

Phytochemische Untersuchungen an *Amanita muscaria* aus Sibirien und Mitteleuropa

MARTINA WURSTER, CHRISTOPH WAHL &
ULRIKE LINDEQUIST

WURSTER, M., C. WAHL & U. LINDEQUIST (2004): Phytochemical investigations of *Amanita muscaria* from Siberia and Central Europe. *Z. Mykol* 70(2): 161-169

Key Words: *Amanita muscaria*, ibotenic acid, muscimol, HPLC, Siberia

Summary: The content of the psychoactive compounds ibotenic acid and muscimol in fruit bodies of *Amanita muscaria* from Novosibirsk (Western Siberia, Russia) and Greifswald (Mecklenburg-Vorpommern, Germany) should be estimated. By this a possible explanation for the different estimation of *A. muscaria* in Siberia, where this mushroom is also used as a food, and Central Europe should be found.

Dried mushrooms from Siberia and Germany and fresh ones only from Germany were extracted with methanole or ethanole at room temperature. The extracts were analysed qualitatively and quantitatively applying thin layer chromatography (TLC) and high performance liquid chromatography (HPLC). Ethanolic extraction yielded better results than the extraction with methanole. The content of ibotenic acid was 0.25 % in the dried mushrooms from Siberia and 0.26 % in the dried German samples. For muscimol a content of 0.11 % was determined in the Siberian samples and of 0.25 % in the dried German samples. Combining the content of both compounds it can be said that an about one third higher content of these compounds was detected in the German mushrooms than in the Siberian mushrooms. All values range within the literature data. We assume that the different content of psychoactive compounds in Siberian and German mushrooms could not be the reason for the use of *A. muscaria* as food. More likely, the mode of preparation is of greater influence. Besides, we estimated the content of ibotenic acid and muscimol in fresh samples of *A. muscaria* collected in Germany separated into caps and stalks. An ibotenic acid content of 0.25 % and a muscimol content of 0.09 % were found in the caps (dry weight). In the stalks only ibotenic acid (0.03 % of dry weight) was found.

Further investigations using mushrooms from more different localities, greater amounts of the material to analyze and the consideration of diverse modes of mushroom preparation are necessary. Moreover the analysis of further compounds like muscarin or muscazon in several mushroom samples should also be intended.

Zusammenfassung: Der Gehalt der psychoaktiven Substanzen Ibotensäure und Muscimol wurde in Fliegenpilzen (*Amanita muscaria*) der Fundorte Novosibirsk (West-sibirien, Russland) und Greifswald (Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland) ermittelt und verglichen. Dazu wurden Frischpilze der Region Vorpommern und getrocknete Pilze beider Fundorte bei Raumtemperatur mit Methanol und Ethanol extrahiert. Die Verbindungen wurden mit Hilfe von Dünnschichtchromatografie (DC) und Hochleistungsflüssigkeitschromatografie (HPLC) qualitativ und quantitativ analysiert.

Der Gesamtgehalt an psychoaktiven Substanzen war in den Pilzen der Region Vorpommern um etwa ein Drittel höher als in den Pilzen aus Westsibirien. Der Gehalt an Ibotensäure überstieg in allen Extrakten den von Muscimol. Bei der Untersuchung frischer Fruchtkörper wurde in den Hüten ein erheblich höherer Gehalt an Wirkstoffen als in den Stielen gefunden.

Einleitung

Aufgrund des Gehalts an den pharmakologisch aktiven Verbindungen Ibotensäure und Muscimol und den dadurch ausgelösten Vergiftungssymptomen wird *Amanita muscaria* (L. : Fr.) Pers. als Giftpilz bewertet (MICHAEL et al. 1983, BRESINSKY & BESL 1985, ROTH et al. 1990, PEROVA 1993, CHILTON 1994, HALL & HALL 1994, TEUSCHER & LINDEQUIST 1994, FLAMMER & HORAK 2003). In verschiedenen Regionen erfolgt(e) die Einnahme zu Rauschzwecken oder während schamanistischer Handlungen (NYBERG 1992, HOBBS 1995, BAUER et al. 2002). Nach Berichten z.B. aus Sibirien wird *A. muscaria* nach Vorbehandlung gelegentlich auch als Speisepilz gegessen. Nachdem der Pilz abgekocht und scharf angebraten wurde, soll eine Fliegenpilzmahlzeit sehr wohlschmeckend und bekömmlich sein. Daneben wird *A. muscaria* in dieser Region ethnomedizinisch angewendet. Nach Angaben einer Heilpraktikerin aus dem Raum um Novosibirsk werden Frischpilze und alkoholische Auszüge erfolgreich gegen Krebs, Drüsenerkrankungen und Rheuma eingesetzt (AMELANG 2003). In homöopathischen Zubereitungen wird *A. muscaria* auch in Mitteleuropa, z.B. bei Erregungs- und Verwirrtheitszuständen und cerebralen Anfallsleiden, verwendet (LINDEQUIST 1998).

Im Frühjahr 2003 erhielten wir durch Dr. N. Amelang getrocknetes Pilzmaterial von *A. muscaria* aus Sibirien. Ziel der Untersuchungen war die analytische Bestimmung des Gehalts der psychoaktiven Substanzen Ibotensäure und Muscimol in den sibirischen Pilzen im Vergleich zu mitteleuropäischen Fliegenpilzen, um daraus Erklärungsmöglichkeiten für die verschiedenen Anwendungen von *A. muscaria* in unterschiedlichen Kulturkreisen ableiten zu können.

Material und Methoden

Pilzmaterial

Insgesamt 6,95 g getrocknete Fliegenpilze wurden uns nach einer Exkursion im Juli 2002 in die Waldsteppe bei Chebula, im 150 km-Umkreis von Novosibirsk (Westsibirien) von N. Amelang übergeben. Gleichzeitig wurden im September 2002 durch U. Lindequist Fliegenpilze im Umkreis von Greifswald (Sölkensee) gesammelt und getrocknet. Das Trockengewicht dieser Proben betrug 21,85 g. Im September 2003 wurden durch C. Wahl frische Fliegenpilze vom selben Fundort in der Umgebung Greifswalds gesammelt und als Frischmaterial, getrennt nach Hüten (98,38 g) und Stielen (43,90 g), untersucht.

Extraktion

Die getrockneten Fliegenpilze wurden vor der Extraktion zerkleinert und mit einer Drogenmühle pulverisiert. Für die methanolische Extraktion wurden jeweils 1-2 g Drogenmaterial dreimal über einen Zeitraum von 12 Stunden mit 70-prozentigem Methanol bei Raumtemperatur extrahiert. Die gefilterten dunkelroten Ansätze wurden mit Diethylether entfettet (TSUNODA et al. 1993).

Die ethanolische Extraktion des getrockneten Pilzmaterials erfolgte dreimal für 12 Stunden bei Raumtemperatur mit 70-prozentigem Ethanol in Anlehnung an GOOD et al. (1965) und GORE & JORDAN (1982). Das frische Pilzmaterial (226,9 g) wurde innerhalb weniger Stunden nach Sammlung ausgepresst und anschließend zweimal mit 70-prozentigem Ethanol für jeweils 12 Stunden bei Raumtemperatur extrahiert. Die gefilterten, dunkelroten Überstände wurden im Vakuumrotationsverdampfer auf ein Zwanzigstel eingengt und mit Diethylether entfettet.

Dünnschichtchromatografie

Die qualitative Identifizierung von Ibotensäure und Muscimol in den Extrakten von *A. muscaria* erfolgte dünnschichtchromatografisch (TOUCHSTONE 1992) anhand von Vergleichssubstanzen der Firma Sigma Chemical Aldrich. Die Auftrennung der Extrakte wurde auf Kieselgel 60 F₂₅₄ Aluminiumfolien der Firma Merck (Darmstadt) in zwei aufeinanderfolgenden Chromatografieläufen in

- 1.) n-Propanol : 10-prozentige Ammoniak-Lsg. im Verhältnis 9,5:0,5 V/V und
- 2.) n-Butanol : Essigsäure : Wasser im Verhältnis 6:2:2 V/V

nach TSUNODA et al. (1993) durchgeführt.

Alternativ wurde ein zweites Laufmittelsystem bestehend aus 2-Butanol : 95-prozentiges Ethanol : Essigsäure : Wasser im Verhältnis 6,66:2,22:0,44:0,6 V/V nach BRESINSKY & BESL (1985) angewendet.

Die Detektion erfolgte unter UV-Licht und nach anschließender Fixierung mit Ninhydrin-Sprühreagenz (STAHL 1967).

Hochleistungsflüssigkeitschromatografie

Zur qualitativen Analyse wurden die Extrakte aus getrockneten und frischen Pilzen mit einer HPLC-Anlage der Firma Bio-Tek Kontron Instruments (Neufahrn) aufgetrennt und mittels Diodenarraydetektion sichtbar gemacht. Verwendet wurde eine Säule der Firma Merck (Darmstadt) LiChroCart® 250-4 mit RP₁₈ als stationäre Phase. Es wurden isokratische Läufe mit Methanol/Acetonitril/Wassermischungen in Anlehnung an GENNARO et al. 1995, TSUNODA et al. 1993 und Läufe mit veränderlicher Laufmittelzusammensetzung mit Methanol / 0,1-prozentiger o-Phosphorsäure (BÖCKER 1997) durchgeführt.

Zur Quantifizierung wurden mit den Reinsubstanzen Ibotensäure und Muscimol Eichkurven aufgenommen und daraus die Konzentrationen der psychoaktiven Verbindungen in den Extrakten bestimmt.

Ergebnisse

Die ethanolische Extraktion von Ibotensäure und Muscimol aus *Amanita muscaria* erwies sich als besser geeignet als die mit Methanol. Alle Extraktionen mit Methanol ergaben geringere Ausbeuten und wenig reproduzierbare Ergebnisse. Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die ethanolischen Extrakte.

Die qualitative Analyse der ethanolischen Extrakte erfolgte mittels Dünnschichtchromatografie mit Hilfe der Vergleichssubstanzen Ibotensäure und Muscimol. Durch zwei hintereinander geschaltete Trennungen in den Laufmitteln n-Propanol : 10-prozentige Ammoniak-Lsg. im Ver-

Tab. I: Gehalt von Ibotensäure und Muscimol in ethanolischen Extrakten von *Amanita muscaria* aus Westsibirien und Greifswald/ Mecklenburg-Vorpommern, jeweils bezogen auf das Trockengewicht

| | <i>Amanita muscaria</i> Novosibirsk / Sibirien getrocknet | <i>Amanita muscaria</i> Greifswald/ getrocknet | <i>Amanita muscaria</i> Greifswald/ frisch Hut, bezogen auf Trockengewicht | <i>Amanita muscaria</i> Greifswald/ frisch Stiele, bezogen auf Trockengewicht |
|---|--|--|--|---|
| Gehalt an Ibotensäure in % | 0,25 | 0,26 | 0,25 | 0,03 |
| Gehalt an Muscimol in % | 0,11 | 0,25 | 0,09 | 0 |
| Gesamtgehalt an Ibotensäure und Muscimol in % | 0,36 | 0,52 | 0,34 | 0,03 |

hältnis 9,5:0,5 V/V (1. Lauf) und n-Butanol : Essigsäure : Wasser im Verhältnis: 6:2:2 V/V (2. Lauf) ließ sich eine sehr gute Auftrennung erzielen. Das alternativ angewendete Laufmittelsystem erbrachte weniger gute Trennergebnisse.

Sowohl in den Extrakten der getrockneten Fliegenpilze aus Sibirien als auch in denen aus getrocknetem und frischem Pilzmaterial aus Mecklenburg-Vorpommern konnten dünnschichtchromatografisch Ibotensäure und Muscimol nachgewiesen werden. Bei Betrachtung unter UV₂₅₄-Licht wurde Ibotensäure mit einem R_f-Wert von 0,2 und Muscimol mit einem R_f-Wert von 0,35 detektiert. Nach der Fixierung mit Ninhydrin-Reagenz war der Ibotensäure-Spot bei R_f 0,2 hellgelb und der Muscimol-Spot bei R_f 0,35 bräunlich. Der Muscimol-Spot verfärbte sich nach kurzer Zeit violett.

Für die anschließende Auftrennung mittels HPLC zur quantitativen Bestimmung der psychoaktiven Verbindungen eignete sich ein Methanol / 0,1-prozentige o-Phosphorsäure-Gradient am besten. Die Referenzsubstanzen konnten anhand der Retentionszeiten von R_t=3,48 min für Ibotensäure und R_t=4,05 min für Muscimol und den Vergleich der Spektren mit Literaturangaben (TSUNODA et al. 1993) analysiert werden. Die Spektren für Ibotensäure (Absorptionsmaximum bei 211 nm) und Muscimol (Absorptionsmaximum von 207 nm) sind in Abb. 1 und 2 dargestellt. Abbildung 3 zeigt ein Beispiel-Chromatogramm für die Auftrennung des ethanolischen Extraktes der frischen Fruchtkörper aus Mecklenburg-Vorpommern mit Retentionszeiten von 3,48 min für Ibotensäure und 4,05 min für Muscimol.

Anhand dieser Daten und nach Aufnahme entsprechender Eichkurven für Ibotensäure und Muscimol wurden die Extrakte quantitativ analysiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Für Ibotensäure wurde in den getrockneten Pilzen aus Sibirien ein Gehalt von 0,25 %, in den getrockneten Pilzen aus Mecklenburg-Vorpommern ein Gehalt von 0,26 % gefunden. Der Muscimolgehalt betrug in den sibirischen Pilzen 0,11 % und in den getrockneten deutschen Pilzen 0,25 %. Addiert man die Werte für beide Verbindungen, so ergibt sich in den sibirischen Pilzen ein Gehalt von 0,36 % an psychoaktiven Verbindungen und in den deutschen Pilzen ein um ca. 1/3 höherer Gehalt von 0,51 %. In den zusätzlich untersuchten frischen Pilzen wurde, bezogen

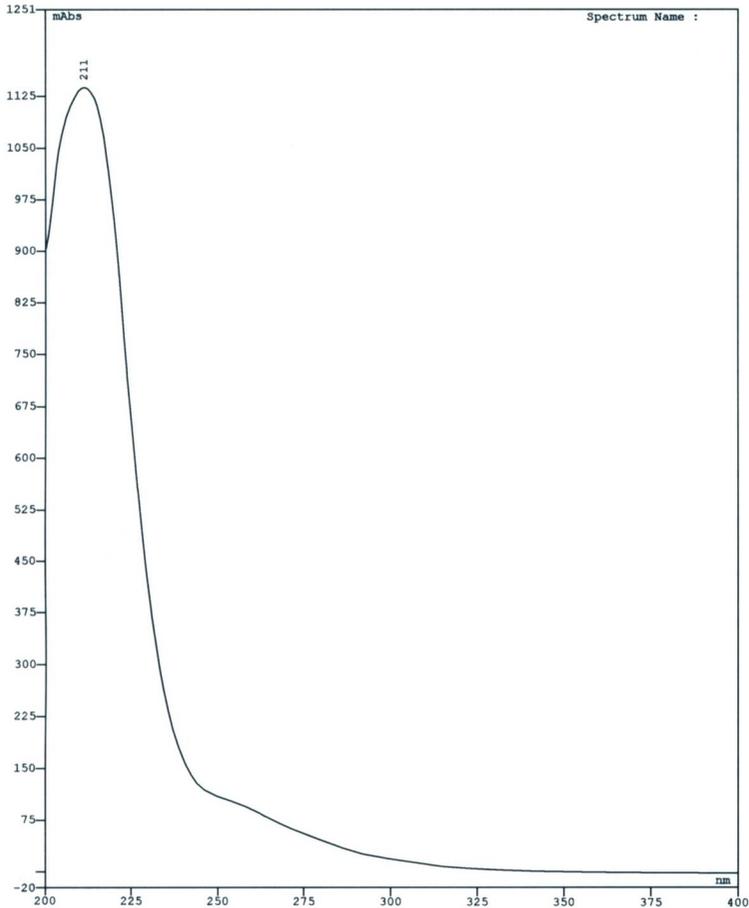


Abb. 1: Absorptionsspektrum von Ibotensäure in 50-prozentigem Methanol

auf das Trockengewicht, in den Hüten ein Ibotensäuregehalt von 0,25 % und ein Muscimolgehalt von 0,09 % (gesamt 0,34 %) ermittelt. In den Stielen wurde mit 0,03 % erheblich weniger Ibotensäure und kein Muscimol nachgewiesen.

Es wird deutlich, dass der Gehalt an Ibotensäure in allen Extrakten größer war als der von Muscimol. Jedoch lässt sich auch in den Hüten der Frischpilze bereits Muscimol nachweisen. Deutliche Unterschiede im Gesamtgehalt an psychoaktiven Verbindungen zwischen getrockneten und frischen Pilzen konnten, bezogen allein auf die Proben aus Mecklenburg-Vorpommern, nicht gefunden werden.

Diskussion

Obwohl *A. muscaria* als Giftpilz bekannt und toxikologisch gut untersucht ist, ist die Hemmschwelle im Umgang mit diesem Pilz in Sibirien deutlich geringer als in Mitteleuropa (HEIN-

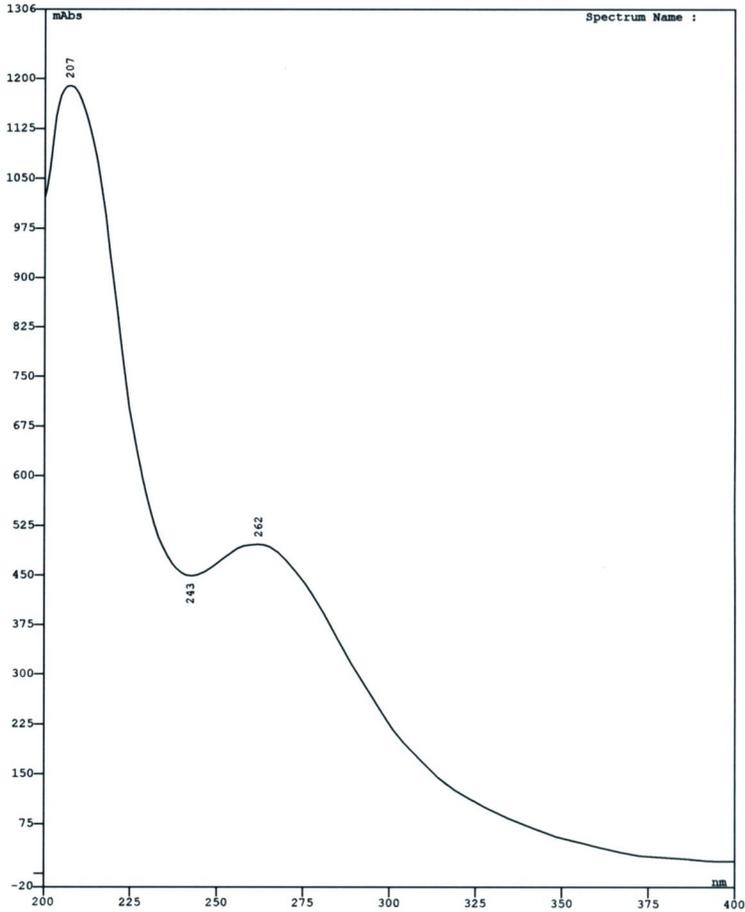


Abb. 2: Absorptionsspektrum von Muscimol in 50-prozentigem Methanol

RICH 1994). Berichten zufolge soll er nach dem Abkochen und scharfen Anbraten sehr wohlschmeckend und bekömmlich sein und daraufhin in Sibirien gelegentlich gegessen werden (AMELANG 2003). Ursachen dafür werden in der von Westen nach Osten hin zunehmenden Mykophilie gesehen (RIEDLINGER 1997, AMELANG 2003). Das heißt, die Menschen in Sibirien sind historisch gewachsen der Natur auch heute noch stärker verbunden und nutzen Wildpflanzen und Pilze als notwendige, wichtige Ergänzung ihrer Nahrung. Dem gegenüber steht die westliche Welt mit starker Urbanisierung und einer Überproduktion von Lebensmitteln, in der die Natur als Nährstofflieferant nur noch eine untergeordnete Rolle spielt. Außerdem nutzen die Ostjaken, Tschuktschen und andere sibirische Völker Berichten zufolge die halluzinogene Wirkung von Fliegenpilzen z.B. bei schamanistischen Zeremonien schon seit Jahrtausenden (NYBERG 1992).

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die psychoaktiven Substanzen Ibotensäure und Muscimol von Fliegenpilzen aus Sibirien und Mecklenburg-Vorpommern bestimmt und verglichen. Ibotensäure

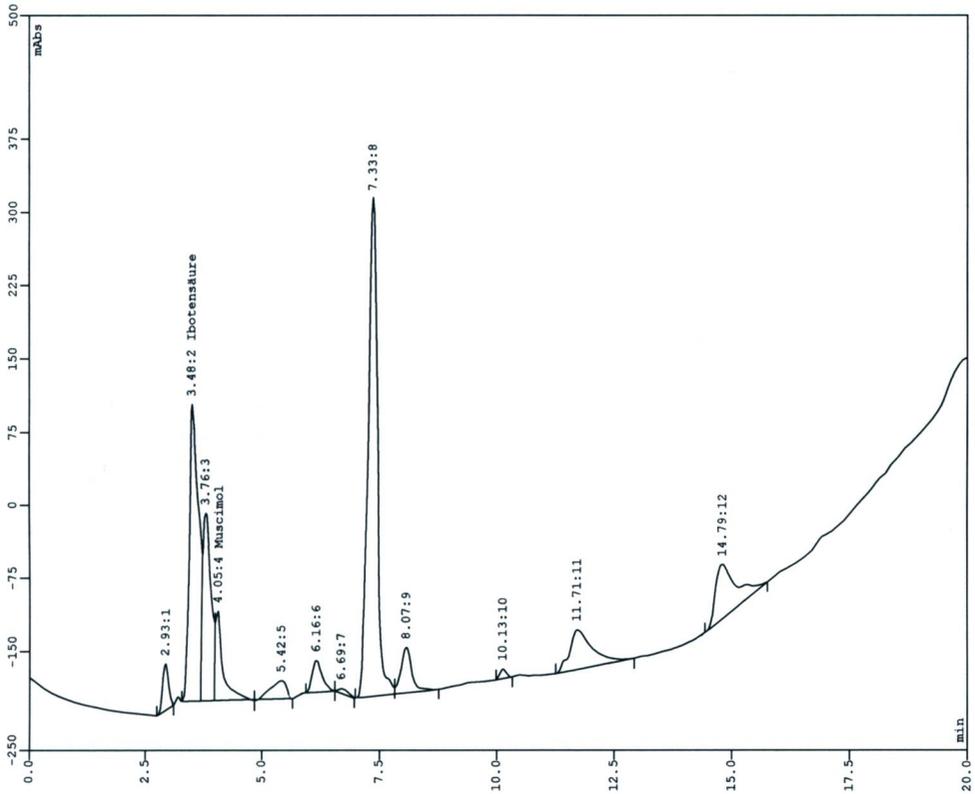


Abb. 3: HPLC – Chromatogramm des ethanolischen Extraktes von *Amanita muscaria* (frisch, Hut) aus Greifswald/ Mecklenburg-Vorpommern.

Laufmittel: Methanol / 0,1-prozentige o-Phosphorsäure (BÖCKER 1997)

Säule: LiChroCart® 250-4 mit RP₁₈

Fluss: 1 ml/min

wurde von EUGSTER und Mitarbeitern und TAKEMOTO und Mitarbeitern 1960 bzw. 1964 unabhängig voneinander isoliert und in der Struktur aufgeklärt. Die Verbindung wird bereits bei Entfernung des Kristallwassers zu Muscimol decarboxyliert. Es wird angenommen, dass Muscimol kein natives Produkt ist, sondern erst bei der Verarbeitung der Pilze und bei Metabolisierung im menschlichen Organismus entsteht. Begleitet werden diese Isoxazolderivate vom Oxazolderivat Muscazon, das durch Lichteinwirkung aus Ibotensäure entstehen kann, sowie u.a. von geringen Mengen Muscarin und (R)-4-Hydroxypyrrolidon-2. Für die psychoaktive Wirkung sind Ibotensäure und Muscimol verantwortlich. Ibotensäure ist wie Glutaminsäure eine exzitatorische Aminosäure, Muscimol verantwortlich. Ibotensäure ist wie Glutaminsäure eine exzitatorische Aminosäure, Muscimol greift aufgrund seiner strukturellen Ähnlichkeit mit dem inhibitorischen Neurotransmitter γ -Aminobuttersäure (GABA) an dessen Rezeptoren an. Der Anteil der einzelnen Verbindung am jeweiligen Gesamteffekt lässt sich nicht ermitteln. Muscimol soll jedoch 5-6mal stärker psychoaktiv wirksam sein als Ibotensäure (CHILTON, W. S. 1994, HALL & HALL 1994, TEUSCHER & LINDEQUIST 1994).

In der Literatur werden für den Ibotensäuregehalt Werte zwischen 0,17 bis 1,0 % angegeben (LINDEQUIST 1998). Begründet werden die starken Schwankungen im Wirkstoffgehalt mit unterschiedlichen Wachstumsbedingungen, Rassen und Fundortfaktoren (KELL 1991, NYBERG 1992). Auch die unterschiedliche Aufarbeitung dürfte eine Rolle spielen. Die in dieser Arbeit gefundenen Werte mit 0,25 % – 0,36 % für Ibotensäure und bis zu 0,25 % für Muscimol liegen, auch wenn der Gehalt beider Verbindungen summiert wird, für beide Fundorte innerhalb der in der Literatur angegebenen Werte.

Beim Vergleich beider Fundorte zeigt sich, dass die getrockneten einheimischen Fliegenpilze einen etwas höheren Gehalt aufweisen als die getrockneten Proben der sibirischen Fliegenpilze. Eine hinlängliche Begründung für die Anwendung von *A. muscaria* als „Speisepilz“ in Sibirien kann der geringfügig erniedrigte Gehalt jedoch bislang nicht geben. Da das quantitative Verhältnis von Ibotensäure und Muscimol von vielen Faktoren abhängig ist, ist es auch wenig wahrscheinlich, dass der in den sibirischen Pilzen geringere Anteil des pharmakologisch stärker aktiven Muscimols eine Rolle spielen könnte. Die in den getrockneten sibirischen Pilzen nachgewiesenen Mengen an psychoaktiven Substanzen dürften in Abhängigkeit von der verzehrten Menge zur Erzeugung pharmakologischer Effekte ausreichend sein. Vergiftungen des Menschen wurden nach Aufnahme von 6 mg Muscimol und 30 bis 60 mg Ibotensäure beschrieben (HALL & HALL 1994).

Von den in der Umgebung Greifswalds gesammelten Pilzen standen auch frische Exemplare zur Verfügung. Trotz der schnellen Aufarbeitung konnte auch in den Fruchtkörperextrakten dieser Pilze Muscimol gefunden werden. Ob das durch eine schnelle Decarboxylierung oder ein natives Vorkommen im Pilz bedingt ist, kann nicht entschieden werden. Der geringere Gehalt an Isoxazolderivaten in den Stielen im Vergleich zu den Hüten ist in Übereinstimmung mit Literaturbefunden (CHILTON 1994).

Weitere Untersuchungen unter Hinzuziehung von Pilzen weiterer Fundorte, größerer Mengen von zu analysierendem Material und Einbeziehung von Frischpilzen sowie die Analyse von unterschiedlich zubereitetem Pilzmaterial sind notwendig. Da die Beteiligung weiterer Inhaltsstoffe an der Giftwirkung nicht auszuschließen ist, bleibt auch zu prüfen, ob signifikante fundortabhängige Unterschiede im Gehalt an weiteren Inhaltsstoffen, z.B. Muscazon, Muscarin oder (R)-4-Hydroxypyrrolidon-2, auftreten. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist anzunehmen, dass nicht der unterschiedliche Gehalt an Wirkstoffen, sondern die in Sibirien stattfindende Zubereitungsart den Verzehr von *A. muscaria* ermöglicht. Über eventuelle toxikologische Folgeschäden sind keine Informationen bekannt. Die Bewertung von *A. muscaria* als Giftpilz wird durch die vorliegenden Untersuchungen nicht in Frage gestellt, von einem Verzehr ist auch weiterhin abzuraten.

Dank

Wir danken Herrn Dr. N. Amelang, Greifswald, für die Bereitstellung von Fliegenpilzen, die er während seiner dreiwöchigen geoökologisch-bodenkundlichen Exkursion durch den Süden Westsibiriens von Novosibirsk bis ins Altaigebirge im August 2002 gesammelt hat. Außerdem danken wir ihm und Herrn Prof. Dr. H. Kreisel, Pothagen, sehr herzlich für zahlreiche weiterführende Hinweise und die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Literatur

- AMELANG, N. (2003) – Pilze in Westsibirien – eine Kostprobe. *Der Tintling* **8(2)**: 15-21.
- BAUER, W., E. KLAPP & A. ROSENBOHM (2002) – Der Fliegenpilz. Traumkult, Märchenzauber, Mythenrausch. Aarau.
- BÖCKER, J. (1995) – Chromatographie – Instrumentelle Analytik mit Chromatographie und Kapillarelektrophorese. Würzburg.
- BRESINSKY, A. & H. BESL (1985) – Giftpilze: Einführung in die Pilzbestimmung – Ein Handbuch für Apotheker, Ärzte und Biologen. Stuttgart.
- CHILTON, W. S. (1994) – The Chemistry and Mode of Action of Mushroom Toxins. In SPOERKE, D. G. & B. H. RUMACK (eds.) *Handbook of Mushroom Poisoning*, pp. 165-231. Boca Raton, Ann Arbor. London, Tokyo.
- EUGSTER, C. H. (1968) – Wirkstoffe aus dem Fliegenpilz. *Naturwissenschaften* **55**: 305-313.
- FLAMMER, R. & E. HORAK (2003) – Giftpilze Pilzgifte. Basel.
- GENNARO, M. C., C. ABRIGO, E. PROBOZY & E. MARENGO (1995) – Retention Dependence on Organic Modifier and Interaction Reagent Concentration in Reversed - Phase Ion - Interaction HPLC. *Journal of Liquid Chromatography* **18**: 311-330.
- GOOD, R., G. F. R. MÜLLER & C. H. EUGSTER (1965) – Isolierung und Charakterisierung von Prämuscimol und Muscazon aus *Amanita muscaria* (L. ex. Fr.) Hooker. *Helvetica Chimica Acta* **48**: 927-930.
- GORE, M. G. & P. M. JORDAN (1982) – Microbore Single - Column Analysis of Pharmacologically active Alkaloids from the Fly - Agaric Mushroom *Amanita muscaria*. *Journal of Chromatography* **243**: 323-328.
- HALL, A. H. & P. K. HALL (1994) – Ibotenic Acid/Muscimol-Containing Mushrooms. In SPOERKE, D. G. & B. H. RUMACK (eds.) *Handbook of Mushroom Poisoning*, pp. 265-278. Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo.
- HEINRICH, C. (1994) – Die Magie der Pilze – psychoaktive Pflanzen in Mythos, Alchemie und Religion. München.
- HOBBS, C. (1995) – Medicinal Mushrooms. 2nd ed. Santa Cruz.
- KELL, V. (1991) – Giftpilze und Pilzgifte. Lutherstadt Wittenberg.
- LINDEQUIST, U. (1998) – *Amanita*. In BLASCHEK, W., R. HÄNSEL, K. KELLER, J. REICHLING, H. RIMPLER & G. SCHNEIDER (eds.) *Hagers Handbuch der Pharmazeutischen Praxis*, 5. Aufl., Folgeband 2, S. 65-74. Berlin, Heidelberg, New York.
- MICHAEL, E., B. HENNING & H. KREISEL (1983) – Handbuch für Pilzfreunde. 5. Aufl., Band 1. Jena, Stuttgart.
- NYBERG, H. (1992) – Religious use of hallucinogenic fungi: A comparison between Siberian and Mesoamerican cultures. *Karstenia* **32**: 71-80.
- PEROVA, N. W. (1993) – Flora des Salair Gebirges, Pilze. Russische Akademie der Wissenschaften, Sibirische Abteilung, Novosibirsk (russ.).
- RIEDLINGER, J. T. (1997) – The sacred mushroom seeker. Tributes to R. Gordon Wasson. Rochester, Vermont.
- ROTH, L., H. FRANK & K. KORMANN (1990) – Giftpilze, Pilzgifte, Schimmelpilze, Mykotoxine; Vorkommen, Inhaltsstoffe, Pilzallergien, Nahrungsmittelvergiftungen. Landsberg/Lech.
- STAHL, E. (1967) – Dünnschichtchromatographie - Ein Laboratoriumshandbuch. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York.
- TAKEMOTO, T., T. YOKOBE & R. SAKUMA (1964) – Isolation of a flycidal constituent ibotenic acid from *Amanita muscaria* and *A. pantherina*. *Yakugaku Zasshi* **84**: 1233-1234.
- TEUSCHER, E. & U. LINDEQUIST (1994) – Biogene Gifte. 2. Aufl. Stuttgart.
- TOUCHSTONE, J. C. (1992) – Practice of Thin Layer Chromatography, 3. edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- TSUNODA, K., N. INOUE, Y. AOYAGI & T. SUGAHARA (1993) – Simultaneous Analysis of Ibotenic Acid and Muscimol in Toxic mushroom, *Amanita muscaria*, and Analytical Survey on Edible Mushrooms. *Journal of Food Hygienic Society Japan* **34**: 12-17.



Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.
German Mycological Society

Dieses Werk stammt aus einer Publikation der **DGfM**.

www.dgfm-ev.de

Über [Zobodat](#) werden Artikel aus den Heften der pilzkundlichen Fachgesellschaft kostenfrei als PDF-Dateien zugänglich gemacht:

- **Zeitschrift für Mykologie**
Mykologische Fachartikel (2× jährlich)
- **Zeitschrift für Pilzkunde**
(Name der Hefreihe bis 1977)
- **DGfM-Mitteilungen**
Neues aus dem Vereinsleben (2× jährlich)
- **Beihefte der Zeitschrift für Mykologie**
Artikel zu Themenschwerpunkten (unregelmäßig)

Dieses Werk steht unter der [Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz](#) (CC BY-ND 4.0).



- **Teilen:** Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen, sogar kommerziell.
- **Namensnennung:** Sie müssen die Namen der Autor/innen bzw. Rechteinhaber/innen in der von ihnen festgelegten Weise nennen.
- **Keine Bearbeitungen:** Das Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Es gelten die [vollständigen Lizenzbedingungen](#), wovon eine [offizielle deutsche Übersetzung](#) existiert. Freigebiger lizenzierte Teile eines Werks (z.B. CC BY-SA) bleiben hiervon unberührt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Mykologie - Journal of the German Mycological Society](#)

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: [70_2004](#)

Autor(en)/Author(s): Wurster Martina, Wahl Christoph, Lindequist Ulrike

Artikel/Article: [Phytochemische Untersuchungen an Amanita muscaria aus Sibirien und Mitteleuropa 161-169](#)