (mittlere Abmessungen 17,0/6,9 µm) traten Großsporen von 18,4/9,2 und 19,6/11,5 µm auf. In der Sporenvolumenstatistik [vgl. Lit. 18] liegen diese bei den relativen Volumen 1, 2 und 3, d. h. die Großsporen sind als Dauer-Memno-) Sporen im Sinne Gregory's¹⁹ aufzufassen und können durch ungünstige Wachstumsbedingungen (z. B. Kälte) induziert werden [vgl. Lit. 18].

** Den Herren H. Derbsch, Völklingen, Dr. G. Groß, Blieskastel, und K. Waneczek, Aschaffenburg, danken wir für die Überlassung von Herbarmaterial.

Tab. I. Eisen- und Mangangehalte in Höheren Pilzen.

Art	Exsikkat-Nr. *	Mn [mg/kg TG **]	Fe	Verhältnis Fe : Mn
<i>Basidiomycetes</i> (Ständerpilze)				
<i>Agaricales</i> (Blätterpilze)				
<i>Hygrophoraceae</i> (Schneeklingsartige)				
<i>Hygrophorus hypothejus</i> (Fr.) Fr. [Frost-Schneekling]	4760	39	198	5,1
<i>Tricholomataceae</i> (Ritterlingsartige)				
<i>Clitocybe nebularis</i> (Batsch ex Fr.) Kummer [Nebelgrauer Trichterling]	4778	32	184	5,8
<i>Clitocybe odora</i> (Bull. ex Fr.) Kummer [Grüner Anistricherling]	4791	33	288	8,7
<i>Tricholoma terreum</i> (Schff. ex Fr.) Kummer [Erdritterling]	1870	4	154	38,5
<i>Lepista nuda</i> (Bull. ex Fr.) Cooke [Violette Rötelritterling]	4769	45	348	7,7
<i>Tricholomataceae</i> -Mittelwerte:		29	244	15,2
<i>Amanitaceae</i> (Wulstlingsartige)				
<i>Amanita muscaria</i> (L. ex Fr.) Hooker) [Fliegenpilz]	4764	18	720	40,0
<i>Amanita pantherina</i> (DC ex Fr.) Secri. [Pantherpilz]	4470	20	437	21,9

Tab. I (Fortsetzung)

Art	Exsikkat-Nr. *	Mn [mg/kg TG **]	Fe	Verhältnis Fe : Mn
<i>Amanita rubescens</i> (Pers. ex Fr.) S. F. Gray [Perl pilz]	4781	63	238	3,8
<i>Limacella guttata</i> (Fr.) Konr. et Maubl. [Getropfter Schleimschirm pilz]	4829/1 4829/2	18 52	104 351	5,8 6,8
<i>Amanitaceae</i> -Mittelwerte:		34	370	15,7
<i>Cortinariaceae</i> (Schleierlingsartige)				
<i>Inocybe gausapata</i> Kühner	4658	27	432	16,0
<i>Strophariaceae</i> (Träuschlingsartige)				
<i>Stropharia aeruginosa</i> (Curt. ex Fr.) Quél. [Grünspan-Träuschling]	4859	94	198	2,1
<i>Coprinaceae</i> (Tintlingsartige)				
<i>Coprinus comatus</i> (Müll. in Fl. Dan. ex Fr.) S. F. Gray [Schopftintling]	4767	16	165	10,3
<i>Coprinus atramentarius</i> (Bull. ex Fr.) Fr. [Grauer Faltentintling]	4766	8	114	14,3
<i>Agaricaceae</i> (Champignonartige)				
<i>Agaricus</i> (Champignons), Sektion <i>Rubescentes</i>				
<i>Agaricus bisporus</i> (Lge.) Møller et Schaeffer [Zweisporiger Champignon]	1025x	26	281	10,8
<i>Agaricus hortensis</i> (Cke.) Pilát [Garten-Champignon]	MW(3)***	12	115	9,6
<i>Agaricus bitorquis</i> (Quél.) Sacc. [Stadt-Champignon]	MW(2)	82	1320	13,4
<i>Agaricus subfloccosus</i> (Lge.) Pilát [Flockiger Champignon]	1990x	32	215	6,7
<i>Agaricus aestivalis</i> (Møller) [Sommer-Champignon]	4826	12	55	4,6
<i>Agaricus cupreo-brunneus</i> (Schiff. et Steer ex Møller) Møller [Kupferbräunlicher Champignon]	4827	13	102	7,8
<i>Agaricus campester</i> (L.) Fr. [Wiesen-Champignon]	MW(10)	18	134	8,5
<i>Agaricus vaporarius</i> (Pers. ex Vitt.) Moser [Rauchbrauner Champignon]	MW(5)	17	273	15,1
<i>Agaricus subperonatus</i> (Lge.) Singer [Gegürtelter Champignon]	MW(2)	31	382	11,3
<i>Agaricus squamuliferus</i> (Møller) Møller [Feinschuppiger Champignon]	MW(2)	11	82	7,8
<i>Agaricus langei</i> (Møller) Møller [Braunschuppiger Waldchampignon]	MW(11)	19	92	5,1
<i>Agaricus hämorhoidarius</i> (Kalchbr. et Schulz.) Møller [Großer Blutchampignon]	MW(2)	25	89	5,1
<i>Agaricus silvicola</i> Schaeff. ex Secr. [Kleiner Blutchampignon]	MW(11)	26	150	6,2
<i>Agaricus silvaticus</i> var. <i>pallens</i> Pilát [Blasser Waldchampignon]	MW(2)	34	199	7,9
<i>Agaricus</i> -Mittelwerte (<i>Rubescentes</i>):		23	195	8,0
<i>Agaricus</i> (Champignons), Sektion <i>Flavescentes</i>				
<i>Agaricus xanthoderma</i> (Gen.) Møller [Karbolegerling]	MW(4)	15	174	10,8
<i>Agaricus silvicola</i> (Vitt.) Sacc. [Dünnfleischiger Anischampignon]	MW(3)	17	123	7,2
<i>Agaricus abruptibulbus</i> (Peck) Kauffmann [Schiefknölliger Anischampignon]	MW(13)	29	91	3,2

Tab. I (Fortsetzung)

Art	Exsikkat-Nr. *	Mn [mg/kg TG **]	Fe	Verhältnis Fe : Mn
<i>Agaricus macrocarpus</i> (Møller) Møller [Gedrunger Anischampignon]	MW (6)	17	78	4,8
<i>Agaricus arvensis</i> (Schaeffer ex Fr.) [Schaf-Champignon]	MW (6)	26	205	7,4
<i>Agaricus cf. fissuratus</i> (Møller) [Strand-Champignon]	1989x	19	395	20,8
<i>Agaricus chionodermus</i> Pilát [Bronzestieliger Frühjahrschampignon]	4812	30	288	9,6
<i>Agaricus cretaceus</i> Fr. ss. Pilát [Schuppiger Champignon]	4813	25	121	4,8
<i>Agaricus macrosporus</i> Møller et Schaeffer [Großsporiger Champignon]	MW (15)	10	57	5,6
<i>Agaricus augustus</i> Fr. [Hohlstieliger Riesen-champignon]	4819	15	99	6,6
<i>Agaricus dulcidulus</i> Schulzer [Zwerg-Champignon]	1399x	39	336	8,6
<i>Agaricus purpurellus</i> (Møller) Møller [Purpur-Champignon]	1599x	27	134	5,0
<i>Agaricus porphyriticus</i> Orton [Porphyrfaseriger Champignon]	MW (2)	26	133	5,1
<i>Agaricus semotus</i> Fr. [Kleiner Waldchampignon]	MW (5)	43	379	14,5
<i>Agaricus</i> -Mittelwerte (<i>Flavescentes</i>):		22	139	6,4
<i>Leucoagaricus pudicus</i> Bull. [Rosablättriger Schirmpilz]	MW (4)	44	385	8,2
<i>Leucoagaricus holosericeus</i> (Fr.) Moser [Seidiger Schirmpilz]	4442	15	250	16,7
<i>Leucoagaricus</i> -Mittelwerte:		38	358	9,9
<i>Macrolepiota procera</i> (Scop. ex Fr.) Sing. [Parasol]	MW (3)	20	79	4,5
<i>Macrolepiota gracilenta</i> Fr. [Zitzen-Schirmpilz]	4743	11	86	7,8
<i>Macrolepiota rhacodes</i> (Vitt.) Sing. [Safran-Schirmpilz]	MW (2)	51	93	1,9
<i>Macrolepiota</i> -Mittelwerte:		29	85	4,2
<i>Cystoderma cinnabarinum</i> (A. et S. ex Secr.) Fay. [Zinnoberbrauner Körnchenschirmpilz]	MW (2)	50	386	7,4
<i>Cystoderma superbum</i> Huijsman [Weinroter Körnchenschirmpilz]	4533	54	724	13,4
<i>Cystoderma carcharias</i> (Pers. ex Secr.) Fay. [Starkkriechender Körnchenschirmpilz]	4841	59	613	10,4
<i>Cystoderma amianthinum</i> (Scop. ex Fr.) Fay. [Amiant-Körnchenschirmpilz]	3838	70	1233	17,6
<i>Cystoderma</i> -Mittelwerte:		56	600	11,2
<i>Lepiota setulosa</i> Lange [Rotbrauner Schirmpilz]	1460	10	172	17,2
<i>Lepiota cristata</i> (A. et S. ex Fr.) Kummer [Kamm-Schirmpilz]	4235	31	881	28,4
<i>Lepiota subgracilis</i> Kühner [Rußbrauner Schirmpilz]	4711	40	439	11,0

Tab. I (Fortsetzung)

Art	Exsikkat-Nr. *	Mn [mgkg TG **]	Fe	Verhältnis Fe : Mn
<i>Lepiota aspera</i> (Pers. in Hofmann ex Fr.) Quél. [Kegelgeschuppiger Schirmpilz]	3130	42	416	9,9
<i>Lepiota acutesquamosa</i> (Weinm.) Kummer [Spitzschuppiger Schirmpilz]	4456	26	376	14,5
<i>Lepiota clypeolaria</i> (Bull. ex Fr.) Kummer [Wolliggestiefelter Schirmpilz]	2940	16	266	16,6
<i>Lepiota</i> -Mittelwerte:		28	425	16,3
<i>Rhodophyllaceae</i> (Rötlingsartige)				
<i>Rhodophyllum proletarius</i> (Fr.) Quél.	4660	171	276	1,6
<i>Boletales</i> (Röhrlingsartige)				
<i>Boletaceae</i> (Röhrlinge)				
<i>Boletus edulis</i> Bull. ex Fr. [Steinpilz]	4793	27	125	4,6
<i>Suillus luteus</i> (L. ex Fr.) S. F. Gray [Butterpilz]	4763	26	35	1,3
<i>Xeromorus chrysenteron</i> (Bull. ex St. Amans) Quél. [Rottfuß-Röhrling]	4770 4805	11 11	107 174	9,7 15,8
<i>Xerocomus subtomentosus</i> (L. ex Fr.) Quél. [Ziegenlippe]	4761	15	35	2,3
<i>Leccinum scabrum</i> (Bull. ex Fr.) S. F. Gray [Birkenpilz]	4762	9	57	6,3
<i>Boletaceae</i> -Mittelwerte:		17	89	6,7
<i>Paxillaceae</i> (Kremplingsartige)				
<i>Paxillus involutus</i> (Batsch) Fr. [Kahler Krempling]	4794	30	149	5,0
<i>Russulales</i> (Täublingsartige)				
<i>Russula aurata</i> With. ex Fr. [Gold-Täubling]	4804	24	161	6,7
<i>Russula parazurea</i> J. Schöff. [Wolkiger Täubling]	4796	27	50	1,9
<i>Russula aeruginea</i> Lindbl. var. [Birken-Täubling]	4780	36	127	3,5
<i>Lactarius deliciosus</i> (L. ex Fr.) f. <i>rubescens</i> J. A. Schmitt [Edelreizker]	4836	20	262	13,1
<i>Russulales</i> -Mittelwerte:		27	150	6,3
<i>Cantharellales</i> (Leistenpilze)				
<i>Cantharellus cibarius</i> Fr. [Pfifferling]	2708	30	108	3,6
<i>Clavariales</i> (Keulenpilze)				
<i>Ramaria stricta</i> (Pers. ex Fr.) [Steife Koralle]	4559	39	244	6,3
<i>Ascomycetes</i> (Schlauchpilze)				
<i>Pezizales</i> (Becherlingsartige)				
<i>Aleuria aurantia</i> (Fr.) Fuckel [Gemeiner Orangebecherling]	4798	70	97	1,4
<i>Helvella lacunosa</i> Afz. ex Fr. [Grubenlorchel]	4765	32	89	2,8
<i>Tuberales</i> (Trüffelartige)				
<i>Tuber aestivum</i> Vitt. [Sommertrüffel]	4867	18	223	12,4
<i>Choromyces maeandriiformis</i> Vitt. [Mändertrüffel, Weiße Trüffel]	4868	10	178	17,8

* In Herbar J. A. Schmitt; Nummern mit „x“ = Aufsammlungen in Herbar Wanecek;

** Trockengewicht;

*** MW, Mittelwert, Anzahl der Einzelanalysen in Klammern.

Aus Tab. I geht hervor, daß sich die Mangan-gehalte aller untersuchten Arten im Konzentrationsbereich von 10 – 60 mg/kg TG bewegen. Nur zwei Arten, nämlich *Rhodophyllus proletarius* und *Agaricus bitorquis* (Stadtchampignon), enthalten als Wegrandbewohner höhere Anteile an diesem Metall. Diese Ergebnisse stehen in gutem Einklang mit den von Bertrand und Silberstein⁶ bzw. Hinneri⁸ angegebenen Daten.

Die Eisengehalte der analysierten Pilzarten lagen in jedem Falle über denjenigen des Mangans, wobei im allgemeinen stärkere Schwankungen auftraten. Das Fe/Mn-Verhältnis weist ebenfalls beträchtliche Abweichungen (1,3 – 40) auf, ohne daß Korrelationen zu einzelnen Pilzgruppen erkennbar wären. Der weitaus größte Teil der Pilze enthielt zwischen 100 und 500 mg/kg TG Eisen. Als besonders eisen-arm erwiesen sich die Röhrlingsartigen (*Boletales*), wo immer weniger als 200 mg/kg TG Fe auftrat. Gleches gilt für einen Teil der Champignons (Gruppe *Silvaticus*, *Macrosporus*, u. a.). An der oberen Grenze befinden sich Vertreter der Schirmpilze, insbesondere aus den Gattungen *Cystoderma* und *Lepiota*, wo Eisengehalte bis 1200 mg/kg TG gefunden wurden. Die wenigen Literaturwerte⁷ erstrecken sich über einen ähnlichen Bereich.

Nachdem sich aus der in Tab. I gegebenen Übersicht bezüglich der Mangan- und Eisengehalte eine relative Gleichförmigkeit gezeigt hat, rückten die weniger bekannten Gallert- und Bauchpilze in den Vordergrund des Interesses, zumal die wenigen Angaben aus der Literatur^{5, 6, 9} hier Besonderheiten vermuten ließen.

Die Gallertpilze (*Tremellales*, *Auriculariales*) gehören zu der Klasse der *Heterobasidiomycetes* mit septierten Ständerzellen (Basidien), die aufgrund der Struktur dieser sporentragenden Zellen in mehrere Ordnungen aufgegliedert wird^{15–17}. Hier von wurden aus der Ordnung *Tremellales* Vertreter der Familien *Tremellaceae* und *Dacrymycetaceae*, aus der Ordnung *Auriculariales* (Ohrlappenpilze) Vertreter der Gattung *Auricularia* ausgewählt, da diese zu den häufigsten Gallertpilzen zählen, die besonders im Spätherbst und Frühjahr als Saprophyten an totem Holz gefunden werden. Hier bot sich zusätzlich eine Untersuchung der Holzsubstrate am Pilzstandort an. In Tab. II sind die Ergebnisse der Eisen- und Mangananalysen der Pilzfruchtkörper und des zugehörigen Holzuntergrundes aufgeführt. Zur besseren Übersicht werden bei mehreren untersuchten Funden derselben Art am gleichen Holztyp zusätzlich die Mittelwerte angegeben.

Tab. II. Mangan- und Eisengehalte in Gallertpilzen und ihren Substraten.

Art	Exsikkat-Nr. *	Mn [mg/kg TG **]	Anreicherungsfaktor		Verhältnis Fe : Mn			
			Mn	Fe				
<i>Tremellales</i>								
<i>Tremellaceae</i> (Zitterlinge)								
<i>Exidia truncata</i> Fr. [Stoppeliger Drüsling]	4883 P	208	2865	3,4	11,6			
	H a	61	247		4,0			
	4884 P	80	1556	2,2	17,5			
	H a	36	89		2,4			
	4885 P	263	839	3,8	3,2			
	H a	70	219		3,1			
	4886 P	468	80	1,1	0,02			
	H a	417	3401		8,2			
	4875 P	242	346	3,6	1,8			
	H a	68	191		2,8			
<i>2456</i> P	256	183	0,4	1,2	0,7			
	H a	608	159		0,3			
	4892 P	972	1725	6,9	10,2			
	H a	140	170		1,2			
Mittelwerte:								
	P	356	1085	3,1	5,8			
	H a	200	630		3,1			
	4889/1 P	333	921	1,3	5,2			
	H b	256	199		0,7			
	4889/2 P	252	2629	1,0	14,7			
	H b	256	179		0,7			
	4890/1 P	119	174	0,4	0,6			
	H b	272	308		1,1			

Tab. II (Fortsetzung)

Art	Exsikkat-Nr. *	Mn [mg/kg]	Fe TG **]	Anreicherungsfaktor Mn	Anreicherungsfaktor Fe	Verhältnis Fe : Mn
	4890/2 P	195	423	0,7	1,4	2,2
	H b	272	308			1,1
	4890/3 P	233	2170	0,9	7,1	7,7
	H b	272	308			1,1
	4876 P	503	1709	1,6	3,5	3,4
	H b	307	483			1,6
	2062 P	205	693	—	—	3,4
Mittelwerte:	P	263	1246	1,0	5,4	4,5
	H b	273	294			1,1
<i>Exidia</i> spec.	4895/1 P	402	207	3,5	7,1	0,5
	H a	114	29			0,3
	4895/2 P	381	207	3,3	7,1	0,5
	H a	114	29			0,3
<i>Exidia glandulosa</i> Fr. [Hexenbutter]	4893 P	933	3717	0,7	38,2	4,0
	H c	1355	97			0,1
	2483 P	34	1393	0,8	1,6	41,0
	H d	44	890			20,2
<i>Tremella mesenterica</i> Retz. ex Fr. [Goldgelber Zitterling]	3226/1 P	301	2126			7,1
	3226/2 P	324	1848			5,7
	2010 P	225	621	0,8	0,5	2,8
	H b	267	1241			4,6
	2502 P	18	175	0,7	0,5	9,7
	H b	27	377			14,0
	4891 P	532	1587	2,5	20,6	3,0
	H b	213	77			0,4
<i>T. mesenterica</i> -Mittelwerte:	P	280	1271	1,3	7,2	5,7
	H b	169	565			6,3
<i>Tremella foliacea</i> Pers. ex Fr. [Rotbrauner Zitterling]	4877 P	437	634			1,5
	4878 P	570	5010	4,2	16,3	8,8
	H e	136	307			2,3
	2457 P	138	3517	0,8	6,3	25,5
	H a	175	563			3,2
	4862/1 P	529	1213			2,3
	4862/2 P	593	1152			1,9
	3521 P	80	289			3,6
<i>T. foliacea</i> -Mittelwert:	P	391	1969			7,3
<i>Tremelloben gelatinosum</i> (Fr.) Karst. [Eispilz]	629/1 (an f)	274	530			1,9
	629/2	317	312			1,0
<i>Gyrocephalus helvolooides</i> (DC ex Fr.) Keissler [Rötlicher Gallertrichter]	3030/1 P	128	216	0,2	0,1	1,7
	H f	881	3335			3,8
	3030/2 P	83	120	0,1	0,04	1,4
	H f	881	3335			3,8
<i>Dacrymycetaceae</i> (Gallertrünen)						
<i>Calocera viscosa</i> (Pers. ex Fr.) [Klebriger Hörnling]	43 P	84	395	1,4	0,3	4,7
	H f	60	1199			20,0
	2607 P	269	558	2,1	0,2	2,1
	H f	127	2354			18,5
<i>Auriculariales</i>						
<i>Auriculariaceae</i> (Ohrlappenpilze)						
<i>Auricularia mesenteica</i> Dicks. ex Fr. [Gzeonter Ohrlappenpilz]	4887/1 Pj	75	822	0,2	0,8	11,0
	4887/2 Pj	35	107	0,1	0,1	3,1
	4887/3 Pj	75	819	0,2	0,8	10,9
	4887/4 Pj	60	482	0,2	0,5	8,0
	4886/5 Pj	41	293	0,1	0,3	7,1
	4887/6 Pr	118	3171	0,3	2,9	26,9
	H b	343	1083			3,2

Tab. II (Fortsetzung)

Art	Exsikkat-Nr. *	Mn [mg/kg TG **]	Fe [mg/kg TG **]	Anreicherungsfaktor Mn Fe	Verhältnis Fe : Mn
<i>A. mesenterica</i> -Mittelwerte:	2148 P	104	178	0,1	0,02
	H b	919	9040		1,7 9,8
	4628 P	109	365	0,9	1,1 3,3
	H b	118	326		2,8
<i>Auricularia auricula</i> (L. ex Fr.) Schroeter [Judasohr]	4872 P 4873 P H g	77 460	780 3483	0,3 0,9 1,0	0,8 0,2 0,8 9,0 5,3 0,3 1,6 1,9

* In Herbar J. A. Schmitt; P, Pilzfruchtkörper; j, jung; r, alt; H, Holz; a, Stieleiche (*Quercus robur*); b, Rotbuche (*Fagus silvatica*); c, Weide (*Salix spec.*); d, Esche (*Fraxinus excelsior*); e, Birke (*Betula pendula*); f, Fichte (*Picea abies*); g, Traubenholzunder (*Sambucus racemosa*).

** Trockengewicht.

Aus Tab. II ist ersichtlich, daß die untersuchten Vertreter der Gallertpilze allgemein höhere Mangan- und Eisengehalte aufweisen als die in Tab. I aufgeführten Pilzarten. Allerdings treten deutliche Unterschiede zwischen den besonders Mangan- und Eisen-reichen Arten der *Tremellales* und den *Auriculariales* auf. Die mittleren Mangankonzentrationen liegen bei der ersten Gruppe zwischen 300 – 400 mg/kg TG, wobei Höchstwerte bis fast 1000 mg/kg TG erreicht werden. Die einzige Ausnahme bildet der Rötliche Gallerttrichter (*Gyrocephalus helvelloides*), der vergleichsweise niedrige Mangan- und Eisengehalte aufweist. Mangan wird aus dem Substrat (Holz) einerseits bis zu 7fach angereichert, im Minimum aber nur zu 44% aufgenommen. Wie am Beispiel der zahlreichen Analysen an *Exidia truncata* gesehen werden kann, ist dies unabhängig von der Holzart, obwohl die Stieleiche (*Quercus robur*) bei annähernd gleichem Mangangehalt doppelt so viel Eisen enthält als die Rotbuche (*Fagus silvatica*). Die mittleren Eisengehalte der untersuchten *Tremellaceae* liegen fast immer über 1000 mg/kg TG, wobei Spitzen bis 5000 mg/kg TG erreicht werden. Hier treten im Gegensatz zu Mangan noch extremere Schwankungen im Anreicherungsgrad auf (0,02 – 38), wobei im Mittel eine 6fache Eisenanreicherung gegenüber dem Holz gefunden wurde.

Die beiden Arten der Ohrlappenpilze (*Auricularia*) weisen zwar niedrige Mangangehalte auf (bis max. 120 mg/kg TG), liegen aber in ihren Eisenkonzentrationen im gleichen Bereich wie die *Tremellales*. Geringe Eisenanreicherungen wurden nur

in einzelnen Fällen beobachtet. Besonders eisenreich sind alte Fruchtkörper der Art *Auricularia mesenterica*, die bis zu 30mal mehr an diesem Metall enthalten als die am gleichen Buchenstamm gewachsenen jungen Fruchtkörper.

Das Verhältnis Fe : Mn ist bei den Gallertpilzen meist größer als 1, kann jedoch bis auf 0,2 absinken; für die entsprechenden Substrate (Holz) wurden ähnliche Verhältnisse gefunden.

Die hohen Eisen- und Mangangehalte der bisher untersuchten Vertreter der Gallertpilze sind insofern ein interessanter Befund, da diese Pilze ausnahmslos auf totem Holz wachsen. Es stellt sich somit die Frage, ob weitere holzbewohnende Pilzarten aus anderen systematischen Gruppen ebenfalls derartige Eisen- und Mangankonzentrationen aufweisen. Dazu wurden insgesamt 19 Proben von 11 weitverbreiteten Arten der Porlinge (*Porales sensu lato*), Keulenpilze (*Clavariales*), Blätterpilze (*Agaricales*) und Schlauchpilze (*Ascomycetes*) analysiert, wobei in der Mehrzahl der Fälle die Metallgehalte der Substrate ebenfalls ermittelt werden konnten. In Tab. III sind die entsprechenden Daten zusammengestellt.

Hier fällt auf, daß bis auf wenige Ausnahmen alle untersuchten Spezies in ihrem niedrigen Mangangehalt den erdbewohnenden Arten (vgl. Tab. I) vergleichbar sind. Durchschnittlich doppelt so hohe Gehalte an beiden Metallen zeigen die Nestpilze (*Nidulariales*) und die gallertfleischigen Vertreter der Porlings-artigen (*Merulius*, *Phlebia*), während in dem Schlauchpilz *Bulgaria inquinans* (Schmutz-

Tab. III. Mangan und Eisen in holzbewohnenden Höheren Pilzen (excl. *Heterobasidiomycetes*).

Art	Exsikkat-Nr. *	Mn [mg/kg TG **]	Fe	Anreicherungsfaktor Mn	Anreicherungsfaktor Fe	Verhältnis Fe : Mn
<i>Basidiomycetes</i> (Ständerpilze)						
<i>Poriales</i> s. l. (Porensporenkörner)						
<i>Trametes gibbosa</i> (Pers. per Pers.)						
Fr. [Buckeltramete]	4797 P (an b)	16	48			3,0
<i>Merulius tremellosus</i> (Schrad.) Fr.	1862 P	110	472	0,4	0,9	4,3
[Gallertfleischiger Fältling]	H b	269	514			1,9
	2414 P	28	145	0,2	0,4	5,2
	H b	119	398			3,3
	3167 P	107	259	0,3	1,3	2,4
	H b	363	206			0,6
<i>Phlebia aurantiaca</i> (Sow.) Karst.	3171 P	162	1443	0,2	1,1	8,9
[Orangefarbiger Kammpilz]	H a	685	1276			1,9
	3254 P	39	307	0,5	1,1	7,9
	H a	75	293			3,9
<i>Clavarales</i> (Korallenpilze)						
<i>Sparassis crispa</i> Wulf. ex Fr.						
[Krause Glucke]	438 P (an d)	8	114			14,3
<i>Agaricales</i> (Blätterpilze)						
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.)	4861 P (an b)	28	302			10,8
Kummer [Austernseitling]	4888 P	16	229	0,1	0,2	14,3
	H b	343	1083			3,2
<i>Armillariella mellea</i> (Vahl in Fl.						
Dan. ex Fr.) Karst.						
[Hallimasch]	4768 P (an a)	32	113			3,5
<i>Psathyrella hydrophila</i> (Bull. ex						
Merat) Maire						
[Weißstieliges Stockschwämchen]	4856 P (an a)	14	211			15,1
<i>Hypholoma capnoides</i> (Fr. ex Fr.)						
Kummer						
[Graublättriger Schwefelkopf]	4864 P (an f)	31	192			6,2
<i>Pholiota squarrosa</i> (Pers. ex Fr.)						
Kummer						
[Sparriger Schüppling]	4659 P (an h)	18	123			6,8
<i>Kühneromyces mutabilis</i> (Schaeff. ex						
Fr.) Sing. et Smith	4835 P	35	81	0,1	0,05	2,3
[Stockschwämchen]	H a	334	1628			4,9
<i>Gasteromycetes</i> (Bauchpilze)						
<i>Nidulariales</i> (Nestpilze)						
<i>Cyathus striatus</i> (Huds. ex Pers.)	1280 P	150	267	0,2	1,4	1,8
Willd. ex Pers.	H a	689	192			0,3
[Gestreifter Teuerling]	1293 P	174	407	1,3	0,5	2,3
	H e	139	892			6,4
<i>Crucibulum vulgare</i> Tul.	2424 P	56	737	0,2	4,2	13,2
[Tiegel-Teuerling]	H b	318	175			0,6
	572 P	125	1193	0,7	2,2	9,5
	H b	176	536			3,0
<i>Ascomycetes</i> (Schlauchpilze)						
<i>Helotiales</i>	4880 P	223	795	0,7	3,4	3,6
<i>Bulgaria inquinans</i> Fr.	H a	323	232			0,7
[Schmutzbecherling]	4881 P	332	131	6,4	0,3	0,4
	H a	52	396			7,6
	4882 P	457	1742	1,3	1,4	3,8
	H a	367	1256			3,4
<i>B. inquinans</i> -Mittelwerte:	P	337	889	2,8	1,7	2,6
	H a	247	628			3,9

* In Herbar J. A. Schmitt; P, Pilzfruchtkörper (Standort); H, Holz; a, Stieleiche (*Quercus robur*); b, Rotbuche (*Fagus sylvatica*); d, Waldkiefer (*Pinus silvestris*); e, Birke (*Betula pendula*); f, Fichte (*Picea abies*); h, Süßkirsche (*Prunus avium*).

** Trockengewicht.

becherling) im Mittel 7mal mehr Mangan und 3mal mehr Eisen gefunden wurde. Der einzige Literaturwert für Mangan (6 mg/kg TG, Lit.⁶) bei dieser Pilzart liegt sehr viel tiefer als der niedrigste, von uns gefundene Wert (167 mg/kg TG). Im Gegensatz zu den anderen, hier untersuchten Holzbewohnern wächst der Schmutzbecherling auf der Rinde frisch gefällter Laubbäume, bevorzugt Eiche. Ein Vergleich von Holz und Rinde bei der Stieleiche (bezogen auf die Mittelwerte) zeigt aber weder signifikante Abweichungen im Mangan- noch im Eisengehalt, obwohl die Einzelwerte bei verschiedenen Proben der gleichen Baumart stark schwanken können. Die Gesamtbeurteilung der Eisen- und Mangangehalte bei holzbewohnenden Pilzen ergibt, daß außergewöhnliche Anreicherungen beider Metalle nicht durch das Holz bedingt und von der Holzart

unabhängig sind. Dies beweist ein Vergleich zweier verwandtschaftlich weit entferntstehender Pilzarten am gleichen Buchenstamm (Holzanalyse: 343 mg/kg TG Mn, 1083 mg/kg TG Fe): Der Blätterpilz *Pleurotus ostreatus* (Austernseitling) enthält viermal weniger an Mangan und fünfmal weniger an Eisen als der Gallertpilz *Auricularia mesenterica* (vgl. Tab. II, III). Es gibt demnach hier wieder Gruppen von Pilzen, die in ihrem Metallaufnahmee- und -anreicherungsvermögen aus dem allgemeinen Niveau herausragen.

Ausgehend von den wenigen Analysenwerten bei Bauchpilzen (*Gasteromycetes*)⁶, die auf mögliche Besonderheiten bei Mangan hinweisen, wurde diese Pilzgruppe eingehender auf Mn und Fe untersucht (Tab. IV). Bei den 29 Analysen von 20 Arten dieser Pilzgruppe wurden einige außergewöhnliche Me-

Tab. IV. Mangan- und Eisengehalte in erdbewohnenden Bauchpilzen (*Gasteromycetes*).

Art	Exsikkat-Nr. *	Mn [mg/kg TG **]	Fe	Verhältnis Fe : Mn
<i>Sclerodermatales</i> (Hartboviste)				
<i>Pisolithus arhizus</i> (Pers.) Rausch. [Erbsenstreuling]	1000	3	51	20,4
<i>Scleroderma citrinum</i> Pers. ¹⁸ [Dickschaliger Kartoffelbovist]	1505 Gl Pe	6 6	12 78	2,0 13,0
<i>Tulostomatales</i> (Stielboviste)				
<i>Tulostoma brumale</i> Pers. per Pers. [Zitzen-Stielbovist]	3204	50	935	18,7
<i>Lycoperdales</i> (Stäublingsartige)				
<i>Geastrum fimbriatum</i> Fr. [Gewimperter Erdstern]	1867	30	161	5,4
<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers. per Pers. [Flaschenbovist]	4783	72	201	2,8
<i>Langermannia gigantea</i> (Batsch per Pers.) Rostk. [Riesenbovist]	3364	8	75	9,3
<i>Secotiales</i> (Scheintrüffel)				
<i>Elasmomyces mattirolianus</i> Cav. [Täublingstrüffel]	1135	72	1601	22,2
<i>Hymenogastrales</i> (Scheintrüffel)				
<i>Rhizopogon rubescens</i> Tul. [Rötliche Wurzeltrüffel]	2128	8	154	19,7
<i>Melanogastrales</i> (Scheintrüffel)				
<i>Melanogaster broomeianus</i> (Berk.) Tul. [Bunte Schleimtrüffel]	205 581 g 463 g	50 12 31	777 78 450	15,5 6,5 14,5
<i>Hysterangiales</i> (Scheintrüffel)				
<i>Hysterangium coriaceum</i> Hesse [Bräunliche Schwanztrüffel]	186	100	557	5,6
<i>Hysterangium stoloniferum</i> Tul. [Rötende Schwanztrüffel]	187 2176	13 25	75 78	5,8 3,1
<i>Hysterangium nephriticum</i> Berk. [Weißliche Schwanztrüffel]	317 g 503 g	14 46	393 702	28,1 15,3
<i>Hysterangium rubricatum</i> Hesse [Rotfleischige Schwanztrüffel]	495 g	225	116	0,5

Art	Exsikkat-Nr. *	Mn [mg/kg TG **]	Fe	Verhältnis Fe : Mn
<i>Hysterangium calcareum</i> Hesse [Kalk-Schwanztrüffel]	425 g	18	295	16,4
<i>Gautieria otthii</i> Trog [Morchel-Trüffel]	484 g	10	138	13,8
<i>Phallogaster saccatus</i> Morgan *** [Schleim-Stäubling]	605 g	448	135	0,3
<i>Phallales</i> (Ruten- und Gitterpilze)				
<i>Clathrus ruber</i> (Micheli) Pers. [Scharlachroter Gitterling]	2314	447	573	1,3
<i>Anthurus archeri</i> (Berk.) E. Fischer [Tintenfischpilz]	3074 Hex Arme	1956 538	226 297	0,1 0,6
<i>Mutinus caninus</i> (Huds.) Fr. [Hundsrute]	3886 Hex	230	335	1,5
<i>Phallus impudicus</i> (L.) Fr. [Stinkmorchel]	2500 Hex 2275 Pe Inn 2557 Hex-Gl	218 447 168 16	224 270 132 59	1,0 0,6 0,8 3,7

* In Herbar J. A. Schmitt; Nummern mit „g“ in Herbar G. Groß; Gl, Gleba; Pe, Peridie; Hex, Hexenei; Inn, Inneres vom Hexenei; Hex-Gl, Gleba im Hexenei.

** Trockengewicht.

*** Erstfund für Deutschland, vgl. G. Groß (in Vorbereitung).

tallgehalte festgestellt: Auffallend niedrige Mangan- und Eisenwerte zeigen die Vertreter der Hartboviste (*Sclerodermatales*), der Riesenbovist (*Lagermannia gigantea*) und einige Arten der Scheintrüffel. Besonders reich an genannten Spurenmetallen sind alle untersuchten Vertreter der Ruten- und Gitterpilze (*Phallales*), wo Mangangehalte bis zu 2000 mg/kg TG gefunden wurden. Diese Pilzgruppe, die unter den Bauchpilzen die höchste Entwicklungsstufe erreicht²⁰, stellt insofern eine Besonderheit dar, daß die Fruchtkörper aller Arten zunächst in Form eines geschlossenen, oberirdisch wachsenden „Hexeneis“ angelegt werden, aus dem sich beim Reifeprozeß die durch Form, Farben und Geruch auffallenden Ruten- und Gitterformen entfalten. Analysiert man die einzelnen Teile eines solchen Hexeneis, z. B. bei der Stinkmorchel (*Phallus impudicus*), so zeigt sich ein besonders hoher Mangan gehalt in der weißlichen Außenhülle des Fruchtkörpers. Das Innere weist nur noch ein Drittel und die olivgrüne Sporenschicht (Gleba) sogar nur noch 1/30 dieser Mangankonzentration auf. Ähnliche Manganverteilungen findet man auch bei dem Tintenfischpilz (*Anthurus archeri*). In bezug auf die Eisengehalte sind die Unterschiede nicht so deutlich. Außerdem fällt auf, daß die *Phallales* häufig mehr Mangan als Eisen enthalten. Auch einige Vertreter der Scheintrüffel zeigten zwar nicht im Mangan-,

jedoch im Eisengehalt Werte über 500 mg/kg TG.

Aus der Sicht der vorliegenden, umfangreichen Mangan- und Eisenanalysen bei den verschiedensten Gruppen Höherer Pilze scheint es angebracht, hier eine besondere taxonomische Betrachtung anzuschließen: Innerhalb der Blätter-, Bauch- und Rutenpilze gibt es einige Gattungen, die in einem natürlichen System der Pilze trotz Unterschieden in Aufbau und Lebensweise aufgrund morphologischer und biochemischer (chemotaxonomischer) Kriterien zusammengehören^{21–25}. Dies gilt unter den hier untersuchten Arten für Täublinge (*Russula*) und Täublings trüffel (*Elasmomyces*), für Röhrlinge (*Boletales*) und Wurzeltrüffel (*Rhizopogon*) sowie für Rutenpilze (*Phallales*) und Schwanztrüffel (*Hysterangium*), Morcheltrüffel (*Gautieria*), Schleimstäubling (*Phallogaster*), wobei die Fruchtkörper der genannten Scheintrüffel-Gattungen hypogäisch (unterirdisch) wachsen. Biochemische Gemeinsamkeiten findet man speziell bei *Boletales/Rhizopogon*^{23, 25} bzw. *Phallales/Hysterangium, Gautieria, Phallogaster*. Erstere enthalten als typische Stoffwechselprodukte hydroxylierte Pulvinsäuren nebst Derivaten (z. B. Variegatsäure, Variegatorubin u. a.). Bei der zweiten Gruppe zeigten sich Ähnlichkeiten in der Anlage von Schleimschichten innerhalb der Fruchtkörper. Be trachtet man unter diesen Gesichtspunkten die gefundenen Mangan- und Eisengehalte, so zeigen sich

nur bei den Sternsporern (*Russula/Elasmomyces*) bzw. Röhrlingsartigen (*Boletales/Rhizopogon*) gute Übereinstimmungen, während sich bei der Gruppe *Phallales/Hysterangium, Gautieria, Phallogaster* besonders im Mangangehalt große Unterschiede erkennen lassen: Im Durchschnitt enthalten die epigäischen Rutenpilze 16mal mehr Mangan als die verwandten Scheintrüffel, wobei nur *Hysterangium coriaceum* und *H. rubricatum* mit 100 – 215 mg/kg TG Mn hervortreten. Interessant ist die mit 448 mg/kg TG außergewöhnlich hohe Mangankonzentration in dem oberirdisch fruktifizierenden Schleimstäubling (*Phallogaster saccatus*). Hier scheint sich die aus morphologischer Sicht besonders nahe Verwandtschaft zu den *Phallales* auch bezüglich des Mangangehaltes zu bestätigen. Da sich die epigäischen Rutenpilze von den Scheintrüffeln besonders durch ihre Fruchtkörperentfaltung und zusätzlich durch die Bildung von aasartig riechenden Anlockstoffen (für Aasfliegen zwecks Sporenverbreitung) unterscheiden, stellt sich die Frage, ob die genannten Eigenschaften mit dem hohen Mangangehalt funktionell zusammenhängen können.

Von Stinkmorchel (*Phallus impudicus*) und Tintenfischpilz (*Anthurus archeri*) ist bekannt, daß

beim „Aufblühen“ der Fruchtkörper eine starke CO₂-Entwicklung einsetzt^{27, 28}. Gleichzeitig treten die Geruchstoffe auf, so daß hier eine enzymatische Decarboxylierungsreaktion von Keto- bzw. Aminosäuren zu CO₂, Aldehyden, biogenen Aminen bzw. schwefelhaltigen, flüchtigen Verbindungen vermutet werden kann (die übelriechenden Geruchstoffe der Stinkmorchel sind schon früher untersucht worden²⁹). Bei einer solchen Decarboxylierungsreaktion könnte Mangan eine wichtige Rolle spielen, da ein gut bekanntes derartiges Enzym, die Pyruvat-Decarboxylase [E.C. 4.1.1.1], Mangan enthält³⁰, bzw. eine Dopa-Decarboxylase aus *Calliphora* durch Mn²⁺ aktiviert wird³¹. Im Falle der ebenfalls mangareichen Gallertpilze ist eine mögliche Funktion des Metalls schwieriger zu interpretieren, da über spezielle Stoffwechselvorgänge bei diesen Pilzen bisher keine Informationen vorliegen. Ebenso sind bis dato keine Aussagen über die biochemische Relevanz der bei einigen Arten außergewöhnlich hohen Eisengehalte möglich. Hier wie auch bei Mangan wären zunächst Informationen über Aufnahmemechanismen und Bindungszustände beider Metalle von Bedeutung.

- ¹ H.-U. Meisch, J. A. Schmitt u. W. Reinle, Z. Naturforsch. **32 c**, 172 [1977].
- ² D. Bertrand, Bull. Soc. Chim. Biol. **25**, 194 [1943].
- ³ W. Bötticher, Technologie der Pilzverwertung, Verlag Eugen Ullmer, Stuttgart 1974.
- ⁴ a) B. L. O'Dell u. B. J. Campbell, in Comprehensive Biochemistry, Vol. **21**, 179 (Eds. M. Florkin u. E. H. Stotz), Elsevier, Amsterdam 1971. — b) A. Jacobs u. M. Woodward (Eds.), Iron in Biochemistry and Medicine, Academic Press, London 1974.
- ⁵ D. Schlettwein-Gsell u. S. Mommsen-Straub, Internat. Z. Vit.-Ern. Forschung **41**, 268 [1971].
- ⁶ G. Bertrand u. L. Silberstein, Compt. rend. **242**, 37 [1956]; Compt. rend. **244**, 1685 [1957].
- ⁷ C. T. Horowitz, H. H. Schock u. L. A. Horovitz-Kisimova, Plant and Soil **40**, 397 [1974].
- ⁸ S. Hinneri, Ann. Bot. Fennici **12**, 135 [1975].
- ⁹ W. Friese, Zeitschr. f. Untersuchung d. Lebensmittel **57**, 604 [1929].
- ¹⁰ M. Moser, Die Röhrlinge und Blätterpilze, in Kleine Kryptogamenflora, Bd. **II b/2**, Basidiomyceten II. Teil (Hrsg. W. Gams), VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1967.
- ¹¹ P. D. Orton, Trans. Brit. Mycol. Soc. **43**, 174 [1960].
- ¹² R. Kühner u. H. Romagnesi, Flore analytique des Champignons Supérieurs, Ed. Lechevalier, Paris 1953.
- ¹³ V. Demoulin, Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. **38**, 1 [1968].
- ¹⁴ A. Pilát (Hrsg.), Gasteromycetes, Flora CSR, Ser. B **1**, Acad. Sc. Tchécoslovaquie, Prag 1958.
- ¹⁵ W. Neuhoff, Gallertpilze, in Pilze Mitteleuropas, Bd. **2 a**, p. 7–49, 1935–1936.
- ¹⁶ A. Pilát, Übersicht der europäischen Auriculariales und Tremellales unter besonderer Berücksichtigung der tschechoslowakischen Arten; Acta Musei Nationalis Prague, Vol. XIII, B № 4, 1957.
- ¹⁷ G. W. Martin, State Univ. of Iowa Stud. Nat. Hist. **19**, No. 3, 1 [1952].
- ¹⁸ G. Groß u. J. A. Schmitt, Zeitschr. f. Pilzkunde **40**, 163 [1974].
- ¹⁹ P. H. Gregory, in M. F. Madelin: The fungus spore, London 1966.
- ²⁰ E. Gäumann, Die Pilze, Birkhäuser Verlag, Basel 1964.
- ²¹ R. Heim, Bull. Jard. Bot. de l'Etat, Bruxelles **25**, 1 [1955].
- ²² R. Singer u. A. H. Smith, Mem. Torrey Bot. Club **21**, Nr. 3, 1 [1960].
- ²³ J. A. Schmitt, Zeitschr. f. Pilzkunde **36**, 77 [1970].
- ²⁴ W. Steglich, I. Pils u. A. Bresinsky, Z. Naturforsch. **26 b**, 376 [1971].
- ²⁵ H. Besl, A. Bresinsky u. I. Kronawitter, Zeitschr. f. Pilzkunde **41**, 81 [1975].
- ²⁶ A. Bresinsky, Bull. Soc. Linn. Lyon, n° spécial, **1974**, 61.
- ²⁷ C. Reinhard, Diss. Würzburg 1961.
- ²⁸ J. A. Schmitt, Abhandl. Arbeitsgemeinschaft f. tier- u. pflanzengeographische Heimatforschung im Saarland **4** [1973].
- ²⁹ P. H. List u. B. Freund, Naturwissenschaften **53**, 585 [1966]; ibid. **54**, 368 [1967]; ibid. **54**, 648 [1967]; Planta Med. **1968** (Suppl.), 123.
- ³⁰ H. Sanemori, S. Yoshida u. T. Kawasaki, J. Biochem. [Tokyo] **75**, 123 [1974].
- ³¹ E. G. Fragoulis u. C. E. Sekeris, Arch. Biochem. Biophys. **168**, 15 [1975].