

***Psychoaktive Pilze***  
***in Medizin, Pharmazie und Kultur***

**DIPLOMARBEIT**

Zur Erlangung des akademischen Grades  
einer Magistra der Naturwissenschaften

An der Karl-Franzens-Universität Graz

vorgelegt von

Nicole HOLZER

Am Institut für Biologie

Begutachterin: Ao.Univ.-Prof. Dr.phil. Maria Müller

Graz, 2021

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen inländischen oder ausländischen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Die vorliegende Fassung entspricht der eingereichten elektronischen Version.

.....

Datum

.....

Unterschrift

## **Danksagung**

Ein herzliches Dankeschön möchte ich allen voran meiner Betreuerin Frau Ao.Univ.-Prof. Dr.phil. Maria Müller aussprechen, die mich mit ihrem Engagement, ihren hilfreichen Ratschlägen sowie mit ihrer positiven Einstellung und Ausstrahlung auf dem Weg zur Erstellung meiner Diplomarbeit bestens begleitet hat. Ich war und bin sehr dankbar für die wertvolle Zusammenarbeit.

Ebenso gilt meinen Eltern ein großer Dank. Danke für euer immer offenes Ohr und eure Hilfe nicht nur während meiner Ausbildungszeit. Ihr habt mir in schwierigen Phasen immer Mut gemacht und an mich geglaubt. Nur durch eure Liebe und Unterstützung konnte ich meinen eigenen Weg in dieser Form gehen.

Ich danke auch meinen Studienkolleginnen und Studienkollegen, die dazu beigetragen haben, dass die Studienzeit ein lustiger und aufregender Lebensabschnitt für mich war und die über die intensive Zeit, welche wir gemeinsam verbracht haben, zu engen Freunden fürs Leben wurden.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinem Partner Patrick Gruber bedanken, der ein großartiger Papa für unsere Tochter ist und alles dafür gegeben hat, um mir Zeit „freizuschaukeln“ und mir damit ein gelungenes Studienende sowie eine möglichst unbeschwerte Erstellung meiner Diplomarbeit ermöglicht hat. Du warst mir eine große Stütze, ich weiß deine Bemühungen sehr zu schätzen! Danke auch an unsere wundervolle Tochter Felia, die mir immer wieder und ganz besonders in stressigen Phasen ein Lächeln ins Gesicht gezaubert hat. Du bist der allergrößte Sonnenschein!

**VIELEN DANK!**

## Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Einsatz psychoaktiver Pilze im Bereich der Kultur, der Medizin und der Pharmazie. Die Wirkungsweise psychoaktiver Substanzen sowie die Bedeutung der Begriffe „psychoaktiv“, „psychotrop“ und „halluzinogen“ werden im vorderen Teil der Arbeit erläutert. Es wird geklärt, welche persönliche Bedeutung die Pilze für Menschen früherer Kulturkreise hatten und welchen Stellenwert diese in der heutigen Zeit einnehmen.

Anschließend wird genauer auf die drei Gruppen eingegangen, in die sich psychoaktive Pilze aufgrund ihrer Wirkstoffe einordnen lassen. Man unterscheidet zwischen dem „Psilocybin-Typ“, dem „Ibotensäure- bzw. Muscimol-Typ“ und dem „Mutterkorn-Alkaloidtyp“. Dabei liegt der Fokus auf den psilocybinhaltigen Pilzen, da in ihnen großes Potential für den zukünftigen Einsatz im medizinischen Bereich steckt, wie dies bereits von zahlreichen Studien belegt wird. Die Gattung *Psilocybe* ist dabei die bedeutungsvollste.

Der darauffolgende Abschnitt beschäftigt sich mit Pilzen des Ibotensäure-Typs, insbesondere mit den Spezies *Amanita muscaria*, *Amanita regalis* und *Amanita pantherina*. Es werden vergangene und aktuelle medizinische Anwendungsbereiche des Fliegenpilzes genannt und die damit einhergehenden Gefahren unter Einbeziehung relevanter Studienergebnisse beleuchtet.

Der letzte Abschnitt widmet sich den Pilzen des Mutterkorn-Alkaloidtyps. Besonderes Augenmerk wird dabei auf *Claviceps purpurea*, den Purpurbraunen Mutterkornpilz, gelegt.

Ziel dieser Arbeit ist das Aufzeigen, Beleuchten und Diskutieren des Potentials psychoaktiver Pilze im Hinblick auf einen verantwortungsbewussten Umgang mit den daraus gewonnenen Substanzen unter Einbeziehung relevanter Studienergebnisse und aktueller Literatur, um damit den Blick auf das in der Gesellschaft noch zum größten Teil negativ behaftete Thema zu erweitern.

## Abstract

The present diploma thesis deals with the use of psychoactive mushrooms in the fields of culture, medicine and pharmacy. Their mode of action and the meaning of terms such as “psychoactive”, “psychotropic” and “hallucinogenic” are explained in the first part of the thesis. The personal meaning the mushrooms had for people in former times as well as the current meaning in society and especially in the field of medicine are discussed.

The three groups, into which psychoactive mushrooms can be classified due to their active ingredients, will be described in more detail. The differentiation is made between the “psilocybin type”, the “ibotenic acid or muscimol type” and the “ergot alkaloid type” while the focus in this work is on mushrooms containing psilocybin because they have great potential for future use in the medical field, which has already been proven by numerous of studies. The genus *Psilocybe* is the most meaningful in this context.

The following section deals with mushrooms of the ibotenic acid type, in particular with the species *Amanita muscaria*, *Amanita regalis* and *Amanita pantherina*. Past and current areas of medical applications are named and the associated risks are highlighted, taking relevant study results into account.

In the last section, mushrooms of the ergot alkaloid type are discussed. Particular attention is paid to *Claviceps purpurea*.

The aim of this work is to highlight and discuss the potential of psychoactive mushrooms with regard to responsible use of substances obtained from these mushrooms, taking relevant studies and current literature into account, in order to gain a better understanding for our society, who has a predominantly bad opinion of psychoactive mushrooms.

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	9
2. Geschichte und Ethnomykologie .....	11
2.1 Pilzförmige Statuen.....	11
2.2 Schriftliche Zeugnisse.....	11
2.3 Erste Beobachtungen der Zauberpilze und ihre kulturelle Bedeutung .....	12
2.4 Pilzzeremonien.....	13
3. Grundlagen.....	14
3.1 Was versteht man unter dem Begriff „psychoaktiv“? .....	14
3.1.1 Was sind Halluzinogene?.....	14
3.1.2 Wirkungsweise psychoaktiver Substanzen .....	15
3.2 Einteilung psychoaktiver Pilze .....	16
4. Psilocybinhaltige Pilze .....	17
4.1 Heutige Synonyme und frühere Bezeichnungen .....	17
4.2 Entdeckung und Synthese von Psilocybin .....	17
4.3 Vorkommen und Verbreitung .....	18
4.4 Wirkstoffe und chemische Struktur .....	19
4.5 Körperliche und psychische Wirkung .....	21
4.6 Anwendbarkeit in der Medizin.....	24
4.7 Gefahren .....	29
4.8 Gattung <i>Psilocybe</i> .....	37
4.9 Vertreter der Gattung <i>Psilocybe</i> .....	38
4.9.1 <i>Psilocybe semilanceata</i> (Fr.) P. KUMM.....	38
4.9.2 <i>Psilocybe mexicana</i> R. HEIM – Mexikanischer Kahlkopf.....	40

4.9.3	<i>Psilocybe germanica</i> Gartz & Wiedemann – Deutscher Kahlkopf .....	42
4.10	Gattung <i>Pluteus</i> .....	44
4.11	Vertreter der Gattung <i>Pluteus</i> .....	44
4.11.1	<i>Pluteus salicinus</i> (Pers. Fr.) KUMMER – Grauer Dachpilz .....	44
4.12	Gattung <i>Conocybe</i> .....	46
4.13	Gattung <i>Panaeolus</i> .....	46
4.14	Vertreter der Gattung <i>Panaeolus</i> .....	47
4.14.1	<i>Panaeolus cyanescens</i> BERKELEY & BROOME - Blauverfärbender Düngerling .....	47
4.14.2	<i>Panaeolus subbalteatus</i> (B. & Br.) SACC. – Dunkelrandiger Düngerling .....	48
4.15	Gattung <i>Gymnopilus</i> .....	50
4.16	Vertreter der Gattung <i>Gymnopilus</i> .....	50
4.16.1	<i>Gymnopilus purpuratus</i> (Cooke & Masee) Sing. – Rotschuppiger Flämmling .....	50
4.17	Gattung <i>Inocybe</i> .....	52
4.18	Vertreter der Gattung <i>Inocybe</i> .....	52
4.18.1	<i>Inocybe aeruginascens</i> BABOS. – Grünlich verfärbender Risspilz .....	52
5.	Pilze mit Ibotensäure .....	55
5.1	Wirkstoffe und chemische Struktur von Muscimol und Ibotensäure .....	55
5.2	Körperliche und psychische Wirkung am Beispiel <i>Amanita muscaria</i> .....	56
5.3	Anwendbarkeit in der Medizin von <i>Amanita muscaria</i> .....	58
5.4	Gefahren .....	59
5.5	Gattung <i>Amanita</i> .....	59
5.5.1	<i>Amanita muscaria</i> (L. ex Fr.) Hooker. – Roter Fliegenpilz .....	59
5.5.2	<i>Amanita pantherina</i> (D.C. ex Fr.) Secr. – Pantherpilz .....	63
5.5.3	<i>Amanita regalis</i> (Fr.) R. Mre. – Königs-Fliegenpilz .....	67

---

5.6	Gattung <i>Boletus</i> .....	69
5.6.1	<i>Boletus manicus</i> Heim. ....	69
6.	Pilze des Mutterkorn-Alkaloidtyps.....	70
6.1	<i>Claviceps purpurea</i> (F.) TULASNE – Purpurbrauner Mutterkornpilz .....	70
6.1.1	Vorkommen und Verbreitung .....	70
6.1.2	Weitere Bezeichnungen.....	71
6.1.3	Beschreibung.....	71
6.1.4	Entdeckung der Mutterkornalkaloide .....	72
6.1.5	Inhaltsstoffe und chemische Struktur .....	73
6.1.6	Körperliche und Psychische Wirkung .....	74
6.1.7	Gefahren.....	74
6.1.8	Anwendung in der Medizin.....	76
6.1.9	LSD .....	77
7.	Zusammenfassung und Ausblick.....	79
8.	Verzeichnisse .....	81
8.1	Literaturverzeichnis.....	81
8.2	Tabellenverzeichnis.....	86
8.3	Abbildungsverzeichnis.....	87



## 1. Einleitung

Psychoaktiven Pilzen eilt ein überwiegend einschlägiger Ruf voraus. Diese Pilze erfreuen sich jedoch nicht nur in der Drogenszene großer Beliebtheit, sie sind auch ein bedeutsamer Bestandteil der aktuellen Forschung.

Zu Beginn der vorliegenden Arbeit wird auf die unterschiedliche Bedeutung der Begriffe „psychoaktiv“ und „psychotrop“ eingegangen sowie die Wirkungsweise psychoaktiver Substanzen erläutert. In Kapitel 2 „Geschichte und Ethnomykologie“ wird ein Blick in die Vergangenheit geworfen und das erstmalige Auftreten und die Verwendung psychoaktiver Pilze in früheren Kulturkreisen betrachtet. Es wird geklärt, in welche drei Gruppen sich psychoaktive Pilze einteilen lassen und welche Eigenschaften ihnen zuzuschreiben sind.

Ein besonderes Augenmerk wird auf die psilocybinhaltigen Pilze gelegt, da in ihnen großes Potential für den zukünftigen Einsatz im medizinischen Bereich steckt, wie dies bereits von einigen Studien belegt wurde. Die Gattung *Psilocybe* ist dabei die bedeutungsvollste. Nachdem auf die Entdeckung durch Albert Hofmann und die chemische Struktur der Wirkstoffe Psilocybin und Psilocin sowie auf die weltweite Verbreitung psilocybinhaltiger Pilze eingegangen wird, folgt eine ausführliche Erläuterung der psychischen und physischen Effekte dieser Pilze. Aufgrund der Erkenntnis, dass der durch Pilze des Psilocybin-Typs veränderte Bewusstseinszustand zu einer anhaltenden und als positiv empfundenen Wirkung führt, wurde Psilocybin als Ergänzung in der Therapie von Kindheitstraumata eingesetzt. Der Einsatz von Psilocybin im medizinischen Bereich wurde aufgrund vielversprechender Studienergebnisse, zahlreicher Publikationen und der scheinbar geringen Gefährlichkeit immer häufiger. Trotz der berichteten vielseitigen Anwendbarkeit wurde die Forschung und die Behandlung mit Psilocybin in den 1970er-Jahren in einem Großteil der Länder untersagt, da es zu einem Missbrauch der Stoffe im außermedizinischen Bereich kam. In der vorliegenden Arbeit wird die Wiederaufnahme sowie der aktuelle Stand der Forschung beleuchtet. Es wird auf mögliche Risiken eingegangen und toxische Doppelgänger werden beschrieben. Die individuellen Gründe für die Einnahme von psilocybinhaltigen Pilzen werden diskutiert sowie aktuelle

Zahlen des letzten europäischen Drogenberichts betrachtet. Anschließend daran folgen ausgewählte Artenbeschreibungen der unterschiedlichen Gattungen, welche psychoaktive Pilze beinhalten. Dabei liegt der Schwerpunkt auf *Psilocybe semilanceata*.

Im darauffolgenden Abschnitt wird auf Pilze des Ibotensäure-Typs eingegangen. Dabei stehen die drei Spezies *Amanita muscaria*, *Amanita regalis* und *Amanita pantherina* im Fokus. Die chemische Struktur von Ibotensäure und Muscimol wird dargestellt sowie die physische und psychische Wirkung der Pilze am Beispiel von *Amanita muscaria* erklärt. Es werden vergangene und aktuelle medizinische Anwendungsbereiche des Fliegenpilzes genannt und die damit einhergehenden Gefahren unter Einbeziehung relevanter Studienergebnisse beleuchtet.

Der letzte Abschnitt widmet sich den Pilzen des Mutterkorn-Alkaloidtyps. Besonderes Augenmerk wird auf *Claviceps purpurea*, den Purpurbraunen Mutterkornpilz, gelegt. Die Entdeckung, Synthese und chemische Struktur der Mutterkornalkaloide, das Vorkommen und die Verbreitung von *Claviceps purpurea*, der Entwicklungszyklus mit den beiden Fortpflanzungsarten sowie insbesondere die Anwendung der reinen Inhaltsstoffe in der Medizin, vorwiegend in der Frauenheilkunde aber auch als Mittel gegen Migräne und die Parkinson-Krankheit, wird beschrieben. Ebenso geht es in diesem Teil der Arbeit um das psychoaktive Lysergsäurediethylamid und die damit zusammenhängenden psychischen Auswirkungen, ebenso wie um die rasch auftretende Toleranzentwicklung.

Ziel dieser Arbeit ist das Aufzeigen, Beleuchten und Diskutieren des Potentials psychoaktiver Pilze im Hinblick auf einen verantwortungsbewussten Umgang mit den daraus gewonnenen Substanzen, um damit den Blick auf das in der Gesellschaft noch zum größten Teil negativ behaftete Thema zu erweitern.

## 2. Geschichte und Ethnomykologie

### 2.1 Pilzförmige Statuen

Die sogenannten „Zauberpilze“ wurden in Mittelamerika entdeckt. Pilzförmige Statuen aus Stein, welche mehrere tausend Jahre alt und bis zu 40 cm hoch sind, wurden 1895 bei Ausgrabungen südlich von Mexiko, El Salvador und Guatemala gefunden. Am Stiel der älteren Pilzsteine, welche detailreicher sind, ist oft ein Gesicht mit tierischen oder menschlichen Zügen abgebildet. Mit der Zeit nahm die gründliche Ausarbeitung der Statuen stark ab, was darauf hindeutet, dass das Gebiet durch andere Völkergruppen mit anderen Anschauungen besiedelt wurde (vgl. Gartz 2020 : 16 - 17). In Abbildung 1 sind verschiedene Ausführungen solcher Pilzsteine aus Guatemala zu sehen.



**Abb. 1:** Verschiede Pilzsteine aus Guatemala (in de Borhegyi 1961 : 499)

### 2.2 Schriftliche Zeugnisse

Spanische Chronisten haben bereits im 16. Jahrhundert in ihren Schriften von Pilzen berichtet, welche nach der Einnahme eine sonderbare Wirkung hervorriefen. In dem Werk *Historia General de las Cosas de Nueva España* von Bernardino de Sahagun wird die Anwendung, Verbreitung und Auswirkung der Pil-

ze, welche als das „Fleisch der Götter“ bezeichnet werden, thematisiert. Es werden der bittere Geschmack, die heilende Wirkung sowie die vielen unterschiedlichen Emotionen beschrieben, die durch die Einnahme der Pilze hervorgerufen werden. Es wurde versucht, die Pilzkultur der Indianer zu verbannen, da sie nicht mit den katholischen Werten übereinstimmte. Die psychoaktiven Pilze wurden dabei mit Satan in Verbindung gebracht. Darstellungen zeigen Satan auf einem Pilz tanzend oder dabei, wie ein Indianer dazu verleitet wird, einen Pilz zu konsumieren (vgl. Gartz 2020 : 10 - 15).

### **2.3 Erste Beobachtungen der Zauberpilze und ihre kulturelle Bedeutung**

William E. Safford, ein amerikanischer Botaniker, verneinte 1915 in einem Vortrag die Existenz der „Zauberpilze“ und behauptete, dass es sich um eine Verwechslung mit dem Meskalin-Kaktus handle. In Mexiko traf er damit auf Widerstand und es begann daraufhin die Erforschung dieser „Zauberpilze“. 1919 wurde von Blas P. Reko, einem mexikanischen Botaniker und Arzt, die Aussage von Safford widerlegt. 1938 gelang es einer Forschungsgruppe unter der Leitung von Jean B. Johnson erstmalig eine Pilzzeremonie des Mazatekenstammes in Huatla de Jiménez aus der Ferne zu beobachten (vgl. Gartz 2020 : 18 - 20).

Valentina P. und R. Gordon Wasson erforschten nach dem Zweiten Weltkrieg die psychoaktiven Pilzarten Mexikos. Von ihnen wurden die Begriffe mykophil und mykophob geprägt, welche das Verhalten verschiedener Völker in Bezug auf die Pilze beschreiben. Unter Mykophobie versteht man die ängstliche und ablehnende Haltung von Menschen gegenüber Pilzen, während die Mykophilie die Zuneigung zu den Pilzen meint. Allgemein sind damit mehr oder weniger stark ausgeprägte Tendenzen in die jeweilige „pilzliebende“ oder „pilzhassende“ Richtung gemeint. Sie reisten dabei mehrmals nach Huatla de Jiménez, wo sie langsam das Vertrauen der Einheimischen gewannen. Ihnen war es erlaubt, an einem nächtlichen Pilzritual unter der Leitung von María Sabina, einer Schamanin der Mazateken, in Oaxaca teilzunehmen. Im Stamm der Mazateken dominierte die Vorstellung, dass die Pilze genau dort wachsen würden, wo ein Tropfen des Blutes Christi oder dessen Speichel auf die Erde fiel. 1955 durfte R. G.

Wasson das erste Mal bei einer Pilzzeremonie dabei sein (vgl. Gartz 2020 : 21 - 23).

## **2.4 Pilzzeremonien**

Die Zeremonien, in denen Pilze konsumiert werden, finden unter der Leitung einer männlichen oder einer weiblichen Person statt. Kindern bis zur Pubertät und verheirateten Menschen ist die Teilnahme an den Pilzzeremonien untersagt. Vor der Einnahme der Pilze, in getrockneter oder frischer Form, in einem Ritual gelten für den Schamanen spezielle Regeln, die eingehalten werden müssen. Es darf kein Alkohol getrunken, keine sonstigen Drogen eingenommen und es müssen strenge Ernährungsvorschriften eingehalten werden. Ein Schamane muss vor der Zeremonie sexuell enthaltsam leben und darf auch nach dem Ritual kein Fleisch und auch keinen Alkohol konsumieren. Lautes Sprechen und Lärm sollen während der Pilzzeremonie vermieden werden, da die Meinung vertreten wird, dass Pilze bei einem hohen Lärmpegel nicht sprechen können. Ebenso werden die Pilze immer paarweise eingenommen. Neben dem Schamanen gibt es bei einer Zeremonie noch mindestens eine zweite Person, welche das Gesprochene hören kann und die Funktion des „Aufpassers“ innehat (vgl. Prentner 2010 : 272).

Wenn die psychoaktiven Pilze nicht in genügend großer Zahl vorhanden waren, griff man zu Ersatzmitteln, welche ebenso bewusstseinsveränderte Zustände bei den Menschen hervorrufen konnten, wie eine Salbeiart oder verschiedene Windenarten (vgl. Gartz 2020 : 52).

### 3. Grundlagen

#### 3.1 Was versteht man unter dem Begriff „psychoaktiv“?

Im weiteren Sinne versteht man unter psychoaktiven Substanzen Rauschmittel und Drogen, welche eingenommen werden, um auf das Bewusstsein oder die Psyche einzuwirken. Im pharmazeutischen Kontext versteht man unter Drogen getrocknete Pflanzen-, Pilz- und Tiererteile sowie die Wirkstoffe und Produkte, welche aus ihnen gewonnen werden und einen medizinischen Nutzen haben können (vgl. Alberts & Mullen 2011 : 10).

Hingegen wird im allgemeinen Sprachgebrauch vor allem ein „illegales Rauschmittel“ als Droge bezeichnet. Unter einer psychotropen Substanz versteht man einen psychoaktiven Stoff, welcher einen „angenehmen“ Effekt erzeugt. Nicht alle psychotropen Substanzen bringen eine rauschähnliche Wirkung hervor. Daher betrachtet man die „Rauschdrogen“ als eine Untergruppe psychotroper Substanzen (vgl. Köhler 2000 : 13 – 14).

Die Begriffe „psychotrop“ und „psychoaktiv“ werden auch bei den zwei klassifikatorisch-diagnostischen Systemen ICD-10 von Dilling et al. (1993) und DSM-IV von Saß et al. (1996) verwendet. ICD-10 steht für „Internationale Klassifikation psychischer Störungen“ und DSM-IV für „Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen“. Die ICD-10 teilt die psychotropen Substanzen in acht Gruppen ein. Diese sind „Alkohol“, „Opioide“, „Cannabinoide“, „Sedativa oder Hypnotika“, „Kokain“, „sonstige Stimulantien einschließlich Koffein“, „Halluzinogene“, „Tabak“ und „Flüchtige Lösungsmittel“. Zusätzlich gibt es noch eine Extragruppe mit „sonstiger psychotroper Substanzen“ (vgl. Dilling et al. 1993).

##### 3.1.1 Was sind Halluzinogene?

Unter Halluzinogenen, auch Psychedelika genannt, versteht man psychoaktive Substanzen, welche die Wahrnehmung, das Bewusstsein und den Gemütszustand verändern. Sie können visuelle, auditive und sensorische Veränderungen in der Wahrnehmung erzeugen. Im Gegensatz zu den Delirantien, lösen Psy-

chedelika keinen Gedächtnisverlust, keinen Orientierungsverlust und keinen Verwirrheitszustand aus (vgl. Alberts & Mullen 2011 : 12). Aufgrund der Wahrnehmungsveränderung, aber selten auftretenden konkreten Halluzinationen, wird die Bezeichnung „Psychedelika“ anstelle von „Halluzinogenen“ von mehreren Autoren bevorzugt, da eine Bewusstseinsweiterung und eine intensivere Wahrnehmung charakteristisch für diese Substanzen sind (vgl. Köhler 2000 : 153). Zu den unmittelbaren psychischen Effekten beim Konsum von Halluzinogenen, zu denen auch Psilocybin zählt, tritt regelmäßig Antriebssteigerung und Euphorisierung auf. Sehr häufig kommt es auch zu psychedelischen Effekten, während eine Sedierung nur in sehr seltenen Fällen auftritt (vgl. Köhler 2000 : 23-25).

Die Psychedelika können in folgende Untergruppen eingeordnet werden: „Klassische Halluzinogene“, „Ringsubstituierte Amphetamine und Methamphetamine“, „Psychedelische Narkosemittel“ und „Andere Halluzinogene“. Zur ersten Subgruppe, zu den „Klassischen Halluzinogenen“ zählen Psilocybin, LSD und Meskalin. Zur letzten Gruppe, zu den „Anderen Halluzinogenen“ zählen unter anderem die Stoffe im Fliegenpilz (vgl. Köhler 2000 : 154).

### 3.1.2 *Wirkungsweise psychoaktiver Substanzen*

Um einen Effekt im Bewusstsein des Menschen auslösen zu können, müssen die psychoaktiven Substanzen die Blut-Hirn-Schranke passieren. Diese Schranke sorgt dafür, dass schädliche Stoffe wie Krankheitserreger oder Gifte, die im Blut zirkulieren, nicht unkontrolliert durch Diffusion zum Gehirn gelangen und dieses schädigen können. Alle für den Körper notwendigen Moleküle können mithilfe von eigenen Transportsystemen die Blut-Hirn-Schranke überwinden. Da die Zellmembran aus einer Phospholipid-Doppelschicht zusammengesetzt ist, welche nach außen hydrophil und innen hydrophob ist, ist es für Substanzen, die kein spezielles Transportsystem besitzen, aber vor allem für wasserlösliche Verbindungen, kaum möglich, die Zellmembran direkt zu überwinden. Da das Passieren der Zellmembranen für fettlösliche Verbindungen keine Schwierigkeit darstellt, sind körperfremde Substanzen, welche die Blut-Hirn-Schranke überwinden sollen meist sehr fettlöslich. Nachdem eine psychoaktive

Substanz die Blut-Hirn-Schranke passiert hat, verbindet sie sich mit einem Rezeptor im Gehirn, um dort die Übertragung zwischen den Nervenzellen zu beeinflussen, indem diese gehemmt oder angeregt wird. Abhängig von den betroffenen Regionen und Rezeptoren im Gehirn, werden unterschiedliche Effekte hervorgerufen und es kann zu künstlich erzeugten Emotionen und sogar zu Halluzinationen kommen. Die Wirkung einer psychoaktiven Substanz hängt von der jeweiligen Droge, ihrer Konzentration, ihrer Menge, der Wechselwirkung mit eventuell vorhandenen anderen psychoaktiven Substanzen sowie vom momentanen Zustand der konsumierenden Person ab. Viele psychoaktive Substanzen besitzen die Fähigkeit, die momentanen Emotionen, welche vor der Konsumierung vorherrschend waren, zu verstärken. Auch die äußere Umgebung der konsumierenden Person hat einen Einfluss auf die Wirkung einer Droge (vgl. Alberts & Mullen 2011 : 12 - 13).

### **3.2 Einteilung psychoaktiver Pilze**

Psychoaktive Pilze lassen sich nach ihren Wirkstoffen in drei verschiedene Gruppen unterteilen. Man unterscheidet zwischen dem „Psilocybin-Typ“, dem „Ibotensäure- bzw. Muscimol-Typ“ und dem „Mutterkorn-Alkaloidtyp“. Die Pilze aus der Gattung *Psilocybe* und der Rote Fliegenpilz, *Amanita muscaria*, zählen zu den wichtigsten bewusstseinsverändernden Pilzen (vgl. Prentner 2010 : 258).



## 4. Psilocybinhaltige Pilze

Zum Psilocybin-Typ gehören Pilze aus der Gattung *Psilocybe*, *Conocybe*, *Gymnopilus*, *Inocybe*, *Panaeolus* und *Pluteus*. Weltweit wurden bisher über 200 psilocybinhaltige Pilzarten entdeckt. Dabei stellt die Gattung *Psilocybe* die bedeutungsvollste Gattung dar (vgl. Guzmán 2008).

### 4.1 Heutige Synonyme und frühere Bezeichnungen

Psychoaktive Pilze wurden von den Menschen früherer Kulturen als „Göttliche Pilze“, „Nahrung der Götter“, „Götterspeise“ oder als „Fleisch der Götter“ bezeichnet (vgl. Prentner 2010 : 259). Psilocybinhaltige Pilze werden umgangssprachlich „magic mushrooms“, „Zauberpilze“, „Psilos“, „narrische Schwammerl“ oder „halluzinogene Pilze“ genannt.

### 4.2 Entdeckung und Synthese von Psilocybin

Dem aus der Schweiz stammenden Chemiker A. Hofmann gelang es 1958 in Basel die Wirkstoffe Psilocybin und Psilocin aus natürlichen und kultivierten Pilzen der Art *Psilocybe mexicana* und *Psilocybe cubensis* zu isolieren und strukturell zu analysieren. Seine Erkenntnisse veröffentlichte er im Jahr 1959. Dadurch war eine Identifikation der Pilze gemeinsam mit R. Heim möglich und das Vorkommen psilocybinhaltiger Pilze konnte überall auf der Welt bestätigt werden. Davor wurde das Psilocybin ausschließlich in Pilzen der Gattung *Psilocybe* in Mexiko nachgewiesen (vgl. Prentner 2010 : 272).

A. Hofmann gelang auch die Herstellung von synthetischem Psilocybin, indem er ein gefährliches, chemisch instabiles Reagenz verwendete, um die Phosphatgruppe im Psilocybin einzubauen. Dieses Reagenz war ausschließlich als verdünnte Lösung verfügbar, welche bei sehr niedrigen Temperaturen gelagert werden musste. Das Verfahren zur Psilocybin-Synthese wurde weiterentwickelt und sicherer gemacht (vgl. Nichols 2014 : 25).

### 4.3 Vorkommen und Verbreitung

Psilocybinhaltige Pilze kommen auf der ganzen Welt vor und sind, mit der Ausnahme von der Pilzart *Inocybe aeruginascens*, Saprophyten. Sie ernähren sich von abgestorbenem, organischen Material und können auf Moos, auf teilweise zersetzten Holzresten, auf Blätter- oder Nadelresten, auf Dung sowie auf der blanken Erde, welche lehmig oder sandig sein kann, vorkommen.

Vor allem in Europa und in Nordamerika hat der menschliche Einfluss zur Ausbreitung psychoaktiver Pilze beigetragen. Eine neue ökologische Nische wurde durch die weit verbreitete und häufige Anwendung von Holzresten geschaffen. Diese werden als Mulch beispielsweise in Parks, Gärten und Wohngebieten verteilt. Dadurch entsteht ein großes und neues Angebot an Nährstoffen. Ohne Holzreste gäbe es kaum Pilze an den besagten Orten. Auch in Deutschland führte das ab 1990 neu entstandene Nährstoffangebot zur enormen Ausbreitung einer auffälligen Pilzart, *Psilocybe cyanescens*, welche zur Gattung *Psilocybe* zählt. Diese Pilze verfärben sich stark bläulich, haben ein aggressives Myzelwachstum und eine starke Sporenbildung, wodurch sich die rasche Ausbreitung erklären lässt. Auch andere verwandte Pilzarten profitieren von den neuen, künstlich geschaffenen Lebensbedingungen durch das ideale Mulch-Substrat. 2001 wurde von einem Fund der Pilzart *Psilocybe azurescens* in Stuttgart berichtet. Davor war seine Verbreitung auf den amerikanischen Kontinent beschränkt. 2015 wurde eine Pilzart, welche massig auf Mulch in Mittelsachsen wuchs, als *Psilocybe germanica* benannt. Eine weitere Art der Gattung *Psilocybe*, *Psilocybe bohemica*, ist in höher gelegenen Gebieten auf Holzresten zu finden. *Psilocybe semilanceata* wächst massig auf stark bewirtschafteten Weiden. Regelmäßig gemähter Rasen bietet den optimalen Lebensraum für *Inocybe aeruginascens*, eine Art aus der Gattung *Inocybe*. Pilze der Gattung *Panaeolus* bevorzugen zum Gedeihen die Ausscheidungen von Weidetieren (vgl. Gartz 2020 : 48 - 50).

Es gibt jedoch kaum Verbreitungskarten, die verlässlich sind, da einerseits viele Mykologen nicht mit psychoaktiven Pilzen in Verbindung gebracht werden wollen und diese daher oftmals lieber übersehen, als sie als neu entdeckte Art zu definieren und andererseits hat auch das zynische Argument, dass Pilze dort

häufig seien, wo auch die Mykologen häufig wären seine Berechtigung. Vor allem früher, als die Erforscher noch weniger mobil waren, konnte man eine Häufung der Pilzvorkommen in den von ihnen untersuchten Gebieten feststellen. Die Verbreitung der Arten der Gattung *Psilocybe* ist unter den psilocybinhaltigen Pilzen am besten erforscht (vgl. Gartz 2018 : 53).

#### 4.4 Wirkstoffe und chemische Struktur

Aus den verschiedenen Pilzarten, welche zum „Psilocybin-Typ“ zählen, konnte man die Indolalkaloide Psilocin und Psilocybin isolieren. Die Nebenalkaloide, welche sich in den psilocybinhaltigen Pilzen befinden, sind neben dem bereits erwähnten Psilocin, Aeruginascin und Baeocystin. Dabei ist das stabile Psilocybin, welches eine Phosphorsäure als Schutzgruppe im Molekül enthält, um eine direkte Oxidation zu verhindern, am häufigsten in den Pilzen vorhanden. Das Psilocin kommt als weiterer Wirkstoff nur in sehr geringen Mengen vor. Dieses ist aufgrund der freien Phenolgruppe und wegen dem Fehlen der Phosphorsäure als Schutzgruppe deutlich unbeständiger als der hauptsächlich vorkommende Wirkstoff Psilocybin. Psilocin verfärbt sich, wenn es mit Luft in Kontakt kommt, aufgrund der Zersetzung blau. Je nach Psilocingehalt ist die Verfärbung unterschiedlich stark ausgeprägt.

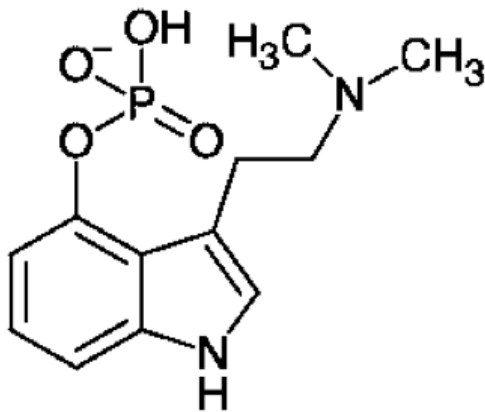
In reiner Form kommt Psilocybin und Psilocin als weißes Pulver vor. Da das Psilocin fettlöslicher als Psilocybin ist, kann es die Blut-Hirn-Schranke einfacher passieren und sich im Gehirn anlagern (vgl. Ballesteros et al. 2006). Beide Substanzen, Psilocybin und Psilocin, sind in Methanol und in Ethanol löslich. In Petrolether und in Chloroform lassen sie sich schlechter lösen (vgl. Barceloux 2012 : 950 - 960).

Der Wirkstoff, welcher die eigentlichen Veränderungen im Bewusstsein der Menschen auslöst, ist das Psilocin, welches aus dem Psilocybin entsteht. Kurz bevor die Wirkung eintritt, kommt es zu einer raschen enzymatischen Abspaltung der Schutzgruppe.

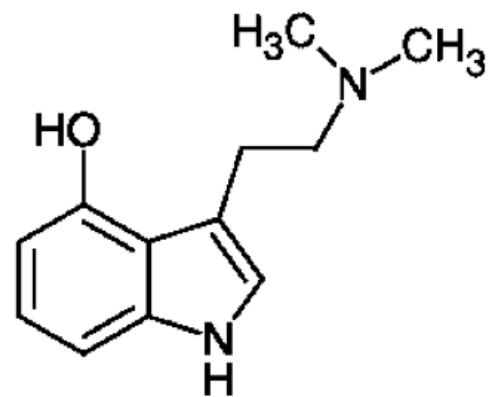
Früher wurde das Psilocybin unter den Decknamen „Indocybin“ und „Delysid“ auf dem Schwarzmarkt gesetzeswidrig gehandelt. Die chemische Bezeichnung

ist für Psilocybin 4-Phosphoryloxy-N,N-dimethyltryptamin und für Psilocin 4-Hydroxy-N,N-dimethyltryptamin (vgl. Chi & Gold 2020). Psilocybin hat die Molekülformel  $C_{12}H_{17}N_2O_4P$  und ein Molekulargewicht von 284,6 g/mol. Die Molekülformel von Psilocin lautet  $C_{12}H_{16}N_2O$  und das Molekulargewicht beträgt 204,3 g/mol.

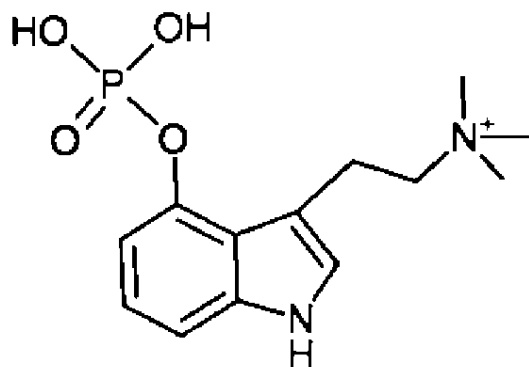
Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die chemischen Strukturformeln von Psilocybin (siehe Abbildung 2), Psilocin (siehe Abbildung 3), Aeruginascin (siehe Abbildung 4) und Baeocystin (siehe Abbildung 5).



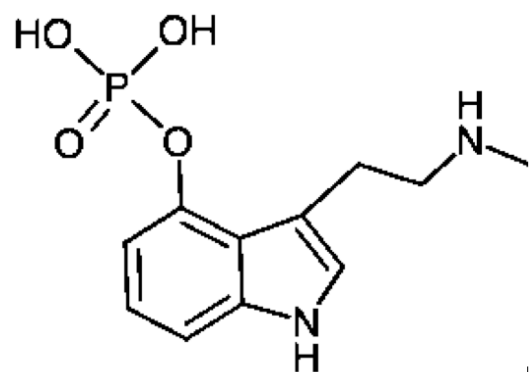
**Abb. 2:** chemische Strukturformel von Psilocybin



**Abb. 3:** chemische Strukturformel von Psilocin



**Abb. 4:** chemische Strukturformel von Aeruginascin



**Abb. 5:** chemische Strukturformel von Baeocystin

Die Pilzwirkstoffe der psilocybinhaltigen Pilzarten sind in der Regel kaum toxisch. Die Wirkstoffkonzentration ist dabei bei kleineren und jüngeren Fruchtkörpern höher als bei den ausgewachsenen, größeren Pilzen. Da die Wirkstoffe bei weiblichen Personen häufig eine stärkere Reaktion aufgrund ihres durchschnittlich geringeren Gewichts auslösen, ist es üblich, die Dosis pro Körpergewicht anzugeben. Die Psilocybinkonzentration kann innerhalb einer Art um bis zu 10 % schwanken. Obwohl Psilocybin eine um 50 % höhere psychoaktive Wirkung hat, weist es im Vergleich zu Meskalin eine um 50 % geringere Toxizität auf.

Man geht davon aus, dass das Nebenalkaloid Baeocystin, welches im Molekül nur eine Methylgruppe enthält, eine direkte Vorstufe bei der Bildung von Psilocybin beschreibt, da dafür nur das enzymatische Hinzufügen einer weiteren Molekülgruppe notwendig ist. Eine direkte Oxidation wird durch die im Molekül vorhandene Phosphatgruppe verhindert. Kommt es zu einer enzymatischen Abspaltung der Phosphatgruppe, entsteht ebenso wie beim Psilocin eine Blaufärbung.

#### **4.5 Körperliche und psychische Wirkung**

Die jeweilige Wirkung hängt mit der eingenommenen Dosis, mit dem Psilocybingehalt der unterschiedlichen Arten und mit den Nebenalkaloiden zusammen. Als positiv empfundene Wirkungen treten vor allem bei der Einnahme von geringen Dosen auf, die zu einer Entspannung von Körper und Geist beitragen. Die Einnahme von höheren Dosen bedingt in manchen Fällen als negativ empfundene Gefühlszustände, wie Panikattacken. Es ist möglich, dass bei der Konsumentin oder beim Konsumenten visuelle Sinnestäuschungen auftreten sowie vergangene und in Vergessenheit geratene Ereignisse zum Vorschein kommen. Ungefähr 30 Minuten nachdem die Pilze eingenommen wurden, verändert sich die Außenwelt immer weiter. Je nachdem, wie viel Inhalt sich im Magen der Konsumentin oder des Konsumenten befindet und abhängig davon, in welcher Form die Pilze zu sich genommen wurden, können erste Effekte auch zwischen 10 - 60 Minuten nach der Aufnahme auftreten. Eine stärkere Wirkung stellt sich bei Personen ein, welche einen leeren Magen haben, da

die wirksamen Substanzen direkt von der Magenwand aufgenommen werden können. Anschließend wird die Psilocybinstruktur im Körper enzymatisch verändert. Es kommt zur Spaltung des Psilocybins in Phosphorsäure und in psychoaktives Psilocin. Während dem Kauen der Pilze wird das Psilocin vom Speichel aufgenommen und gelangt anschließend zur Magenwand. Nachdem die psychoaktive Substanz vom Blut aufgenommen wird, muss die Blut-Hirn-Schranke passiert werden, um eine Wirkung auszulösen, was in Kapitel 3.1.2 genauer erklärt wird. Die Konsumentin oder der Konsument nimmt dabei unzählige innere, abstrakte Bilder wahr und erlebt einen Ansturm von unzähligen Farben und Formen. Ein Gefühl des „absoluten Durchblicks“ tritt ein. Bei entsprechend dosierter Einnahme sind die Erlebnisse überwiegend positiv, was eine mögliche Wiederholung wahrscheinlicher macht. Die Psychedelika, welche in die Subgruppe „Klassische Halluzinogene“ fallen, sind in ihrer chemischen Struktur dem Botenstoff Serotonin ähnlich. Durch das Anheften des Psilocins an den Neurotransmitter wird ein Rückkoppelungsprozess ausgelöst, sodass das Serotonin nicht auf eine andere Nervenzelle übertragen wird, sondern in der ursprünglichen Nervenzelle bleibt. Dadurch entsteht ein Serotoninmangel im Raum zwischen den Neuronen, welcher als synaptischer Spalt bezeichnet wird und der Neurotransmitter Dopamin nimmt überhand. Der Anstieg der Dopaminkonzentration und der dadurch verringerte Dämpfungseffekt des Serotonins löst den typischen Effekt der psychoaktiven Pilze aus (vgl. Köhler 2000 : 155).

Weitere Empfindungen, welche bei Personen durch den Konsum von psilocybinhaltigen Pilzen ausgelöst werden, sind der Verlust des eigenen Raum- und Zeitempfindens, welches oft als „Unendlichkeit“ sowie als „Ewigkeit“ beschrieben wird und ein tiefes und sehr intensives Gefühl von Liebe, Frieden, Freude und Begnadigung, was Konsumentinnen und Konsumenten oft vor Freude weinen lässt. Diese tiefgründig empfundenen Emotionen sind nicht mit der auftretenden simplen Euphorie vergleichbar, welche bei der Einnahme von anderen Suchtmitteln, wie beispielsweise Morphin, zum Vorschein kommt. Oftmals erleben die Probandinnen und Probanden nach der Einnahme von Psilocybin ein Gefühl von Göttlichkeit, Ehrfurcht und Heiligkeit sowie ein Gefühl vollkommener Erleuchtung und objektiver Wahrheit. Diese ganzen Erlebnisse und Eindrücke können oft schwer bis kaum von den Probandinnen und Proban-

den in Worte gefasst werden, die den in ihnen abgelaufenen Vorgängen gerecht werden. Es ist nicht möglich, den erlebten überirdischen Bewusstseinszustand über eine längere Zeit aufrecht zu erhalten. Trotzdem hinterlässt der mystische Bewusstseinszustand eine andauernde und als positiv empfundene Wirkung und kann dazu führen, dass die eigenen, nachteiligen Charaktereigenschaften reflektiert, verringert oder auch beseitigt werden. Dieser Vorgang kann zu mehr Lebenskraft und Selbstbewusstsein führen, da man sich mächtiger gegenüber sich selbst fühlt und über seine eigene Handlungsfähigkeit Bescheid weiß. Dadurch entwickeln die Probandinnen und Probanden im Allgemeinen mehr Lebensfreude und Zufriedenheit und können sich dadurch auch ihren Mitmenschen gegenüber toleranter verhalten, was zu einer neu entstandenen Wertschätzung des eigenen Lebens sowie der ganzen Schöpfung führt (vgl. Gartz 2020 : 86 - 88).

Eine merkbare Wirkung tritt beim Menschen ab einer Menge an Psilocybin von 0,02 Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht ein. Vergleichsweise sterben bei 280 Milligramm Psilocybin pro Kilogramm Körpergewicht 50 % von den untersuchten Labormäusen (vgl. Gartz 2020 : 53). Synthetisch hergestelltes Psilocybin löst nach der Einnahme eine schnellere und zunächst heftigere Reaktion bei den Konsumentinnen und Konsumenten aus als das Konsumieren eines gesamten Pilzes mit derselben Menge an Psilocybin. *Psilocybe semilanceata* zeigt eine deutlich intensivere Wirkung als andere psilocybinhaltige Pilzarten, was daher kommt, dass weitere in den Pilzen vorkommende Substanzen, wie das in größerer Menge vorhandene Baeocystin, die Wirkung beeinflussen (vgl. Gartz 2020 : 70).

Nach Hofmann beträgt eine durchschnittliche Dosis Psilocybin einer Menge von 4 bis 8 mg. Neuere Forschungen haben ergeben, dass man bei 3 – 30 mg oder 5 – 50 mg Psilocybin von einer mittleren Dosis reinen Psilocybins spricht. Das ist eine gängige Dosis, welche in der Psychotherapie und bei psychologischen Versuchen eingesetzt wird. Die Maximalmenge an Psilocybin, welche bisher konsumiert wurde, beträgt 120 mg (vgl. Adelaars 2020 : 39).

## 4.6 Anwendbarkeit in der Medizin

Zu Beginn wurde das Psilocybin in der Therapie dazu verwendet, um Kindheits-traumata zu erkennen und zu behandeln. Erste Versuche mit dem Wirkstoff wurden ab dem Jahr 1958 durchgeführt und das Psilocybin wurde dabei als Ergänzung zur bestehenden therapeutischen Behandlung in mindestens einwöchigen Abständen bis zu fünfzigmal eingesetzt. Durch die Einnahme wurde das Bewusstsein erweitert, sodass ein traumähnlicher Zustand bei den Patientinnen und Patienten erzeugt wurde, welcher die Grundlage für die therapeutische Kommunikation zwischen dem Arzt und seinen Patientinnen und Patienten bildete und für mehrere Stunden andauerte. Diese Methode machte es den teilnehmenden Personen möglich, ihr Handeln und ihre Lage von außen zu betrachten und diese kritischer zu beleuchten, was bei hohen Dosierungen des Psilocybins von 70 mg, welche vor allem bei psychedelischen Therapien in Nordamerika eingesetzt wurden, am erfolgreichsten war. Schließlich wurde die Therapiemethode bei psychosomatischen Erkrankungen, Suchterkrankungen, Sexualneurosen, Persönlichkeitsstörungen und zur Schmerzlinderung eingesetzt. Aufgrund der vielversprechenden Ergebnisse und der scheinbar geringen damit einhergehenden Gefährlichkeit von Psilocybin, wurde diese Form der Therapie in den Folgejahren häufig eingesetzt und es erschienen zahlreiche Publikationen, welche die Behandlung von ungefähr 11 000 Patientinnen und Patienten beschreiben (vgl. Gartz 2020 : 59 - 63). Man hat zwischen der psycholytischen Therapie, bei der geringe Mengen psychoaktiver Substanz über einen längeren Zeitraum verabreicht werden und der psychedelischen Therapie, bei der hohe Dosen der psychoaktiven Substanz eingesetzt werden, welche eine längerfristige Wirkung erzielen sollen, unterschieden. Trotz der scheinbar vielseitigen Anwendbarkeit wurde die Forschung und die Behandlung mit Psilocybin in den 1970er-Jahren, von den Vereinigten Staaten ausgehend, in einem Großteil der Länder untersagt, da es zu einem Missbrauch der Stoffe im außermedizinischen Bereich kam. Psilocybin wurde im *Controlled Substances Act*, dem Gesetz, welches die Grundlage für die gesamte Drogenpolitik der USA bildet, in die Kategorie 1 eingeordnet. In die erste Kategorie fallen Substanzen, die ein hohes Sucht- und Missbrauchspotential aufweisen und keinen medizinischen Nutzen vorweisen können. Das Verbot wurde vorwiegend



wegen des gefährlichen Missbrauchs von LSD und des entstandenen, kaum kontrollierbaren Schwarzmarkts verhängt und beinhaltete ebenso die Stoffe Meskalin und Psilocybin, welche vergleichsweise viel seltener eingenommen wurden, kaum zugänglich und daher viel weniger relevant waren. Damit erloschen vorerst die Diskussionen zu den vielversprechenden Perspektiven psychoaktiver Pilze (vgl. Chi & Gold 2020).

Ende der 1970er-Jahre publizierten Wissenschaftler ihre aus früherer Forschung gewonnenen Erkenntnisse über die Therapiemöglichkeiten mit dem in psychoaktiven Pilzen vorkommenden Wirkstoff Psilocybin, um zu verhindern, dass die Erfolge durch das Behandlungs- und Forschungsverbot in Vergessenheit geraten. Anonyme Autoren publizierten in Amerika ebenso zahlreiche Schriften, in denen illegale Psilocybin- und LSD-Therapien beschrieben werden, die bei Patientinnen und Patienten angewendet wurden und erfolgreich waren (vgl. Gartz 2020 : 75). Im Jahr 1990 kam es aufgrund des Präsidenten G. Bush, der das „Jahrzehnt des Gehirns“ ausrief und zur Forschung und Bekämpfung von Depressionen, Suchterkrankungen und Alzheimer aufforderte, zur offiziellen Wiedergeburt der Grundlagenforschung und der Forschung zur therapeutischen Anwendung von Psilocybin (vgl. Gartz 2020 : 79). Den Höhepunkt der Wiederaufnahme der Forschung stellte eine dreitägige Tagung mit mehr als 2000 internationalen Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Jänner 2006 in Basel dar, die A. Hofmann ehren sollte, da er in jenem Monat einhundert Jahre alt wurde (vgl. Gartz 2020 : 81).

Im Jahr 2006 hat die Forschungsgruppe an der Johns-Hopkins-Universität im Bundesstaat Maryland, die sich mit psychedelischen Stoffen beschäftigte, mit der Veröffentlichung über die Sicherheit und die positiven, andauernden Effekte in Bezug auf die Einnahme von Psychedelika im medizinischen Kontext ebenso zur Wiederaufnahme der Forschung beigetragen. Im September 2019 hat der Wissenschaftler R. Griffiths, das mit 17 Millionen US-Dollar privat finanzierte *Center for Psychedelic and Consciousness Research* im Bundesstaat Maryland in den USA an der Johns-Hopkins-Universität gegründet, in dem psychedelische Stoffe, vorwiegend aber der Wirkstoff Psilocybin, als Mittel zur Heilung verschiedener Krankheiten beforscht werden. Im Zentrum der Forschung steht

der Einfluss von Psychedelika auf die Gehirnfunktionen und die Merkfähigkeit sowie auf das Verhalten und die Stimmung. Es ist weltweit das größte Forschungszentrum dieser Art. Die Forschungsgruppe unter der Leitung von R. Griffiths, dem Direktor des Zentrums, hat bei der Therapie psychischer Erkrankungen von Krebspatientinnen und Krebspatienten vielversprechende Erkenntnisse gewonnen und seit 2006 über 60 wissenschaftliche Artikel veröffentlicht. Bei Beobachtungen über einen längeren Zeitraum hat man festgestellt, dass schon ein einziges bewusstseinsveränderndes Erlebnis, welches durch die Einnahme von Psilocybin ausgelöst wurde, einen positiven Effekt auf die Behandlung von Patienten mit Angstzuständen, Suchterkrankungen und Depressionserscheinungen bei Krebserkrankungen hat. Ein weiteres Aufgabenfeld der Forschergruppe ist die Veröffentlichung von Sicherheitsrichtlinien für andere Universitäten und Forschungszentren sowie die Entwicklung neuer und exakterer Messinstrumente für emotionale und mystische Erfahrungen während der Einnahme psychedelischer Substanzen (<https://hub.jhu.edu/2019/09/04/hopkins-launches-psychedelic-center/>).

Neben der hauptsächlichen Forschung zur Behandlung von Depressionen, welche resistent gegen herkömmliche Medikamente und Therapien sind, von Suchterkrankungen und von psychischen Begleiterkrankungen bei Krebspatientinnen und Krebspatienten, werden vom *Center for Psychedelic and Consciousness Research* unter der Leitung von Griffiths aktuell weitere Studien durchgeführt und geplant. Dabei werden die Auswirkungen von Psilocybin auf Patientinnen und Patienten, welche unter *Anorexia nervosa*, Morbus Alzheimer, Posttraumatischen Belastungsstörungen und chronischer Lyme-Borreliose leiden, untersucht. Aktuell werden auch Teilnehmerinnen und Teilnehmer für eine Studie im Bereich der Nikotinentwöhnung gesucht (<https://hopkinspsychedelic.org/index/#research>).

Schon Ende des 19. Jahrhunderts hat man mehrere Versuche durchgeführt, um herauszufinden, ob es möglich sei, eine Suchtmittelabhängigkeit mithilfe eines anderen Suchtmittels zu behandeln. Diese Bemühungen blieben ohne Erfolg. Der Einsatz von Psilocybin macht es durch die mystische Bewusstseinsveränderung möglich, eine bestehende Sucht zu überwinden. Der komplexe Prozess,

welcher dabei auf biochemischer und psychologischer Ebene vor sich geht, ist wichtiger Bestandteil der aktuellen Forschung im Bereich der Suchtmittelentwöhnung (vgl. Gartz 2020 : 93).

Das Nebenalkaloid Aeruginascin trägt dazu bei, dass ein bewusstseinsveränderter Zustand als noch bedeutungsvoller und positiver erlebt wird. Besonders wirkungsvoll zeigt sich die Substanz in Kombination mit Psilocybin, was zukünftig in der Forschung genauer betrachtet werden soll und eine eventuelle Anwendung in Therapien ermöglichen könnte (vgl. Gartz 2020 : 47).

Die Mediziner T. Krebs und P. Johansen veröffentlichten im August 2013 die Erkenntnisse aus den Daten der *National Survey on Drug Use and Health* aus den Jahren 2001 bis 2004, welche in den USA gewonnen wurden, in der Publikation *Psychedelics and Mental Health: A Population Study*. Insgesamt wurden über 130.000 zufällig ausgewählte Erwachsene aus den Vereinigten Staaten zu ihrer mentalen Gesundheit befragt, von denen 10 % aufgrund mangelnder Daten oder Minderjährigkeit bei der Auswertung unberücksichtigt blieben. Es wurde untersucht, welches Gewicht den einzelnen Parametern wie der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe, der Einnahme von illegalen Drogen, der persönlichen Risikobereitschaft und den traumatischen Erlebnissen in der Vergangenheit in Bezug auf die mentale Gesundheit des vorangegangenen Jahres zukommt. 13,4 % der befragten Personen gaben an, regelmäßig psychedelische Substanzen zu sich zu nehmen. Unabhängig von der Dauer der Einnahme und der Art der psychedelischen Substanz konnte kein negativer Zusammenhang in Bezug auf die mentale Gesundheit festgestellt werden. Auch das Alter und das Geschlecht der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer hatte dabei keinen Einfluss. Es wurden sogar einige Fälle beschrieben, in denen der Konsum von psychedelischen Substanzen eine positive Auswirkung auf die psychische Verfassung der Befragten hatte. Diese positiven Effekte könnten neben dem vielversprechenden Effekt der psychedelischen Substanzen laut T. Krebs und P. Johansen auch auf eine stabilere psychische Ausgangslage der betroffenen Personen hindeuten oder es könnten sogar falsch positive Ergebnisse sein. Aufgrund der fehlenden Miteinbeziehung von Risikofaktoren wie der familiären Gesundheitsgeschichte kann kein kausaler Zusammenhang zwi-

schen dem Konsum von psychedelischen Substanzen und der mentalen Gesundheit festgestellt werden (vgl. Krebs & Johansen 2013).

Die Analyse von Daten aus acht Doppelblindstudien mit 110 gesunden Probandinnen und Probanden, welche in den Jahren 1999 bis 2008 gewonnen wurden, hat ergeben, dass die Substanz Psilocybin sowohl kurz- als auch langfristig sehr gut verträglich ist. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bekamen 1 bis 4 Dosen mit jeweils 45 bis 315 Mikrogramm Psilocybin pro Kilogramm Körpergewicht. Zu den häufiger vorkommenden kurzfristigen, nicht gravierenden Nebenwirkungen zählten Kopfschmerzen, ein geringeres Energielevel und Müdigkeitserscheinungen. Diese genannten Auswirkungen nahmen bei weiterer Einnahme innerhalb der ersten Wochen wieder ab und verschwanden gänzlich. Bei einem geringen Teil der Probandinnen und Probanden kam es bei der Einnahme einer hohen Dosis zu kleineren Panikattacken und zu Angstzuständen, welche durch psychotherapeutische Sitzungen gut behandelbar waren. Durch die Antworten der Fragebögen, welche anschließend an die Studien ausgefüllt wurden, wurde deutlich, dass die Einnahme von Psilocybin keine Abhängigkeit bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern ausgelöst hat und mittlere Dosen an Psilocybin den positivsten Effekt auslösen würden. Es konnten keine längerfristig anhaltenden Nachteile im Anschluss an die Studie festgestellt werden (vgl. Studerus et al. 2011).

In einer weiteren Studie unter der Leitung von R. Carhart-Harris, sind 12 Personen, welche unter einer mittelschweren bis schweren Depression litten, mit Psilocybin behandelt worden. Herkömmliche Behandlungsmethoden haben bei den Probandinnen und Probanden keinen Erfolg gebracht. Bei der durchgeführten Studie waren sowohl die Teilnehmerinnen und Teilnehmer als auch der behandelnde Arzt über den Wirkstoff, welcher verabreicht wurde, informiert. Den sechs Männern und sechs Frauen, die bei der Studie teilnahmen, wurde das Psilocybin zweimalig in Kapselform verabreicht. Die Dosen waren dabei bei der ersten und zweiten Einnahme unterschiedlich. Im ersten Durchgang bekamen die Personen 10 mg Psilocybin. Sieben Tage später erhielten sie im zweiten Durchgang 25 mg. Vor, während und nach der Einnahme wurde den Teilnehmerinnen und Teilnehmern eine psychologische Unterstützung angeboten. Das

Psilocybin wurde unter medizinischer Aufsicht eingenommen und anschließend erfolgten regelmäßige Kontrollen. Eine Woche und drei Monate nach der Behandlung wurde die Schwere der Depression mithilfe des *QIDS*, des *Quick Inventory of Depressive Symptoms*, selbst bestimmt. Die psychedelischen Effekte von Psilocybin traten in der Regel eine halbe Stunde bis eine Stunde nach der Einnahme auf und erreichten je nach Dosierung zwischen zwei und drei Stunden nach dem Einnehmen der Substanz ihren Höhepunkt. Sechs Stunden nach der Einnahme waren die psychedelischen Effekte vernachlässigbar klein. Die Probandinnen und Probanden wurden dazu aufgefordert, die psychedelische Wirkung auf einer Skala zwischen 0 und 1 für beide Dosen anzugeben. Bei der verabreichten Dosis von 10 mg ergab sich ein Durchschnitt von 0,51. Bei der höheren Dosis von 25 mg gaben die teilnehmenden Personen eine durchschnittliche psychedelische Wirkung von 0,75 an. Zu Beginn der Einnahme gaben alle Personen an, ein vorübergehendes, beklemmendes Gefühl gehabt zu haben. Eine Woche und drei Monate nach der Einnahme von 25 mg Psilocybin konnte im Vergleich zur Ausgangssituation eine Reduktion in der Schwere der Depression bei allen 12 Personen beobachtet werden. Es wurden ebenso keine anhaltenden, schwerwiegenden Nebenwirkungen beobachtet (vgl. Carhart-Harris et al. 2016).

#### 4.7 Gefahren

Die Risiken, die im Zusammenhang mit der Einnahme von psychoaktiven Pilzen auftreten, hängen vorwiegend mit der konsumierten Substanzmenge, der Konsumentin oder dem Konsumenten selbst und der Umgebung der Konsumentin beziehungsweise des Konsumenten bei der Einnahme zusammen. Die drei Faktoren beeinflussen einander gegenseitig und können bei ungünstiger Konstellation zu einem sogenannten „Bad Trip“ führen, bei dem Alpträume auftreten. Um durch den Konsum von psilocybinhaltigen Pilzen zu sterben, müsste ein Mensch die Menge an Pilzen zu sich nehmen, welche seinem eigenen Körpergewicht entsprechen würde. Man spricht daher von einer geringen relativen Giftigkeit der Psilocybin-Pilze. Bisher ist kein Fall bekannt, in dem sogenannte „Rauschpilze“ ursächlich für den Tod wären. Viel gefährlicher ist es, die Pilze mit tödlichen Doppelgängern zu verwechseln. Manche Arten psychoaktiver Pil-

ze, die auf Holzresten wachsen, sind Pilzen der Gattung *Galerina*, welche ebenso auf Holzresten zu finden sind, jedoch keine Blaufärbung aufweisen, sehr ähnlich und beinhalten das Gift Amanitin, welches tödlich ist (vgl. Adelaars 2020 : 105 - 107). Sehr selten wird *Inocybe aeruginascens*, ein psychoaktiver Pilz mit anderen Pilzarten derselben Gattung verwechselt, welche keine Blaufärbung aufweisen und das giftige Muscarin enthalten. Obwohl die Vergiftungserscheinungen, welche durch das Muscarin verursacht werden sehr schnell auftreten, enden diese nur in seltenen Fällen tödlich (vgl. Gartz 2020 : 51). Es kommt im Gegensatz dazu immer öfter vor, dass die Pilzart *Psilocybe cyanescens*, welche eine starke Blaufärbung aufweist und sich aufgrund der immer häufigeren Verwendung von Holzresten sehr schnell in Wohngebieten ausbreitet, für den genießbaren Hallimasch gehalten wird (vgl. Gartz 2020 : 49).

Die Verbreitung psychoaktiver Pilze steigt stetig an. Daher ist es mittlerweile eine Notwendigkeit, dass die Mediziner nicht nur über ein Wissen zu den klassischen Pilzvergiftungen verfügen, sondern auch über die Folgen der Einnahme oder den versehentlichen Verzehr von psychoaktiven Pilzen Bescheid wissen.

Durch die Einnahme von Psilocybin kann es zu einem vorübergehenden Anstieg des Blutdrucks und der Herzfrequenz kommen. Dieses Risiko wird bei der Durchführung von Studien durch eine engmaschige medizinische Überwachung stark reduziert und stellt daher keine wesentliche Gefahr dar (vgl. Chi & Gold 2020).

Die halluzinogenen Pilzvergiftungen stellen gemeinsam mit den Pilzvergiftungen, welche vorwiegend das vegetative Nervensystem betreffen, mit den Pilzvergiftungen, die das zentrale Nervensystem beschädigen sowie mit dem Morchella Syndrom, die Untergruppen der neurotoxischen Pilzvergiftung dar. Weitere Typen von Pilzvergiftungen sind die cytotoxischen Pilzvergiftungen, welche vorwiegend die Organe schädigen, die myotoxischen Pilzvergiftungen, die zur Auflösung von den quergestreiften Muskelfasern führen sowie Pilzvergiftungen, welche die metabolischen und endokrinen Prozesse betreffen und welche, die ausschließlich zur Reizung im Magen- und Darmbereich führen. In die letzte der sechs Hauptgruppen fallen Vergiftungen durch Pilze, die keiner der zuvor genannten Gruppen zuzuordnen sind (vgl. White et al. 2019).

Um eine Pilzvergiftung feststellen zu können werden häufig, vor allem nach dem Tod, die Pilzsporen im Mageninhalt untersucht. Ebenso werden Methoden angewendet, wie die Chromatographie und die Massenspektrometrie (vgl. Ojanperä 2008). Mithilfe einer abgewandelten Form der Hochleistungsflüssigkeitschromatographie in Kombination mit einer elektrochemischen Detektion ist es möglich, das aktive Psilocin ab einer Bestimmungsgrenze von weniger als  $10^{-8}$  g/ml mit nahezu hundertprozentiger Wahrscheinlichkeit nachzuweisen. Diese Methode ist einfach, zuverlässig und benötigt einen geringen Zeitaufwand (vgl. Lindenblatt et al. 1998). Als Folgen von missbräuchlichem Konsum von Psilocybin treten vor allem Übelkeit bis hin zu Erbrechen, Herzrasen und Pupillenerweiterung auf (vgl. Peredy & Bradford 2014).

Um herauszufinden, warum Personen „neue psychoaktiven Substanzen“, abgekürzt NPS, zu denen auch das Psilocybin zählt, einnehmen, haben C. Soussan et al. eine Studie zu diesem Thema durchgeführt (vgl. Soussan et al. 2018). Die „Europäische Beobachtungsstelle für Drogen und Drogensucht“, kurz EMCDDA, hat im „Europäischen Drogenbericht“ für das Jahr 2015, in dem es um „Trends und Entwicklungen“ in diesem Bereich geht, veröffentlicht, dass es zu diesem Zeitpunkt insgesamt über 560 bekannte Drogen gab, die zu den „neuen psychoaktiven Substanzen“ gezählt werden (vgl. EMCDDA 2015). Da die Zahl der leicht zugänglichen Drogen stetig und rasant ansteigt, die konsumierenden Personen vermutlich oft über einen begrenzten Wissensstand im Bereich „neuer psychoaktiver Substanzen“ verfügen und die Lage für Forschungspersonen, das Gesundheitssystem sowie für die Politik immer herausfordernder wird, sollen die Ergebnisse der Studie von Soussan et al. zu einem besseren Verständnis in diesem Bereich führen. Ein übergeordnetes Ziel der Studie war es, durch einen tiefgreifenden Einblick in die subjektiven Motive für den Drogenkonsum effizientere Vorkehrungsmaßnahmen treffen zu können und dadurch die Schäden, welche durch die Einnahme von Drogen entstehen, zu reduzieren. Bei der Online-Umfrage haben 613 Personen, welche sich selbst dazu entschlossen haben, an der Studie teilzunehmen, die offen gestellte Frage was ihre Gründe gewesen seien, eine „neue psychoaktive Substanz“ zu konsumieren, beantwortet. Die erhaltenen Antworten zu dieser Frage bildeten die Daten, welche der Studie zu Grunde lagen. Anschließend an die erste Frage, beinhaltete die Onli-

ne-Umfrage noch weitere Fragen. Es haben 512 Frauen und 101 Männer an der Umfrage teilgenommen, die mindestens 18 Jahre alt waren und in den vergangenen zwei Jahren mindestens einmal eine Droge konsumiert haben, welche in die Kategorie der „neuen psychoaktiven Substanzen“ einzuordnen ist. Das Durchschnittsalter der Männer betrug 27,2 Jahre, das der Frauen 29,8. Mit 45 % waren die halluzinogenen Substanzen die am häufigsten konsumierten Drogen aus dem Bereich der NPS. Der Begriff „neu“ in der Bezeichnung „neue psychoaktive Substanzen“ bezieht sich nicht ausschließlich auf alle neu erschienenen psychoaktiven Substanzen, sondern umfasst auch jene Substanzen, welche schon eine lange Zeit existent sind, aber sich aktuell in der Drogenszene großer Beliebtheit erfreuen. Die bei der Umfrage erhaltenen Antworten wurden in mehreren Schritten inhaltlich in verschiedene Kategorien und Unterkategorien unterteilt. Am Ende haben sich neun übergeordnete Themen herauskristallisiert, in welche sich die Aussagen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer eingliedern lassen. Diese neun Themen waren laut Soussan et al. (2018) folgende:

#### 1. Weniger gefährlicher Konsum und einfachere Beschaffung von NPS im Vergleich zu traditionellen Drogen

Mehrere Personen gaben an, dass NPS einfacher zu bekommen seien und sie deshalb die bevorzugte Variante wären, da sie preisgünstiger und oftmals legal seien. Ebenso wird vermutet, dass der Herstellungsprozess „neuer psychoaktiver Substanzen“ vertrauenswürdiger sei. Ein weiterer Vorteil sei es, dass man diese Substanzen bereits in angemessenen Dosen kaufen könne. Die meisten NPS könne man online kaufen, wodurch man sich sicherer sein könne, auch die gewünschte Substanz zu erhalten, was bei Käufen auf der Straße oftmals nicht der Fall sei. Bei Drogentests würden die „neuen psychoaktiven Substanzen“ oftmals nicht erkannt werden.

#### 2. Befriedigung der Neugier und das Interesse an den Auswirkungen von NPS

Die meisten Personen gaben an, in Selbstversuchen herausfinden zu wollen, welche Auswirkungen die viel diskutierte Substanzen auf sie persönlich haben. Sie wollten beziehungsweise wollten aus erster Hand erfahren wozu NPS in der



Lage sind, anstatt in Büchern darüber zu lesen. Sie waren sozusagen Forscher/innen und „Versuchskaninchen“ in einer Person. Einige gaben auch an, dass sie verschiedene Substanzen durchprobieren wollen, um die für sie persönlich am besten geeignete Droge ausfindig zu machen. Man wolle auch die eigene Erfahrung schriftlich dokumentieren, um die Auswirkungen an andere konsumierende Personen weiterzugeben und dadurch negative Auswirkungen auf die adressierten Personen zu reduzieren.

### 3. Ermöglichung einer neuartigen und aufregenden Erfahrung

NPS werden in diesem Zusammenhang eingenommen, um der Normalität zu entfliehen. Es wird davon ausgegangen, dass man durch die Einnahme unterschiedlicher Substanzen eine Vielzahl an verschiedenen Erfahrungen machen könne und jede Droge daher für sich einzigartig sei. Der Reiz des Unbekannten und Unvorhersehbaren verleitet viele Personen zum Konsum derartiger Substanzen.

### 4. Unterstützung der Erforschung der eigenen Persönlichkeit und des persönlichen Wachstums

„Neue psychoaktive Substanzen“ haben den Ruf, dass sie zur Selbsterkenntnis, zur Weiterentwicklung der eigenen Persönlichkeit und zu einem klareren Blick auf das Leben verhelfen können. Sie würden das eigene Bewusstsein schärfen und die Erfahrung solch eines Zustandes würde die Qualität des eigenen Lebens nachhaltig verbessern, da man dadurch die „wahren Werte“ erkennen könne. Wiederum andere nutzen NPS um eine mystische Erfahrung im Zuge einer spirituellen Praxis zu machen.

### 5. Einsatz zur Bewältigung schwieriger Lebenssituationen

Um eine schwierige körperliche oder psychische Situation zu verbessern und den Schmerz zu lindern, gaben mehrere Personen an, NPS einzunehmen. Einige von ihnen verfolgten sogar das Ziel, sich mit diesen Drogen selbst zu therapieren, nachdem die Behandlung mit gewöhnlichen Medikamenten erfolglos blieb. Depressionen und Angsterkrankungen sind die häufigste Ursache dafür, dass betroffene Personen zur Selbstmedikation mit NPS greifen. Weitere Per-

sonen gaben an, damit den Versuch verfolgt zu haben, der aktuellen Lebenssituation aufgrund eines traumatischen Erlebnisses in der Vergangenheit zu entfliehen. Dabei werden unterschiedliche NPS für spezielle Krankheitsbilder oder zur Bewältigung konkreter Lebenssituationen angewendet. Eine Person hat bei der Umfrage angegeben, geringe Dosen an Psilocybin gemeinsam mit Psilacetin und LSD zur Entzündungshemmung sowie zur Behandlung schwerer Kopfschmerzen einzusetzen.

#### 6. Optimierung der eigenen Fähigkeiten

Einige Personen haben angegeben NPS einzunehmen, um die eigene Motivation zu fördern sowie die körperliche und geistige Leistung zu steigern. Ebenso wurde bei der Umfrage angegeben, dass NPS zur Verbesserung der Problemlösungskompetenz beitragen würden und eine bessere Entscheidungsfindung ermöglichen. Ein weiterer positiver Effekt sei die Steigerung der eigenen künstlerischen Kreativität. Einige Teilnehmerinnen und Teilnehmer verfolgten mit der Einnahme von NPS das Ziel, in sozialen Interaktionen über mehr Selbstvertrauen zu verfügen oder ihr Sexualleben zu verbessern.

#### 7. Stärkung sozialer Bindungen und sozialer Zugehörigkeit

Teilnehmerinnen und Teilnehmer berichteten, dass die Einnahme von NPS gemeinsam mit anderen Menschen die soziale Bindung zwischen ihnen gestärkt hätte. Kleine Dosen NPS würden sie, ähnlich wie der enthemmende Effekt von Alkohol, gesprächiger und offener im Umgang mit ihren Mitmenschen machen.

#### 8. Hilfsmittel, um Entspannung zu erlangen und Vergnügen zu empfinden.

Viele der Teilnehmerinnen und Teilnehmer an der Studie gaben an, die NPS ausschließlich deshalb eingenommen zu haben, um eine freudige und sorgenfreie Zeit genießen zu können. NPS sollen auch die Freunde an anderen schönen Aktivitäten erhöhen.

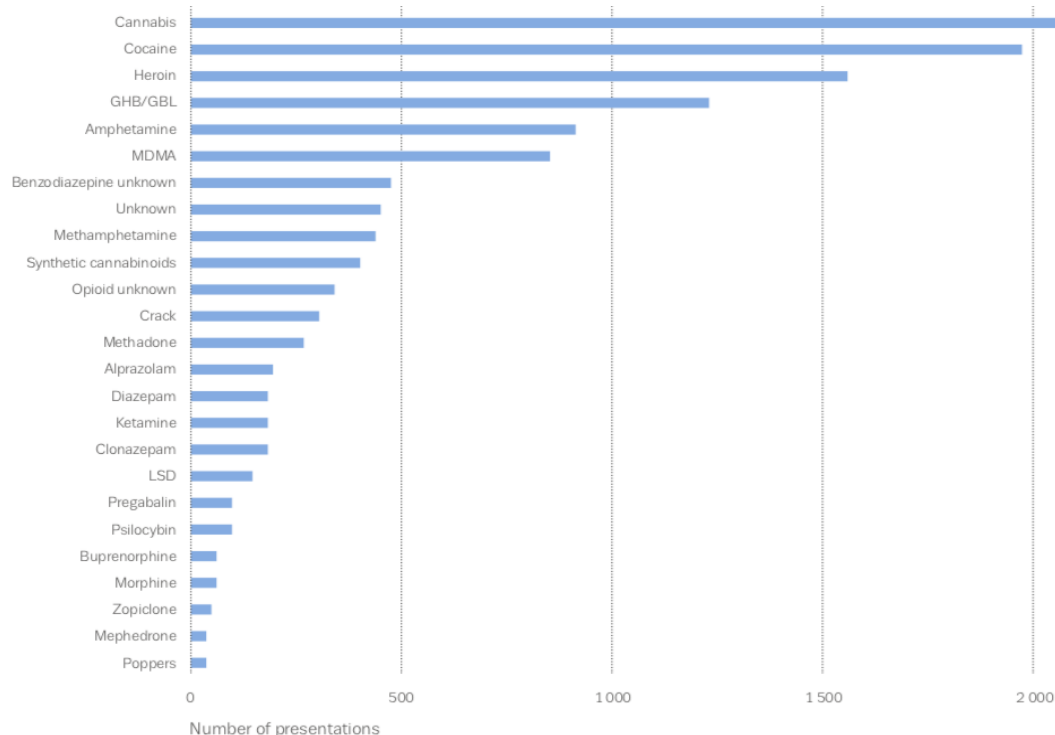
#### 9. Problematische Einnahme sowie die Einnahme ohne bestimmten Zweck

In diese übergeordnete Kategorie lassen sich Aussagen von Personen einordnen, welche die Einnahme neuer psychoaktiver Substanzen bereuen und erst

zu spät eine Abhängigkeit bemerkt haben. Einige gaben an, eine generell schlechte Beziehung zu Drogen zu haben und sie eine bestehende Drogenabhängigkeit zum Konsum von NPS verleitet hat. Unter den NPS zählen Benzodiazepine, Stimulantien und Opioide laut Angaben zu den Drogen mit dem höchsten Abhängigkeitspotential. Einige Personen gaben an, NPS aus einem unüberlegten Handeln heraus in ihrer Jugendzeit eingenommen zu haben. Ein häufiger Grund, weshalb die Einnahme später bereut wurde war, dass die Personen unbeabsichtigt in den Besitz von NPS gekommen seien und diese eingenommen haben, da sie davon ausgingen, dass es sich um eine traditionelle Droge handle.

Im Gegensatz zu Opioiden, Stimulantien und Benzodiazepinen werden die psychedelischen Substanzen als weniger problematisch unter den NPS angesehen, da sie vor allem positive Gefühle verstärken oder spirituelle Erfahrungen hervorrufen sollen und wie bereits erwähnt, seltener zur Abhängigkeit führen. Wie bereits angenommen, wurde bestätigt, dass eine Reduktion des Angebots an NPS das Konsumverhalten positiv beeinflussen und damit den Konsum verringern würde. Aus der Studie von Soussan et al. geht ebenso hervor, dass die NPS nicht vordergründig eingenommen werden, da sie leichter zu erwerben sind, sondern vielmehr werden sie von den Konsumenten und Konsumentinnen als „sicherer“ eingestuft, während von wissenschaftlicher Seite immer größere Sicherheitsbedenken laut werden. Mehr Verbote in diesem Bereich zu verhängen, würde Personen, welche die Spannung allgemein aber auch die des Illegalen suchen, zusätzlich animieren. Ein erster Schritt um eine mögliche Verbesserung in diesem Bereich zu erreichen wäre es, die genannten Gründe ernst zu nehmen, um ein Bewusstsein dafür zu schaffen und konkret darauf reagieren zu können. Dies ist beispielsweise bei dem Konsum von NPS zur therapeutischen Behandlung der Fall, da sich die Personen von der traditionellen Medizin im Stich gelassen fühlen und deshalb zur Selbstmedikation greifen (vgl. Soussan et al. 2018).

Im europäischen Drogenbericht aus dem Jahr 2020 ist eine Grafik zu sehen, welche die 25 häufigsten, in Krankenhäusern aufgezeichneten, Drogen des Jahres 2018 zeigt (siehe Abbildung 6). Die Daten, welche der Grafik zugrunde liegen stammen aus 9134 Berichten von 27 Krankenhäusern aus 19 europäischen Ländern. Auf der x-Achse ist die Anzahl der Berichte aufgetragen, auf der y-Achse sind die häufigsten Drogen abgebildet. Psilocybin befindet sich dabei an zwanzigster Stelle, was auf eine vergleichsweise geringe Toxizität und daher auf eine seltenere Krankenhausbehandlung hindeutet aber auch mit den Ergebnissen aus dem Drogenbericht 2020 übereinstimmt, der die Verbreitung von Psilocybin in Hinblick auf die vergangenen Jahre in Europa als gleichbleibend gering einstuft. Umfragen in Europa haben ergeben, dass die Einnahme bei jungen Erwachsenen zwischen 15 und 34 Jahren bei einem Prozent oder sogar darunter liegt. Die einzigen Ausnahmen mit einer etwas höheren Verbreitung sind Finnland mit 2 Prozent und Estland mit 1,6 Prozent (vgl. EMCDDA 2020).



**Abb. 6:** Die 25 am weitesten verbreiteten Drogen in Europa im Jahr 2018 laut 9134 Berichten von 27 Krankenhäusern aus 19 europäischen Ländern (EMCDDA 2020 : 60)

Es gibt den Vorschlag, eine neue Kategorisierung der Drogen vorzunehmen, die auf den neurobiologischen Wirkungsmechanismen basiert, um den Drogenkonsum zu regulieren und damit eine bessere Übersicht zwischen den Vorteilen und Gefahren von psychoaktiven Substanzen zu erhalten. Ebenso würde eine effiziente Gesetzgebung dadurch ermöglicht werden. Die neue Kategorisierung sollte neben den neurobiologischen Wirkungsmechanismen auch die Gefahren für die eigene Gesundheit und die Gesellschaft miteinbeziehen. Als eine Möglichkeit wird von Coulon und Gorji die Einteilung in zwei Risikoklassen genannt. In die Risikoklasse 1 würden Substanzen fallen, welche ein hohes Abhängigkeitspotential aufweisen, starke Halluzinationen auslösen sowie wahnhaftige Geisteszustände und eine längerfristige Veränderung in der synaptischen Übertragung bewirken. Substanzen, welche in die Risikoklasse 2 fallen, würden auch das Potential besitzen, längerfristige Veränderungen in der synaptischen Übertragung auszulösen. Diese hätten jedoch keine gefährlichen Auswirkungen und würden ein sehr geringes bis kein Abhängigkeitspotential aufweisen. Substanzen der Risikoklasse 2 lösen keine Bewusstseinsstörungen aus und haben folglich keine nennenswerten toxischen Auswirkungen. In früheren Kategorisierungen war die medizinische Anwendbarkeit ausschlaggebend für die Klassifikation. Substanzen, welche keinen medizinischen Nutzen aufwiesen wurden als Drogen mit dem höchsten Gefahrenpotential angesehen. Da die Wissenschaft in dem Bereich der medizinischen Anwendbarkeit unterschiedlicher Substanzen immer neue Erkenntnisse gewinnt, ist eine Klassifikation nach diesem Prinzip ungenau und wenig aussagekräftig (vgl. Coulon & Gorji 2016).

#### 4.8 Gattung *Psilocybe*

Die meisten Arten dieser Gattung sind dünnstielig, sehr klein und besitzen glockenförmige Hüte. Wegen des Gehalts an Psilocin verfärben sich die Druckstellen der psychoaktiven Pilzarten blau. Bedeutsame Merkmale sind die Hutform, die Beschaffenheit der Oberfläche sowie die der Lamellen. Ein ebenso wichtiges Merkmale ist, im mikroskopischen Bereich, die Beschaffenheit der Sporen. Die Gattung *Psilocybe* gehört gemeinsam mit den anderen psilocybinhaltigen Pilzgattungen wie *Panaeolus*, *Gymnopilus*, *Inocybe*, *Pluteus* und *Conocybe* zur Abteilung der Ständerpilze, zu den sogenannten Basidiomyceten und wird in die

Klasse der Agaricomyceten eingeordnet. Die Basidiomyceten bilden gemeinsam mit den Ascomyceten das Unterreich, welches Dikarya genannt wird (vgl. de Mattos-Shipley et al. 2016).

#### 4.9 Vertreter der Gattung *Psilocybe*

##### 4.9.1 *Psilocybe semilanceata* (Fr.) P. KUMM.

Im Deutschen wird diese Pilzart der Gattung *Psilocybe* „Spitzkegeliger Kahlkopf“ genannt. Diese wird 1803 das erste Mal, jedoch unter anderem Namen, in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben. Ab 1870 trägt die Pilzart den noch heute aktuellen Namen „*Psilocybe semilanceata*“. Sie wächst auf Weiden, an Wegrändern, häufig auf saurem Sandboden und auf gedüngtem Rasen und ist nach aktuellem Stand der Forschung die weltweit am meisten verbreitete psychoaktive Pilzart. Sie konnte in jedem einzelnen europäischen Land gefunden werden. Obwohl feuchte Gebiete, welche in begrenztem Maß von der Sonne erwärmt werden, von der Pilzart bevorzugt werden, können sie in allen Höhenlagen vorkommen. Sie sind sowohl in den Küstenregionen als auch in Gebieten von bis zu 2000 m Höhe anzutreffen und wachsen vorwiegend zwischen September und November. Der einzige Ort, an dem *Psilocybe semilanceata* nicht vorkommt, ist der Südpol (vgl. Gartz 2018 : 15).

Der Spitzkegelige Kahlkopf ist ein sehr kleiner, bräunlicher Pilz mit einem Hut, welcher länglich ist. Die Form des Hutes ähnelt einem Kegel und sein Durchmesser liegt im Bereich zwischen 0,5 und 1,5 cm. Der Hut biegt sich an der Unterseite leicht nach innen (siehe Abbildung 8) und hat strahlenförmige Rillen an der Oberseite, welche den Lamellen auf der unteren Seite des Hutes entsprechen. Je nachdem wie feucht das Gebiet ist, in dem der Pilz gedeiht, kann die Farbe des Hutes unterschiedlich sein. Diese ist in feuchten Perioden gelblich-braun mit olivgrünen Schattierungen (siehe Abbildung 8) und nimmt in trockeneren Zeiten eine hellbraun-gelbliche Farbe an und kann sogar ockerfarben sein (siehe Abbildung 7).



**Abb. 7:** Kultur der Pilzart *Psilocybe semilanceata* (Gartz 2020 : 126)



**Abb. 8:** *Psilocybe semilanceata* (Gartz 2020 : 145)

Bei jungen Pilzen sind die Lamellen, welche sich an der unteren Seite des Hutes befinden farblos, leicht bräunlich bis gräulich. Ältere Pilze haben viel dunklere, bräunlich-lilafarbene Lamellen. Die Lamellen sind nur schwach an den Stiel des Pilzes angeheftet. Die Farbe der Sporen der Spitzkegeligen Kahlköpfe liegt im Bereich zwischen einem dunklen Lila und einem dunklen Braun. Der Stiel dieser Pilzart ist 0,75 bis 3 mm breit, fahlweiß bis fahlbraun und besitzt nach unten hin eine dunklere Färbung. Die Länge des Stiels korreliert stark mit der umgebenden Höhe des Grases. Im Durchschnitt liegt die Stiellänge zwischen 4 und 10 cm (vgl. Adelaars 2020 : 69).

Im Vergleich zu anderen psilocybinhaltigen Pilzen enthält *Psilocybe semilanceata* eine relativ hohe und auch konstante Menge an Psilocybin und anderen Nebenalkaloiden. Auch Baeocystin, welches ebenso psychoaktiv ist, kommt in einer hohen Konzentration vor. Hingegen kann das instabile Psilocin, wenn überhaupt, nur in sehr geringen Mengen nachgewiesen werden. Daher färbt sich der Hut bei Beschädigung kaum bläulich. Die eventuell entstehende leichte Blaufärbung bei Verletzung des Stiels oder des Hutes stammt vom Nebenalkaloid Baeocystin. Eine bläuliche Verfärbung wird nur dort sichtbar, wo das Myzelium auf den Stiel trifft. Bei der Untersuchung mehrerer getrockneter Frucht-

körper wurde ein durchschnittlicher Psilocybin-Gehalt von 1 % festgestellt. Der durchschnittliche Psilocybingehalt getrockneter Pilze der Art *Psilocybe semilanceata* ist in Tabelle 1 für verschiedene Gebiete aufgelistet. Der Gehalt an Psilocybin hängt dabei weder stark von der geografischen Lage, noch von dem Substrat ab, auf dem er gedeiht. Bei der Analyse eines getrockneten Pilzes der Art *Psilocybe semilanceata* aus einem 1869 angelegten finnischen Herbarium konnte man 115 Jahre später immer noch einen Psilocybin-Gehalt von 0,014 % feststellen. Wichtig dabei ist es, dass bei der Lagerung ein Temperaturanstieg von über 50 Grad Celsius vermieden wird, um eine Zersetzung des Psilocybins zu verhindern. Ein verschlossener Behälter, in dem die Pilze trocken, dunkel und in einem Temperaturbereich zwischen + 4 und – 20 Grad Celsius aufbewahrt werden, stellt die optimale Lagerstätte dar (vgl. Gartz 2018 : 16 - 17).

**Tab. 1:** Mittlerer Psilocybingehalt von *Psilocybe semilanceata* (getrocknet)  
(Gartz 2018 : 60)

Herkunft	Psilocybin (%)
1. Dübener Heide, Ostdeutschland	0,96
2. Prag, Tschechische Republik	1,05
3. Norwegen	0,95
4. Pazifischer Nordwesten, USA	0,93
5. Holland	0,97

#### 4.9.2 *Psilocybe mexicana* R. HEIM – Mexikanischer Kahlkopf

*Psilocybe mexicana* kommt alleine oder in der Gruppe vor, wächst an Standorten mit bis zu 1800 Höhenmetern, präferiert kalkhaltige Standorte, stark gedüngten Boden und feuchte Wiesen sowie den Übergangsbereich zwischen Laubwäldern und Wiesen, die Flussnähe und tropische Lagen. Diese Pilzart zählt mit einer Höhe von 2,5 bis 10 cm zu den kleinsten psychoaktiven Pilzen. Der Pilzhut kann einen Durchmesser von 3 cm erreichen und hat eine kegelige,



glocken- oder halbkugelförmige Gestalt. Ein reifer Pilz ist gewölbt und besitzt, ebenso wie *Psilocybe germanica*, an der oberen Spitze des Hutes eine kleine Erhebung, welche Papille genannt wird. Der feuchte Pilz hat eine gleichmäßige Oberfläche, welche klebrig und glatt ist. Im frischen Zustand ist der Pilzhut orange-bräunlich (siehe Abbildung 9). Im getrockneten Zustand nimmt er eine gelbliche Farbe an. An Druckstellen, Verletzungen und wenn der Pilz älter wird, kommt es beim rötlich-braunen Fleisch von Hut und Stiel des Pilzes zu einer Blaufärbung. Die Lamellen können bei *Psilocybe mexicana* ausgebuchtet und am Ansatz angewachsen sein. Wenn die Sporen des Pilzes reif sind, nehmen die Lamellen eine gräuliche bis hin zu purpur-bräunliche Farbe an, während die Lamellenscheiden weißlich bleiben. Die Pilze besitzen einen 3 mm breiten Stiel, welcher bräunlich-gelb ist. Der Pilzstiel ist außen glatt, hat im Inneren einen Hohlraum und kann Richtung Basis schmaler werden (vgl. Prentner 2010 : 272).



**Abb. 9:** Kultur von *Psilocybe mexicana* (Gartz 2020 : 110)

#### 4.9.3 *Psilocybe germanica* Gartz & Wiedemann – Deutscher Kahlkopf

Im Jahr 2014 haben J. Gartz und G. Wiedemann die neue psilocybinhaltige Pilzart gemeinsam in Sachsen gefunden und beschrieben. Bisher wurde *Psilocybe germanica* ausschließlich in Deutschland entdeckt, worauf auch der Name „Deutscher Kahlkopf“ zurückzuführen ist. Die Pilzart wächst auf Mulch, Holzresten, Rinden sowie auf einer Zusammensetzung aus Erde, Holz und abgefallenen Blättern. Vorwiegend sind diese Pilze in gruppierter Anordnung zu finden und können auch büschelweise auftreten. Die Fruchtkörper von *Psilocybe germanica* bilden sich zwischen September und Dezember aus (vgl. Adelaars 2020 : 78 -79).

Der feuchte Fruchtkörper des deutschen Kahlkopfs ist dunkelbraun. Je mehr Feuchtigkeit verloren geht, desto heller wird seine Farbe. Ist der Fruchtkörper gänzlich ausgetrocknet, erscheint der Pilz weißlich. Der Durchmesser des Hutes beträgt zwischen 1 und 4 cm. In dessen Mitte befindet sich eine spitz hervortretende Erhebung, welche Papille genannt wird. Der Stiel, welcher nach unten hin dünner wird, eine Länge von 5 bis 9 cm und einen Durchmesser von 3 bis 7 mm hat, ist gebogen und hat eine weißliche Farbe. Bei den jungen Pilzen ist der Stiel mit einem Myzelium gefüllt, bei älteren ist er hohl. Der Stengel weist eine deutlich sichtbare, gelenksartige Verdickung auf, ab der sich die Wuchsrichtung bei älteren Pilzen stärker ändert und der Pilz einen Knick nach vorne macht (siehe Abbildung 10). Junge Pilze haben braune Lamellen, die sich bis zur Reifung der Sporen bräunlich-violett verfärben. Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, bei Berührung sowie bei Regen verfärben sich der Stiel und der Hut des Pilzes bläulich. Die Papille nimmt mit dem Alter eine immer gräulich-blauer werdende Farbe an.

In getrockneten Pilzen dieser Art konnte man 0,66 bis 1,12 Prozent Psilocybin und 0,11 bis 0,30 Prozent Baeocystin nachweisen, was in Tabelle 2 aufgeschlüsselt ist. Ebenso wie die Pilzart *Psilocybe semilanceata* enthält auch *Psilocybe germanica* kein Psilocin. Es werden je nach angestrebter Wirkung 0,5 bis 2 Gramm der getrockneten Pilze eingenommen (vgl. Adelaars 2020 : 79 – 80).



**Abb. 10:** *Psilocybe germanica*  
(Gartz 2018 : 31)

**Tab. 2:** Alkaloidmengen in der Pilzart *Psilocybe germanica* (% Trockenmasse)  
(vgl. Gartz 2018 : 64)

Probe	Psilocybin	Psilocin	Baeocystin
1	0,82	-	0,15
2	0,90	-	0,11
3	0,76	-	0,18
4	0,66	-	0,21
5	1,12	-	0,30

#### 4.10 Gattung *Pluteus*

In Europa findet man 45 Pilzarten der Gattung *Pluteus*. Einige Arten der sogenannten Dachpilze sind psilocybinbildend. Die Sporen der Pilze besitzen im Gegensatz zu den Pilzarten aus der Gattung *Psilocybe* eine rosa Farbe und die Pilze gehören damit zu den Hellbläutlern. Früher hat man die Dachpilze in die Familie der Amanitaceae eingegliedert. Heute zählen sie zur Familie der Plutaceae, der Dachpilzartigen. Bisher gibt es keine Auskunft darüber, dass es zu einer unabsichtlichen Vergiftung mit Pilzarten aus der Gattung *Pluteus* gekommen ist (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.7).

#### 4.11 Vertreter der Gattung *Pluteus*

##### 4.11.1 *Pluteus salicinus* (Pers. Fr.) KUMMER – Grauer Dachpilz

Erstmals wurde die Pilzart *Pluteus salicinus* vor 200 Jahren in Europa beschrieben. Da die Pilze dieser unauffälligen Art nur vereinzelt auf Laubholzstümpfen als finaler Holzzersetzer zu finden waren, wurde ihnen in der Literatur wenig Beachtung geschenkt. Der grau-braune Hut des Pilzes hat einen Durchmesser von 3 – 6 cm, in Ausnahmefällen bis zu 8 cm, ist an der Oberseite zum Rand hin heller und leicht haarig (siehe Abbildung 11). Richtung Mitte des Hutes nimmt die Behaarung und die Schuppung zu. Bei jungen Pilzen sind die Lamellen von *Pluteus salicinus* weißlich und werden mit zunehmendem Alter lachsfarben (siehe Abbildung 11). Der mittelgroße Graue Dachpilz besitzt einen dünnen, weißen Stiel, welcher zur Basis hin eine unterschiedlich stark ausgeprägte blau-grüne Färbung aufweist und bis zu 10 cm lang werden kann. Die grau-blaue bis graugrüne Färbung ist an den Druckstellen intensiv sichtbar. Ältere Pilze können eine olivgrüne Farbe annehmen. Der Graue Dachpilz bildet zwischen Mai und Oktober seine Fruchtkörper an den Stümpfen von Laubbäumen aus. Bei den in Europa gefundenen Arten von *Pluteus salicinus* schwankt der Alkaloidgehalt stark und das Psilocin wurde anders als in Amerika nur in Spuren nachgewiesen. Obwohl es sich um dieselbe Pilzart handelt, variiert die exakte Zusammensetzung der Komponenten an verschiedenen Orten der Erde. Ebenso überraschend war es, dass bei der Untersuchung von nicht blauenden

Exemplaren, welche von J. Gartz 1986 durchgeführt wurde, eine höhere Konzentration an Psilocybin festgestellt wurde als bei den blauenden Artgenossen. Der Gehalt an Psilocybin entsprach dem von *Psilocybe semilanceata* und war in den Hüten höher konzentriert als in den Stielen. Neben den unterschiedlichen Anteilen der Alkaloide Psilocybin und Psilocin wurde Baeocystin und Harnstoff nachgewiesen (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.7). In der untenstehenden Tabelle (siehe Tabelle 3) sind die Anteile von Psilocybin, Baeocystin und Harnstoff aus 4 Proben der Dübener Heide, welche 1988 von J. Gartz untersucht wurden, in Prozent der Trockenmasse angegeben. Dabei wird die starke Schwankung der unterschiedlichen Anteile sichtbar.

**Tab. 3:** Gehalt an Psilocybin, Baeocystin und Harnstoff in Prozent der Trockenmasse von Proben der Pilzart *Pluteus salicinus* der Dübener Heide (vgl. Gartz 2018 : 65)

Probe	Psilocybin	Baeocystin	Harnstoff
1	0,70	0,05	1,10
2	0,35	0,04	0,71
3	0,26	0,03	0,31
4	0,28	0,06	0,05



**Abb. 11:** *Pluteus salicinus* (in Guthmann 2017 : 91)

#### 4.12 Gattung *Conocybe*

In Nordamerika und in Europa existieren ungefähr 55 Arten der Gattung *Conocybe*. Sie wird in die Familie der Mistlingsartigen, der sogenannten Bolbitiaceae, eingegliedert. Aufgrund ihrer vergleichsweise unauffälligen Gestalt und ihrer kurzlebigen Fruchtkörper bleiben sie häufig unentdeckt. Bevorzugt wachsen sie auf Holzresten sowie auf Dung. Eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Pilzarten dieser Gattung ist schwierig. Da sie eine vernachlässigbare Relevanz für psychoaktive Anwendungen darstellen, wird auf die Gattung *Conocybe* in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen (vgl. Gartz 2018 : 35 - 36).

#### 4.13 Gattung *Panaeolus*

Unbeabsichtigte Vergiftungen, welche auf Pilzarten der Gattung *Panaeolus* zurückzuführen sind, fanden an verschiedenen Gebieten dieser Erde, wie etwa in Europa, Australien und in Amerika statt und wurden dokumentiert. Die dabei beobachteten Vergiftungserscheinungen ähnelten jenen, die nach dem Verzehr von *Psilocybe semilanceata* auftraten. In Europa sind 15 Arten der Düngerlinge vertreten. Welche davon psilocybinbildend und daher psychotrop sind ist bis heute noch nicht lückenlos geklärt. Ebenso wie es bei Pilzarten der Gattung *Pluteus* der Fall ist, sind einige in Amerika vorkommende Arten nicht mit den gleichnamigen europäischen Arten ident (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.3).

Bereits die deutsche Bezeichnung „Düngerlinge“ der Gattung *Panaeolus* deutet darauf hin, dass die darin eingegliederten Pilzarten am besten auf stark gedüngten Weiden, am Kompost, direkt auf Dung sowie auf jenem Stroh, welches für die Kulturen von essbaren Pilzen verwendet wird, gedeihen. Aufgrund der komplexen Unterscheidung der Arten bestehen keine zuverlässigen Verbreitungskarten, obwohl eine Häufung einer Spezies an einem bestimmten Standort möglich ist. Die Färbung der Düngerlinge ist sehr variabel und reicht von einem dunklen Braun bis hin zu einem hellen Grau. Anders als für Arten der Gattung *Psilocybe* konnte bisher kein ritueller Gebrauch der Düngerlingsarten in den Gebieten in und um Mexiko nachgewiesen werden. Düngerlinge sind vom Früh-



jahr bis in den Herbst hinein anzutreffen und alle Pilzarten dieser Gattung beinhalten die organische Verbindung Harnstoff (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.3).

#### 4.14 Vertreter der Gattung *Panaeolus*

##### 4.14.1 *Panaeolus cyanescens* BERKELEY & BROOME - Blauverfärbender Düngerling

Auffällig für diese Art der Düngerlinge ist der schmale Hut sowie der außergewöhnlich lange und besonders dünne Stiel. Der Durchmesser des Pilzhutes beträgt 1,5 bis 3,5 cm. Der Hut des Pilzes ist fahl weiß bis gräulich gefärbt. Der Pilzstiel hat eine Länge zwischen 8,5 und 11,5 cm. Sowohl der Hut als auch der Stiel des Pilzes weisen bei Druckeinwirkung und Beschädigung eine Blaufärbung auf (siehe Abbildung 12). Die Pilzart kommt in den Tropen und in den Subtropen vor. Die Stärke der bewusstseinsweiternden Wirkung schwankt bei den gezüchteten Pilzen der europäischen Variante stark (vgl. Adelaars 2020 : 73 - 74).



Abb. 12: *Panaeolus cyanescens* (in Gartz 2020 : 130)

In älterer Literatur wird *Panaeolus cyanescens* zu der Gattung *Copelandia* gezählt, und als *Copelandia cyanescens* oder als *Copelandia papilionaceae* bezeichnet, womit jedoch immer weniger Mykologinnen und Mykologen konform sind (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.3). Diese Art bildet wie auch andere Düngerringarten Serotonin in den Fruchtkörpern, was ebenso gegen eine Einordnung in eine eigene Gattung spricht (vgl. Gartz 2018 : 45). Die untenstehende Tabelle (Tabelle 4) von Gartz macht die Variabilität der Alkaloide in *Panaeolus cyanescens* deutlich. Angegeben werden die jeweiligen Alkaloide als Prozent der Trockenmasse der Pilzart aus Hawaii.

**Tab. 4:** Gehalt an Psilocybin, Psilocin, Baeocystin und Serotonin in Prozent der Trockenmasse von Proben der Pilzart *Panaeolus cyanescens* aus Hawaii (vgl. Gartz 2018 : 66)

Probe	Psilocybin	Psilocin	Baeocystin	Serotonin
1	0,71	0,52	0,02	0,21
2	0,10	1,09	0,01	0,40
3	0,05	0,03	0,05	0,18
4	0,62	0,12	0,02	0,10
5	1,21	0,52	0,01	0,20
6	0,15	-	0,01	0,39

#### 4.14.2 *Panaeolus subbalteatus* (B. & Br.) SACC. – Dunkelrandiger Düngerling

Der Hut des Dunkelrandigen oder Gezonten Düngerlings, welcher einen Durchmesser von 2 bis 4 cm hat, besitzt eine lehmig braune Farbe und sein äußerer Rand ist dunkler gefärbt (siehe Abbildung 13). Die Lamellen des *Panaeolus subbalteatus* sind marmoriert und bekommen mit dem Alter eine dunkle, fast schwarze Farbe (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.3). Der Stiel des Pilzes ist



zwischen 6 und 9 cm lang und zwischen 3 und 5 mm breit. Diese Pilzart ist weltweit anzutreffen (vgl. Adelaars 2020 : 80).



**Abb. 13** *Panaeolus subbalteatus* (in Gartz 2018 : 44)

Wie es für Düngerlinge im Allgemeinen der Fall ist, ändert auch *Panaeolus subbalteatus* abhängig vom eigenen Wassergehalt schnell seine Farbe. Färbungen von rötlich oder weißlich bis hin zu einem dunklen Braun sind möglich. Diese sogenannte Hygrophanität erschwert die Differenzierung der Arten innerhalb der Gattung der Düngerlinge (vgl. Gartz 2018 : 43 - 44). Während sich tropische Arten des Dunkelrandigen Düngerlings bei Druckeinwirkungen oder Verletzungen stark blau verfärben, blauen in Europa vorkommende, psilocybinbildende Arten selten unter denselben Umständen. Im Durchschnitt färbt sich einer von hundert europäischen Pilzen nach Druckeinwirkung blau. Auch mit zunehmendem Alter entwickeln Pilze dieser Art in den wenigsten Fällen blaue Flecken. Diese Eigenschaft lässt auch eine Abgrenzung von dem europäischen *Panaeolus subbalteatus* zu den Pilzarten der Gattung *Psilocybe* zu (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.3). Die durch den Dunkelrandigen Düngerling in der Vergangenheit stattgefundenen Vergiftungen sind auf Verwechslungen mit den natürlich wachsenden, essbaren Pilzen zurückzuführen (vgl. Adelaars 2020 : 81).

Im Dunkelrandigen Düngerling lässt sich kaum Psilocybin nachweisen und die psychedelische Wirkung ist stark schwankend. Diese Pilzart enthält kein Psilocin (vgl. Adelaars 2020 : 81).

#### 4.15 Gattung *Gymnopilus*

Die Pilzarten der Gattung *Gymnopilus*, im Deutschen als Flämmlinge bezeichnet, kommen in Nordamerika mit 73 Arten deutlich häufiger vor als in Europa, wo bisher 15 Arten nachgewiesen wurden. Ein großer Teil der Pilzarten enthält starke Bitterstoffe, weshalb sie als Speisepilze ungeeignet sind und demnach auch seltener zu unbeabsichtigten Vergiftungen führen. Diese Pilzgattung zählt zur Familie der Cortinariaceae, der Schleierlingsarten (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.5).

#### 4.16 Vertreter der Gattung *Gymnopilus*

##### 4.16.1 *Gymnopilus purpuratus* (Cooke & Masee) Sing. – Rotschuppiger Flämmling

Der früher als *Flammula purpurata* in der Literatur bezeichnete Pilz war in Südamerika und in Australien heimisch. Dort bildete die Pilzart im Mai ihre Fruchtkörper auf toten Baumstämmen aus. Im Jahr 1983 fand man an der Ostsee in Mecklenburg-Vorpommern einen andersartigen Pilz welcher anfangs fälschlicherweise als *Tricholomopsis rutilans* bestimmt wurde. Bei näherer Untersuchung konnte herausgefunden werden, dass es sich um die ein weiteres Mal nach Europa eingeschleppte Pilzart *Gymnopilus purpuratus* handelte. Das von der Art benötigte Klima wurde zufällig erreicht. Bei dem Faserplattenwerk in Deutschland wurden die Holzabfälle geschichtet gelagert und mit Schweinedung übergossen, um eine Kompostierung beider Bestandteile zu erzielen. Dabei wurden im Inneren Temperaturen von ungefähr 80 Grad Celsius erreicht, was der wärmeliebenden Pilzart *Gymnopilus purpuratus* das Ausbilden von Fruchtkörpern ermöglichte. Auch einige andere exotische Flämmlingsarten, beispielsweise aus dem Vietnam, konnten in diesem speziellen Kleinklima fruktifizieren. Die widerstandsfähigen Sporen gelangten mit hoher Wahrscheinlichkeit

über das importierte Futter und den Verdauungstrakt der Schweine in den Dung, welcher für den Kompostierungsprozess im Faserplattenwerk eingesetzt wurde (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.5). Die Pilzart *Gymnopilus purpuratus* ist ebenso wie Pilzarten der Gattung *Psilocybe* ein Primärzersetzer auf Holz und Holzresten sowie auf Kompost (vgl. Gartz 2018 : 41). Nachdem das Kompostierverfahren der Faserplattenfirma umgestellt wurde und man die Firma schließlich gänzlich schloss, konnten vorerst keine Pilze der wärmeliebenden Art *Gymnopilus purpuratus* in Europa gefunden werden (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.5). Laut J. Gartz wurde die Art jedoch seit dem Jahr 2012 auf den Kanarischen Inseln mehrere Male wiederentdeckt (vgl. Gartz 2018 : 41).

Pilze der Art *Gymnopilus purpuratus*, welche als einzelne Individuen oder in Gruppen mit einer Größe von bis zu 22 Einzelpilzen anzutreffen sind, besitzen einen 15 bis 42 mm breiten Hut, wobei auch vereinzelt einige besonders große Individuen zu finden sind, welche einen Hutdurchmesser von bis zu 20 cm haben. Der Pilzhut, dessen Oberfläche gelb erscheint, ist gleichmäßig mit spitzen Schuppen bedeckt, welche purpurrot bis weinrot gefärbt sind, was die Namensgebung des Pilzes erklärt. Vereinzelt befinden sich blaue Flecken am Hut. Die ganzrandigen Lamellen von *Gymnopilus purpuratus* sind dicht angeordnet und weisen eine leichte Ausbuchtung auf. Die Farbe der Lamellen von jungen Pilzen ist gold-gelblich und erscheint mit zunehmender Reifung der Sporen orange-rostbraun. Der zylindrische bis leicht keulenförmige Pilzstiel besitzt keinen Hohlraum und hat eine Breite von 6 bis 10 mm. Durchschnittlich besitzt der Rotschuppige Flämmling einen 3 bis 8 cm langen Stiel, welcher in seltenen Fällen bis zu 15 cm Länge erreichen kann. Der Stiel ist mit groben Fasern durchzogen und hat eine mittelbraune Farbe. Bei Druckeinwirkung und bei alternden Pilzen kommt es zu einer bläulichen Verfärbung des Fruchtkörpers. Die gelbliche Cortina, welche sich vom Hutrand bis zum Pilzstiel erstreckt, ist nur bei jüngeren Pilzen stark ausgeprägt und bildet sich mit der Zeit zurück (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.5).

Analysen zufolge enthält *Gymnopilus purpuratus* unter den europäischen Flämmlingsarten am meisten Psilocin (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.5).

#### 4.17 Gattung *Inocybe*

Die im Deutschen als Risspilze bezeichnete Gattung *Inocybe* umfasst ungefähr 160 in Europa vorkommende Arten. Die einzelnen Arten sind sehr schwer voneinander zu unterscheiden, weshalb sie die amerikanische Literatur in die übergeordnete Gruppe der „little brown mushrooms“, kurz „LBMs“ einordnet. Zu den „kleinen braunen Pilzen“ gehören auch die Spezies der Gattungen *Panaeolus* und *Psilocybe*. Bei Pilzen der Gattung *Inocybe* ist für die Fruchtkörperausbildung im Gegensatz zu anderen psilocybinbildenden Arten eine Symbiose mit dem Holz bestimmter Baumarten notwendig. Sie werden als Mykorrhizapilze bezeichnet. Die Fruktifikation findet in dem Zeitraum statt, in dem die Bäume, welche als Symbiose-Partner dienen, die am größten ausgeprägte biochemische Aktivität aufweisen (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.4).

#### 4.18 Vertreter der Gattung *Inocybe*

##### 4.18.1 *Inocybe aeruginascens* BABOS. – Grünlich verfärbender Risspilz

Diese Pilzart aus der Gattung *Inocybe* wurde in Ungarn entdeckt und 1968 erstmals beschrieben. Sie breitete sich dort rasch aus und war in beträchtlicher Zahl anzutreffen. Später fand man heraus, dass diese Pilzart schon kurz vor dem Jahr 1968 in Deutschland entdeckt, aber für eine andere Art gehalten wurde. Da *Inocybe aeruginascens* sowohl in Deutschland als auch in Ungarn zur fast selben Zeit nachgewiesen wurde, ist es nicht möglich, eine Ausbreitungsrichtung zu bestimmen (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.4).

*Inocybe aeruginascens* bildet seine Fruchtkörper als einzelne Individuen oder als Gruppe auf den sandigen Böden der ungarischen Pappelwälder, auf den Sandböden von Mischwäldern, in welchen auch Pappeln vorkommen und auf Wiesen, die sich in der Nähe von Pappelwäldern befinden, aus. Es ist die am häufigsten anzutreffende Pilzart im Bereich um die Landeshauptstadt Budapest. Mittlerweile ist *Inocybe aeruginascens* auch an den Wurzeln unterschiedlicher Laubbäume sowie zwischen Pflastersteinen am Straßenrand und in Gärten anzutreffen. Bei idealen Klimabedingungen, welche über einen längeren Zeitraum

andauernde Regenfälle beinhalten, ist die Art standortgebunden, da der sandige Boden dadurch längerfristig feucht gehalten werden kann. *Inocybe aeruginascens* ist unter diesen Bedingungen jedes Jahr von Anfang Mai bis in den Herbst an den gleichen Orten zu finden. 1987 war das Jahr, in dem am meisten Pilze dieser Art auf Grund des idealen feuchten Klimas gewachsen sind. Da es häufig zu Vergiftungen durch diese Pilzart kommt, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Pilze inzwischen stark ausgebreitet haben. Eine Verwechslung dieser Art mit muscarinbildenden, gefährlichen Arten der gleichen Gattung ist am wahrscheinlichsten. Die Menge an Psilocybin, welche in Pilzen dieser Art nachgewiesen werden kann, ist annähernd konstant und es kommt auch bei längerer Lagerung der Pilze zu einer nur sehr langsamen Abnahme des Psilocybingehalts. Psilocin ist dabei maximal in Spuren nachweisbar. Die Menge des Alkaloids Baeocystin ist im Vergleich zu anderen psilocybinhaltigen Pilzen relativ hoch und entspricht dabei annähernd der vorhandenen Menge an Psilocybin. Eine Substanz, welche charakteristisch für Pilze dieser Art ist, ist das von J. Gartz benannte Alkaloid Aeruginascin, welches in Lösungsmitteln wie beispielsweise Wasser, Essigsäure oder Methylalkohol löslich ist. Dieses Alkaloid ist mengenmäßig in gleichem Ausmaß wie Psilocybin und Baeocystin vorhanden und kommt in keiner anderen psychoaktiven Pilzart vor (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.4). Jochen Gartz untersuchte die Alkaloide in Pilzen der Art *Inocybe aeruginascens* und dokumentierte seine Ergebnisse (siehe Tabelle 5).

**Tab. 5:** Gehalt an Psilocybin, Baeocystin und Aeruginascin in Prozent der Trockenmasse von Proben der Pilzart *Inocybe aeruginascens* (vgl. Gartz 2018 : 67)

Probe	(g)	Psilocybin	Baeocystin	Aeruginascin
1	0,110	0,40	0,15	0,21
2	0,188	0,26	0,24	0,18
3	0,220	0,23	0,22	0,17
4	0,221	0,50	0,25	0,31
5	0,228	0,16	0,20	0,11

Tabelle 5 zeigt die Prozente der Trockenmasse von Psilocybin, Baeocystin und Aeruginascin aus fünf untersuchten Proben. In wie weit Aeruginascin die psychotrope Wirkung der Pilze beeinflusst, konnte bisher noch nicht geklärt werden (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.4).

Der Pilzhut, welcher eine mittelbraune Farbe hat, ist 2 bis 3 cm breit. Junge Pilze haben einen stumpfkegeligen Hut, während dieser sich mit dem Alter immer weiter ausbreitet. Der Rand ist häufig eingebogen und der Buckel des Pilzes besitzt eine meist dunklere Färbung, welche in das Olivgrünliche bis Blaugrünliche reichen kann. Die Basis des Stiels ist leicht knollenförmig (siehe Abbildung 14). Die im jungen Alter der Pilze hell gefärbten Lamellen nehmen mit zunehmendem Alter eine dunklere Farbe an. Die Länge des Pilzstiels liegt zwischen 3 und 4,5 cm. Der Stiel hat einen Durchmesser von 2 bis 5 mm, wobei sich dieser nach oben hin leicht vergrößert. Nach der Durchführung eines Längsschnitts verfärbt sich dieser Bereich bläulich grün (vgl. Gartz 2013 : Kapitel 2.4).



**Abb. 14:** *Inocybe aeruginascens* (in Guthmann 2017 : 97)

## 5. Pilze mit Ibotensäure

Zu den Pilzen, welche Ibotensäure enthalten, zählen einige Arten der Gattung *Amanita*, wie beispielsweise *Amanita muscaria*, *Amanita regalis* und *Amanita pantherina* (vgl. Guthmann 2017 : 59 - 62). Auf diese drei Spezies wird im folgenden Teil der Arbeit genauer eingegangen. Eine weitere Gattung, welche nach momentanem Wissensstand mit hoher Wahrscheinlichkeit zu dieser Gruppe der psychoaktiven Pilze gehört, ist *Boletus* (vgl. Prentner 2010 : 258).

### 5.1 Wirkstoffe und chemische Struktur von Muscimol und Ibotensäure

Früher wurde angenommen, dass ausschließlich das Pilzgift Muscarin für die psychoaktiven Effekte, welche anschließend an den Konsum von beispielsweise *Amanita muscaria* auftreten, verantwortlich ist. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass das 1964 entdeckte Alkaloid Muscimol, welches gemeinsam mit Muscarin, Muscazon und Ibotensäure unter anderem in Pilzen der Gattung *Amanita* vorkommt, der hauptsächliche Auslöser für die psychedelische Wirkung nach der Einnahme dieser Pilze ist. Auch das Alkaloid Muscazon und die Ibotensäure haben einen Einfluss auf die Gesamtwirkung (vgl. Trachsel 2016 : 339 - 340). Muscimol scheint kein ursprünglicher Bestandteil in Pilzen der Gattung *Amanita* zu sein. Das Alkaloid entsteht erst durch den Zerfall der vor der Verstoffwechslung wenig aktiven Ibotensäure. Eine Induktion dieser Decarboxylierung kann durch Wärmezufuhr sowie durch Entwässerung in Gang gesetzt werden. Das geschmacklich neutrale Muscimol zeigt eine gute Löslichkeit in Wasser und weist eine bessere Verträglichkeit als Ibotensäure auf. Für 50 Prozent der Labormäuse ist eine Menge von 3,8 mg pro Kilogramm Körpergewicht tödlich (vgl. Trachsel 2016 : 345 - 346).

Ibotensäure, welche auch als Prämuscimol bezeichnet wird, hat bei 151 bis 152 Grad Celsius ihren Schmelzpunkt und ist kaum in Wasser löslich. In Reinform bildet Ibotensäure farblose Kristalle aus. Beim Verabreichen von 32 mg Ibotensäure pro Kilogramm Körpergewicht an Labormäuse kommt es zu einer Sterblichkeit von 50 Prozent (vgl. Trachsel 2016 : 346).

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die chemischen Strukturformeln von Ibotensäure (Abbildung 15) und Muscimol (Abbildung 16).

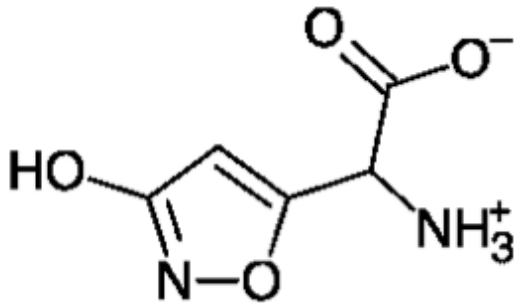


Abb. 15: Strukturformel von Ibotensäure

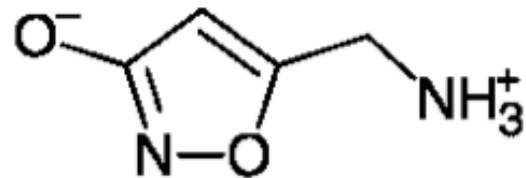


Abb. 16: Strukturformel von Muscimol

## 5.2 Körperliche und psychische Wirkung am Beispiel *Amanita muscaria*

Abhängig von der konsumierenden Person und der eingenommenen Menge variiert die Wirkung von *Amanita muscaria* stark. Bei der Einnahme einer geringen Dosis kommt es zu einem Müdigkeitsgefühl, während die Einnahme einer höheren Dosis eine Stimmungsaufhellung sowie eine gesteigerte Leistungsfähigkeit und eine veränderte visuelle und gustatorische Wahrnehmung bedingt. Das vorhandene Pilzgift Muscarin, welches bei der psychedelischen Wirkung eine untergeordnete Rolle spielt, wird vom Körper schlecht aufgenommen und löst daher nur Nebeneffekte wie beispielsweise Übelkeit und starkes Schwitzen aus (vgl. Köhler 2000 : 175).

Der Fliegenpilzrausch lässt sich in drei Phasen unterteilen. In Phase 1 treten ausschließlich körperliche Symptome auf. Häufig kommt es dabei zur bereits erwähnten Übelkeit bei der konsumierenden Person. In seltenen Fällen erbricht die Konsumentin oder der Konsument. In der zweiten Phase überwiegt der betäubende Effekt und in der dritten Phase treten scheinbare Halluzinationen auf. Zusätzlich zur konsumierenden Person und der Dosis haben auch die Umgebung und die Qualität der Pilze Einfluss auf die Ausprägung der unterschiedlichen Phasen. Der stärkste Fliegenpilzrausch wird meist mit Pilzen erreicht, welche im August geerntet werden, da die Temperatur und die Sonneneinstrahlung



einen großen Einfluss auf die Wirkung haben. Demnach bringen Pilze, welche später geerntet werden eher betäubende Effekte und körperliche Veränderungen mit sich, während in der Vorsaison geerntete Pilze aufgrund der veränderten Verteilung der Wirkstoffe den stärksten psychedelischen Effekt aufweisen (vgl. Trachsel 2016 : 341).

Dreißig Minuten nach dem Konsum von Fliegenpilzen tritt in der Regel ein Benommenheitsgefühl in Begleitung von visuellen Wahrnehmungsveränderungen auf, welches bei der Konsumierung von hohen Dosen einen Dämmer Schlaf auslösen kann. Berichten zufolge „reisen“ die Konsumentinnen und Konsumenten häufig in eine „Zwergenwelt“. Die Einschätzung von Größen und Entfernungen kann ebenso stark beeinträchtigt sein (vgl. Trachsel 2016 : 341).

Werden 7,5 bis 10 mg reines Muscimol aufgenommen, treten von Person zu Person unterschiedliche Effekte auf, welche von Euphorie bis Dysphorie hin zu einer veränderten Zeitwahrnehmung und unkontrollierten Bewegungen sowie Muskelzuckungen reichen können. Die vom Fliegenpilzrausch bekannten psychedelischen Effekte treten dabei nur zu einem Teil auf. Der gleichzeitige Konsum von Alkohol verstärkt die von dem Alkaloid Muscimol ausgelösten Erscheinungen. Dosierungen von 4 bis 10 mg rufen eine tiefe Verbundenheit mit der Umwelt, eine blühende Fantasie und ein Gefühl von Empathie hervor. Die psychedelische Wirkung tritt dabei langsam ein und klingt ebenso problemlos wieder ab. Für den klassischen Rausch durch Fliegenpilze scheinen einige andere Inhaltsstoffe des Pilzes neben Muscimol ihren Beitrag zu leisten (vgl. Trachsel 2016 : 342 - 343). König-Bersin et al. (1970) haben beobachtet, dass das Alkaloid Muscimol sowie die Ibotensäure in der Lage sind, die Mengen an Serotonin im Gehirn von männlichen Albino-Mäusen und von Ratten zu erhöhen. Muscimol führt zu einer Dopamin-Reduktion und Ibotensäure induziert einen Anstieg von Dopamin (vgl. König-Bersin et al. 1970).

Die typischen Vergiftungserscheinungen durch den Konsum von Fliegenpilzen sind erweiterte Pupillen, Mundtrockenheit und ein anhaltend beschleunigter Puls. In etwa 60 Minuten nachdem die Pilze konsumiert wurden, sind Ibotensäure und unabgebautes Muscimol im Urin nachzuweisen (vgl. Trachsel 2016 : 345). Weitere, konträre Symptome, die auf den Fliegenpilzkonsum folgen, kön-

nen Vergiftungserscheinungen wie beispielsweise eine Verkleinerung der Pupillen, eine Verlangsamung des Pulses oder eine Vermehrung des Speichelflusses sein. Die Vergiftungserscheinungen, welche vorwiegend durch die im Pilz enthaltene Ibotensäure hervorgerufen werden, bezeichnet man als Pantherina-, Ibotensäure- oder Fliegenpilz-Syndrom (vgl. Guthmann 2017 : 62).

Es kommt häufig zu Vergiftungen durch den Roten Fliegenpilz wobei das Konsumieren in den seltensten Fällen unbeabsichtigt ist, da man ihn aufgrund seiner auffälligen Erscheinung leicht erkennen kann (vgl. Guthmann 2017 : 62). Kommt es trotzdem zu einer ungewollten Einnahme des Fliegenpilzes, werden die eigenen veränderten Empfindungen als Bedrohung wahrgenommen und es tritt häufig ein vorherrschendes Angstgefühl auf (vgl. Guthmann 2017 : 63).

### **5.3 Anwendbarkeit in der Medizin von *Amanita muscaria***

Bis heute findet *Amanita muscaria* Anwendung im medizinischen Bereich. In Sibirien beispielsweise wird er gegen Rheuma, Drüsenerkrankungen sowie gegen unterschiedliche Krebserkrankungen eingesetzt. Ebenso soll die Verabreichung der alkoholischen Lösung in der die Pilze eingelegt wurden eine Behandlung des Pfeifferschen Drüsenfiebers ermöglichen. Dabei zeigt eine geringe Dosierung keine der bekannten bewusstseinsverändernden Effekte sondern wirkt lediglich stimmungsaufhellend. In Litauen wendet man *Amanita muscaria* äußerlich bei Rücken- sowie bei Gelenkschmerzen an (vgl. Guthmann 2017 : 59).

Für die Behandlungen werden frische Fliegenpilze, alkoholische Auszüge sowie Pilze in Pulverform verwendet. Pulverisierte Pilze werden beispielsweise in Russland eingesetzt, um schlechte Wundheilung positiv zu beeinflussen (vgl. Guthmann 2017 : 60).

*Amanita muscaria* wird noch heute in der Homöopathie eingesetzt und trägt beispielsweise dazu bei, Wechselbeschwerden sowie Krämpfe der Blase und des Darms zu mindern. Auch eine Behandlung der Symptome bei der Parkinson-Krankheit soll durch die Verwendung der Wirkstoffe des Fliegenpilzes als

homöopathische Potenz ermöglicht werden (vgl. Guthmann 2017 : 59). Der Fliegenpilz ist auch Teil der rituellen Medizin (vgl. Alberts & Mullen 2011 : 252).

## 5.4 Gefahren

Die Inhaltsstoffe, welche in *Amanita muscaria* vorkommen, stören das Wechselspiel der Botenstoffe im Gehirn (vgl. Guthmann 2017 : 61). Wird der Pilz überdosiert eingenommen, kann eine medizinische Intervention notwendig sein. Es werden Maßnahmen getroffen, welche eine weitere Resorption verhindern und die Entfernung der Stoffe aus dem Körper beschleunigen. Ebenso kann es hilfreich sein, Funktionen des zentralen Nervensystems der Patientinnen und Patienten, welche an den Folgen der Überdosierung leiden, mithilfe von Beruhigungsmitteln zu dämpfen (vgl. Trachsel 2016 : 341). In den meisten Fällen sind die Symptome nach ungefähr 10 bis 15 Stunden ohne Behandlung abgeklungen. Eine schwere Pilzvergiftung kann einen bis zu 24 Stunden andauernden Bewusstlosigkeitszustand auslösen und macht einen medizinischen Eingriff notwendig, da ansonsten ein tödlicher Ausgang der Vergiftung nicht auszuschließen ist (vgl. Guthmann 2017 : 63).

Es ist legal Fliegenpilze zu sammeln und zu konsumieren (vgl. Guthmann 2017 : 59). Das heißt, dass weder die Ibotensäure noch das Muscimol im deutschen oder österreichischen Betäubungsmittelgesetz verankert sind. Eine orale Anwendung von *Amanita muscaria* bringt jedoch aufgrund seines variablen Wirkstoffgehalts Gefahren mit sich (vgl. Guthmann 2017 : 60).

## 5.5 Gattung *Amanita*

### 5.5.1 *Amanita muscaria* (L. ex Fr.) Hooker. – Roter Fliegenpilz

Der Fliegenpilz, welcher unter anderem auch unter dem Namen *Agaricus muscarius* oder *Amanita formosa* vorkommt, gehört zur Familie der Knollenblätterpilze, der Amanitaceae. Umgangssprachlich wird er im deutschsprachigen Raum beispielsweise „Krötenstuhl“ oder „Fliegenteufel“ genannt (vgl. Alberts & Mullen 2011 : 252). Früher nannte man den jungen Fliegenpilz, welcher eine

eiförmige Gestalt hat (siehe Abbildung 17) „Hexenei“ oder „Teufelsei“ (vgl. Prentner 2010 : 260). *Amanita muscaria* wird unbegründeterweise für sehr giftig gehalten. Dieser enthält nur sehr geringe Mengen an Muscarin, in etwa 0,0002 Prozent der gesamten Frischmasse. Aufgrund der geringen Konzentration des Pilzgiftes hat dieses keine nennenswerte Bedeutung (vgl. Guthmann 2017 : 59).

Ibotensäure ist in *Amanita muscaria* mit < 0,01 bis 2,85 g / kg vertreten. Die Menge an Muscimol beträgt < 0,46 bis 1,05 g / kg, wobei diese Werte von Pilz zu Pilz unterschiedlich sein können und die Konzentration des Muscimols und der Ibotensäure im Fleisch höher ist als in der Haut der Pilzhüte. Die Stiele der Pilze weisen generell geringere Konzentrationen dieser beiden Inhaltsstoffe auf (vgl. Tsujikawa et al. 2006). Wird der Fliegenpilz getrocknet, gekocht oder für längere Zeit gelagert, dann entsteht ebenso wie nach der Einnahme im Körper aus der inaktiven Ibotensäure das psychotrope Alkaloid Muscimol und das wenig aktive Muscazon (vgl. Guthmann 2017 : 60). Voraussetzung dafür, dass das Muscimol und die Ibotensäure auf das Gehirn wirken können, ist es, dass sie wie in *Kapitel 3. 1. 2* die Fähigkeit besitzen, die Blut-Hirn-Schranke zu passieren.

Es wird davon ausgegangen, dass die Verwendung des Fliegenpilzes bis in die Steinzeit zurückreicht. Die Pilzart kommt in schamanischen Ritualen und in Heilzeremonien zum Einsatz. Dabei werden die Pilze entweder im frischen Zustand konsumiert, als Extrakt in Kombination mit einer anderen Flüssigkeit wie Wasser oder Rentiermilch verdünnt getrunken oder es wird die getrocknete Pilzhaut geraucht. Frische Pilze werden beispielsweise in Russland mit Alkohol übergossen (vgl. Alberts & Mullen 2011 : 252). Vor allem Menschen in Europa und in Asien verwenden *Amanita muscaria* seit Tausenden von Jahren um bewusstseinsveränderte Zustände zu erreichen. Der Rote Fliegenpilz ist damit mit hoher Wahrscheinlichkeit der älteste, im Schamanismus verwendete Pilz auf diesen beiden Erdteilen (vgl. Prentner 2010 : 260).

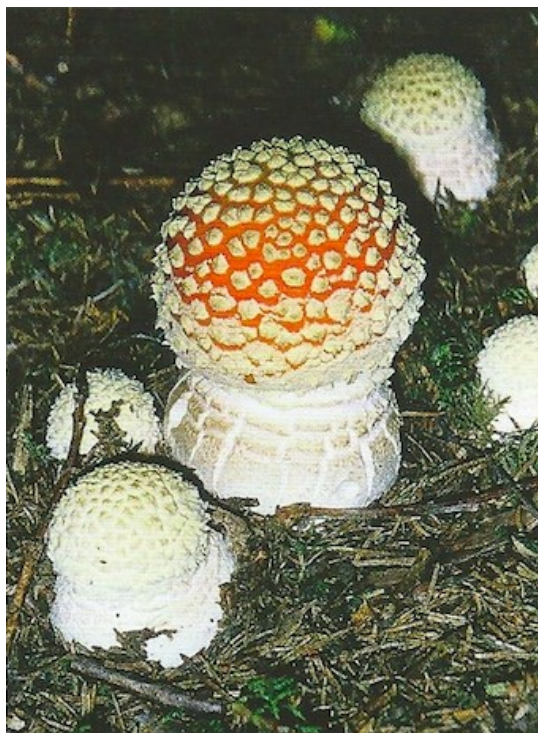
Werden getrocknete Häute der Pilzhüte oder auch getrocknete Fruchtkörper geraucht, tritt durch das Inhalieren der verdampften Wirkstoffe ein schneller bewusstseinsveränderter Zustand ein und es wird eine geringere Menge der wirksamen Substanzen benötigt. Ein rascher Wirkungseintritt wird auch durch

die Vermischung und das Rauchen von getrockneten Teilen des Fliegenpilzes mit Nachtschattengewächsen, Hanf oder Tabak erreicht. Diese Kräuter wirken zum Teil ebenso auf das zentrale Nervensystem. In der Regel werden ungefähr drei getrocknete Pilzkörper oral konsumiert, um einen Fliegenpilzrausch zu erreichen (vgl. Guthmann 2017 : 61). Bei Ibotensäure beträgt die verabreichte Menge, bei der 50 Prozent der Labormäuse sterben 38 mg pro Kilogramm Körpergewicht (vgl. Guthmann 2017 : 62).

Fliegenpilze bilden eine Symbiose mit vielen Nadel- sowie Laubbäumen und werden als Mykorrhizapilze bezeichnet. Sie bevorzugen neutrale bis saure Standorte und sind in Parks, im Wald sowie an Weg- und Waldrändern zu finden (vgl. Guthmann 2017 : 67). Am häufigsten gehen sie eine Symbiose mit der Birke und der Kiefer ein (vgl. Prentner 2010 : 260). Es ist möglich, Individuen von *Amanita muscaria* als Ring angeordnet vorzufinden. Diese Formation wird als „Hexenring“ bezeichnet und kommt durch das in alle Richtungen gleichmäßig schnelle Wachstum des Myzels zustande. Es ist auch möglich, dass die Pilze dem Wurzelgeflecht ihrer Symbiose-Partner folgen und daher scheinbar wie aufgefädelt nebeneinander wachsen (vgl. Guthmann 2017 : 67). Der Fliegenpilz ist auf allen Kontinenten vertreten (vgl. Alberts & Mullen 2011 : 252).

Das intensive Rot des Fliegenpilzhutes kommt von unterschiedlichen Betalainen wie zum Beispiel von den orange-gelben Muscaaurinen, den gelben Muscaflavinen und den rot-violetten Muscapurpurinen. Diese sogenannten Betalaine sind auch im Bereich der Blütenpflanzen häufig zu finden (vgl. Guthmann 2017 : 62). Junge Pilzhüte haben eine kräftig rot-orange Farbe, welche mit zunehmendem Alter des Pilzes eher orange-gelb gefärbt sind (vgl. Prentner 2010 : 261). Der Durchmesser des Hutes von *Amanita muscaria* beträgt 5 bis 15 cm und kann in Ausnahmefällen bis zu 20 cm erreichen. Die als Velum bezeichnete weiße Eihülle umgibt den jungen kugelförmigen Pilzhut. Mit fortschreitendem Alter nimmt die Hutform eine halbkugelige Gestalt an (siehe Abbildung 17) und ist anschließend flach bis konvex geformt. Die charakteristischen weißen Akzente auf dem Hut des Roten Fliegenpilzes stammen daher vom zerrissenen Velum. Um einschätzen zu können, ob es sich um einen jüngeren oder älteren Pilz handelt, kann man die Abstände der Velum-Reste be-

trachten. Sind diese nahe zusammen, so handelt es sich um einen eher jüngeren Pilz. Im Gegensatz dazu sprechen Velum-Reste, welche vergleichsweise weit auseinander sind, für ein vorangeschrittenes Alter von *Amanita muscaria*. Es herrscht kein Zusammenhang zwischen der Größe der Fruchtkörper und dem Alter der Pilze. Unter der roten, abziehbaren Pilzhaut befindet sich eine safrangelbe Hutfleischschicht (vgl. Bauer 2014 : 14). Am Hutrand können Rillen sichtbar sein. Die Ränder der dicht aneinander liegenden, ansonsten weißen Lamellen haben einen cremefarbenen Ton (vgl. Prentner 2010 : 261). Die einzelnen Lamellen haben glatte Seitenflächen, einen leicht gezackten Rand und keine direkte Verbindung zum vollfleischigen Pilzstiel, welcher eine weiße Farbe hat, eine Länge von bis zu 25 cm erreichen kann und einen runden Querschnitt mit bis zu 3 cm Durchmesser aufweist. Seine Struktur ist schwammartig bis faserig zu beschreiben (vgl. Bauer 2014 : 14). Auf der Knolle am unteren Ende des Pilzstiels befinden sich noch Reste des Velums. Ein nach außen hin gezahnter, glänzend weiß gefärbter Ring mit gelblichen Flecken ist im oberen Drittel des Pilzstiels zu finden (vgl. Prentner 2010 : 261; Bauer 2014 : 14). Das Myzelium von *Amanita muscaria* hat eine weiße Farbe (vgl. Rätsch 1998 : 633).



**Abb. 17:** *Amanita muscaria* unterschiedlichen Alters (in Bauer 2014 : 13; Foto: Martin Hanslmaier)

Der Geschmack des Fleisches von *Amanita muscaria* ähnelt dem einer Kartoffel (vgl. Prenter 2010 : 261). Dieser kann jedoch auch stark variieren und von einem süßlichen bis hin zu einem sehr unangenehm bitteren Geschmack reichen. Es wird ein Zusammenhang zwischen der bewusstseinsverändernden Wirkung und dem Geschmack der Pilze vermutet (vgl. Bauer 2014 : 15).

Trotz seiner auffälligen Gestalt wird der Rote Fliegenpilz in seltenen Fällen mit anderen Pilzarten verwechselt. Am ehesten kommt es zu einer Verwechslung mit *Amanita regalis* (Kapitel 5.5.3), dem sogenannten Königs-Fliegenpilz. Ebenso kann eine Verwechslung mit dem Pantherpilz, *Amanita pantherina* (Kapitel 5.5.2), sowie mit dem Kaiserling, *Amanita caesarea*, stattfinden (vgl. Rätsch 1998 : 633). *Amanita caesarea* besitzt jedoch im Gegensatz zum Roten Fliegenpilz einen gelben Pilzstiel sowie gelbe Lamellen. Die Fruchtkörper von *Amanita muscaria* im jungen, eiförmigen und noch nicht rot-gefärbten Zustand sind den Stäublingen, genauer *Lycoperdon perlatum*, ähnlich. Durch das Betrachten der Querschnitte können die beiden Arten jedoch deutlich voneinander unterschieden werden, da beim Roten Fliegenpilz auch im eiförmigen Zustand bereits eine rötliche Linie unterhalb des Velums sichtbar ist (vgl. Bauer 2014 : 15).

Zwischen August und Anfang November bildet der Rote Fliegenpilz in Mitteleuropa seine Fruchtkörper aus, während er in Nordamerika häufig im Oktober fruktifiziert (vgl. Rätsch 1998 : 633).

### 5.5.2 *Amanita pantherina* (D.C. ex Fr.) Secr. – Pantherpilz

Der Pilzhut von *Amanita pantherina* hat einen Durchmesser von 5 – 10 cm und ist damit durchschnittlich etwas kleiner als der Hut des Roten Fliegenpilzes. Der Hutrand ist unabhängig von dem Alter des Pilzes stark gefurcht. Die Hüte des Pantherpilzes sind olivgrün bis braunschwarz gefärbt (siehe Abbildung 18). Ebenso wie *Amanita muscaria* besitzt *Amanita pantherina* die charakteristische Schuppung, welche durch die Velum-Reste am Hut zustande kommt. Die Pilzhaut zwischen den Velum-Resten glänzt und ist glatt. Die Färbung unter der abziehbaren Huthaut kann entweder weiß oder bräunlich fleckig sein. Der Rest



des Pilzfleisches hat eine weiße Farbe. Der gesamte Pilzkörper von *Amanita pantherina* ist weich und schwammig. Im Gegensatz zu *Amanita muscaria* weisen die Lamellen eine schwach olivgrüne Färbung auf (vgl. Bauer 2014 : 16). Es kommt vor, dass die Velum-Reste durch Regenfälle teilweise abgeschwemmt werden oder sogar gänzlich fehlen. Im Vergleich zum trockenen Zustand wird die Oberfläche der Huthaut aufgrund von ausreichend Feuchtigkeit eher schmierig. Die Stiele von *Amanita pantherina* haben eine Länge von durchschnittlich 12 cm und ihr Durchmesser verkleinert sich leicht in Richtung Stielspitze (siehe Abbildung 18). Die Stieloberfläche besitzt kleine, dezent erscheinende Fasern sowie gelegentlich auch feine Schuppen. Die Knolle des Pantherpilzes ist im Vergleich zu der des Roten Fliegenpilzes unauffällig und klein (vgl. Guthmann 2017 : 67). Am oberen Teil des Pilzstiels befindet sich ein nach unten hängender, glatter Ring, welcher einen ausgefransten Rand besitzt. Dieser Ring ist ebenso in Abbildung 18 zu sehen, wobei der Ring des rechten Pilzes bereits nach unten hin abgerutscht ist und sich damit nicht mehr an der oberen Hälfte des Stiels befindet (vgl. Bauer 2014 : 16).



**Abb. 18:** *Amanita pantherina* unterschiedlichen Alters (in Guthmann 2017 : 68)

Der Geruch des Pantherpilzes erinnert leicht an Rettich und er hat einen mild-süßlichen Geschmack (vgl. Guthmann 2017 : 68).



*Amanita pantherina* besiedelt am häufigsten saure Böden und seine Symbiose-Partner sind Nadel- sowie Laubbäume (vgl. Guthmann 2017 : 68). Im Vergleich zum Roten Fliegenpilz kommt er auch auf basischen sowie sandigen Böden vor und er bevorzugt keine bestimmten Baumarten als Symbiose-Partner (vgl. Bauer 2014 : 18). Obwohl er vermehrt in Wäldern anzutreffen ist, findet man ihn auch an den Rändern von Wegen und Wäldern vor (vgl. Guthmann 2017 : 68). *Amanita pantherina* ist in den Laub- sowie Nadelwäldern von Europa und Nordamerika heimisch (vgl. Bauer 2014 : 18).

Der Pantherpilz bildet in Europa zwischen Juli und Oktober seine Fruchtkörper aus. In Nordamerika fruktifiziert er bereits im Frühling (vgl. Rätsch 1998 : 641).

Am häufigsten wird von einer Verwechslung des Pantherpilzes mit dem häufig anzutreffenden Speisepilz *Amanita rubescens* berichtet, dem sogenannten Perlpilz. Im Gegensatz zum Pantherpilz zeigt der Perlpilz an den Schnittstellen und unter der Haut des Pilzhutes eine fleischfarbige Tönung (vgl. Bauer 2014 : 18). Ebenso besitzt der Perlpilz keine ausschließlich weißen Reststücke des Velums und der Ring an der oberen Hälfte des Pilzstiels ist sichtbar kammartig gerillt. Während der Hutrand von *Amanita pantherina* eine deutliche Furchung aufweist, ist dieser bei *Amanita rubescens* glatt (vgl. Guthmann 2017 : 68).

Die auftretenden Vergiftungserscheinungen nach dem Konsum von *Amanita pantherina* ähneln jenen des Roten Fliegenpilzes und werden auch von der Ibotensäure und dem daraus entstehenden Muscimol hervorgerufen. Im Durchschnitt ist der Wirkstoffgehalt im Pantherpilz höher als in *Amanita muscaria*. Dadurch wird seine Gefährlichkeit auch höher eingeschätzt, wobei tödlich endende Vergiftungen durch *Amanita pantherina* äußerst selten dokumentiert werden (vgl. Guthmann 2017 : 68). Genau wie beim Roten Fliegenpilz ist der Giftstoffgehalt vom Wetter, dem Erntezeitpunkt und der geografischen Lage abhängig (vgl. Guthmann 2017 : 69). Die Pilzhüte von *Amanita pantherina* beinhalten 0,188 – 0,269 g / kg an Ibotensäure, während die Menge an Muscimol 1,554 - 1,880 g / kg beträgt (vgl. Tsujikawa et al. 2006).

Vendramin und Brvar haben 2014 in einer Studie die Auswirkungen von Vergiftungen durch *Amanita muscaria* und *Amanita pantherina* untersucht und dabei

herausgefunden, dass das sogenannte Pantherina-Syndrom in zwei Untergruppen unterteilt werden kann, da diese beiden Pilzarten der Gattung *Amanita* unterschiedliche Symptome bei den Versuchsteilnehmerinnen und Versuchsteilnehmern hervorgerufen haben (vgl. Vendramin & Brvar 2014).

Für die Studie waren Personen zugelassen, welche zwischen 1980 und 2013 nachweisbar entweder den Pantherpilz oder den Roten Fliegenpilz zu sich genommen haben. Als Nachweis war eine mikroskopische oder makroskopische Untersuchung der konsumierten Pilze notwendig. Es wurde in die Krankenakten der Teilnehmenden eingesehen und persönliche Daten wie das Alter und das Geschlecht dokumentiert. Ebenso wurde herausgefunden, welcher Pilz zur Vergiftung geführt hat und wenn diese aufgrund einer Verwechslung stattgefunden hat, für welchen Pilz *Amanita muscaria* oder *Amanita pantherina* gehalten wurde. Es ist recherchiert worden, nach welcher Zeit die Symptome eingesetzt haben, was die Beschwerden gewesen sind und zu welcher Behandlungsmethode daraufhin gegriffen wurde. Besonderes Augenmerk wurde auf Symptome wie innere Unruhe, Halluzinationen, auftretende Verwirrheitszustände und Krämpfe sowie die eventuell veränderten Bewusstseinszustände gelegt. Unter den 49 teilnehmenden Personen waren 18 Männer und 21 Frauen. Es fanden 17 Pilzvergiftungen aufgrund von *Amanita pantherina* und 32 durch *Amanita muscaria* statt (vgl. Vendramin & Brvar 2014).

Eine einzige Person hat angegeben, den Roten Fliegenpilz willentlich eingenommen zu haben, um von seinen halluzinogenen Effekten zu profitieren, während die Vergiftungen der restlichen 48 Personen aufgrund einer Verwechslung zustande gekommen sind. Die Vergiftungen haben in allen Fällen zwischen Juli und Oktober stattgefunden. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben 30 bis 120 Minuten nach der Einnahme die ersten Vergiftungssymptome bemerkt. Personen, welche eine Vergiftung durch *Amanita muscaria* erlitten haben, haben prozentuell einen stärkeren Verwirrheitszustand und eine stärker ausgeprägte innere Unruhe erlebt als jene, die *Amanita pantherina* zu sich genommen haben. Diese Unterschiede sind mit hoher Wahrscheinlichkeit darauf zurückzuführen, dass *Amanita muscaria* eine größere Menge an Ibotensäure enthält, welche einen anregenden Effekt auf das zentrale Nervensystem hat. Im

Gegensatz dazu ist das sedativ wirkende Muscimol in *Amanita pantheria* anteilmäßig stärker vertreten. Durch die größere Menge an Muscimol lässt sich auch das häufigere Vorkommen von komatösen Bewusstseinszuständen aufgrund von Vergiftungen durch *Amanita pantherina* erklären. Symptome wie Müdigkeit, Halluzinationen, Krämpfe, Erbrechen und Durchfall treten der Studie nach bei Vergiftungen durch den Roten Fliegenpilz und den Pantherpilz gleichermaßen auf. Es ist zu berücksichtigen, dass die Informationen in den Gesundheitsakten unvollständig oder die Angaben der Teilnehmerinnen und Teilnehmer aufgrund der teilweise großen Zeitspannen zwischen den durchlebten Vergiftungserscheinungen und der durchgeführten Studie ungenau sein können (vgl. Vendramin & Brvar 2014).

### 5.5.3 *Amanita regalis* (Fr.) R. Mre. – Königs-Fliegenpilz

Der Pilzhut des Königs-Fliegenpilzes ist erdbraun (siehe Abbildung 19) bis ockergelb und hat einen Durchmesser von 11 bis 16 cm. Mit zunehmendem Alter wird der Hut des Pilzes immer flacher und weist schließlich eine kleine Vertiefung in der Hutmitte auf. Die leicht abwischbaren Velum-Reste besitzen eine gelbliche Färbung (vgl. Bauer 2014 : 15). Die sich auf dem Hut befindenden Schuppen haben eine leicht erhabene, kugelige Gestalt (vgl. Bresinsky & Besl 1985 : 105). Das unter der Huthaut liegende Fleisch des Pilzes hat eine olivbraune Farbe. Ähnlich wie bei *Amanita muscaria* sind auch die Lamellen von *Amanita regalis* dicht aneinandergereiht, seitlich glatt, am äußeren Rand fein gezackt und meist weiß gefärbt. Vereinzelt können die Lamellen auch ockerfarben sein (vgl. Bauer 2014 : 15). Der im Querschnitt runde Pilzstiel weist eine Länge von 10 bis 14 cm auf und besitzt an der Basis eine keulenförmige, am unteren Ende etwas zugespitzte Knolle, welche drei Zentimeter breit ist. Der Durchmesser des Stiels beträgt 1,5 bis 2,5 cm. Der Ring, welcher sich an der oberen Hälfte des Pilzstiels befindet, ist weißlich bis hellgelb gefärbt und weist auf der Unterseite zum Rand hin eine gelbliche bis bräunliche Schuppung auf (vgl. Bresinsky & Besl 1985 : 105). Die Oberfläche des Stiels von *Amanita regalis* verfärbt sich nach Druckausübung von weiß zu olivgrün –bis ockerfarben. Das Pilzfleisch im Stiel ist faserig und nach innen hin watteähnlich. Ältere Pilze sind im Inneren hohl (vgl. Bauer 2014 : 16). Das restliche, bis auf den Bereich

unter der Huthaut, weiße Fleisch ist weich und geruchlos (vgl. Bresinsky & Besl 1985 : 106).



**Abb. 19:** *Amanita regalis* (in Guthmann 2017 : 63)

Der Königs-Fliegenpilz kommt vor allem im Norden Europas in höher gelegenen Gebieten in feuchten und manchmal auch grasreichen Fichten- sowie Kiefernwäldern vor (vgl. Bresinsky & Besl 1985 : 105 - 106). *Amanita regalis* fruktifiziert von Juli bis Oktober (vgl. Bauer 2014 : 16).

Ebenso wie *Amanita muscaria* und *Amanita pantherina* enthält auch *Amanita regalis* Ibotensäure und Muscimol (vgl. Bresinsky & Besl 1985 : 105).

Eine Verwechslung mit dem Speisepilz *Amanita rubescens*, mit *Amanita spissa* sowie mit *Amanita pantherina* ist möglich. Der Perlpilz, *Amanita rubescens*, ist schwach gefärbten Fruchtkörpern von *Amanita regalis* ähnlich, wobei der Königs-Fliegenpilz an Druck- und Fraßstellen eine gelbliche oder bräunliche Färbung aufweist. *Amanita spissa*, der sogenannte Gedrungene Wulstling, unterscheidet sich durch die undeutlich vom Pilzstiel abgesetzte Knolle sowie durch

die fehlende Tönung unter der Haut des Pilzhutes. Der Pantherpilz unterscheidet sich durch eine deutlich abgesetzte Knolle von *Amanita regalis* sowie ebenso durch eine nicht gelb gefärbte Tönung unter der Haut des Pilzhutes (vgl. Bauer 2014 : 16). Eine Verwechslung mit dem Roten Fliegenpilz kommt kaum bis gar nicht vor, da die Schuppen am Pilzhut bei *Amanita muscaria* weiß sind und dem Königs-Fliegenpilz die rote Farbe am Hut gänzlich fehlt (vgl. Bresinsky & Besl 1985 : 106).

## 5.6 Gattung *Boletus*

### 5.6.1 *Boletus manicus* Heim.

Ursprünglich wurde diese Pilzart der Gattung *Boletus*, die im Deutschen Dickröhrlinge genannt werden, zu denen auch der essbare Steinpilz gehört, in Papua-Neuguinea von dem französischen Mykologen R. Heim gesammelt und beschrieben. Es wurde in der Literatur zwar mehrfach niedergeschrieben, unter anderem von Christian Rätsch, dass beispielsweise *Boletus manicus* vom Stamm der Kuma in Papua-Neuguinea eingenommen wird und dieser zu einer definierten Zeit zu einem veränderten Bewusstseinszustand führen soll. Die Substanz, welche diesen Effekt auslöst, wurde jedoch noch nicht identifiziert. Es wird vermutet, dass es sich um eine sehr potente Verbindung handelt, da sie nur in äußerst geringem Maß vorhanden ist (vgl. Rätsch 1998 : 687; Thomas 2003).

In diesem Bereich muss jedoch noch weitere Forschung betrieben werden, um nachweisbare Aussagen über die Psychoaktivität von Pilzen der Gattung *Boletus* treffen zu können. Daher wird in dieser Arbeit nicht weiter darauf eingegangen.

## 6. Pilze des Mutterkorn-Alkaloidtyps

Zu der dritten Gruppe der psychoaktiven Pilze, den Pilzen des Mutterkorn-Alkaloidtyps, zählen Arten der Gattung *Claviceps*, und der Gattung *Balansia*. Über die Einordnung von einigen Arten der Gattung *Aspergillus* sowie der Gattung *Cordyceps* in diese Gruppe herrscht noch Uneinigkeit (vgl. Prentner 2010 : 258).

### 6.1 *Claviceps purpurea* (F.) TULASNE – Purpurbrauner Mutterkornpilz

#### 6.1.1 Vorkommen und Verbreitung

Der Purpurbraune Mutterkornpilz parasitiert vor allem auf *Secale cereale*, dem Roggen, aber auch auf weiteren Süßgräsern (vgl. Prentner 2010 : 265). Anders als die meisten Getreidearten ist *Secale cereale* ein Fremdbefruchter und wird daher bevorzugt (vgl. Guthmann 2017 : 308). *Claviceps purpurea* ist das Sklerotium, das verhärtete Dauer- oder Überwinterungsstadium eines Pilzes. Dieses Sklerotium kann unter günstigen Bedingungen weiterwachsen sowie fruktifizieren. Vor dem Jahr 1853 ist man davon ausgegangen, dass das Mutterkorn lediglich eine andersartige Frucht von *Secale cereale* sei (vgl. Prentner 2010 : 265). In den Jahren, in denen es häufig regnet, werden am meisten Sklerotien von *Claviceps purpurea* ausgebildet (vgl. Prentner 2010 : 266). Der Purpurbraune Mutterkornpilz kommt vor allem in gemäßigttem Klima vor (vgl. Guthmann 2017 : 308). Ist ein kaltes und feuchtes Wetter während der Blütezeit des Wirtes vorherrschend, werden erfolgreiche Sekundärinfektionen begünstigt, da die Blüten aufgrund des geringen Pollenflugs über einen längeren Zeitraum geöffnet bleiben (vgl. Guthmann 2017 : 310). Die Fruktifikation von *Claviceps purpurea* findet zwischen Mai und Juli statt (vgl. Alberts & Mullen 2011 : 256).

Bei *Claviceps purpurea* treten zwei Fortpflanzungsarten auf. Der Purpurbraune Mutterkornpilz kann sich geschlechtlich oder ungeschlechtlich, über die Ascosporen oder die Konidiosporen, fortpflanzen. Bei der Primärinfektion, welche nur bei einer unbefruchteten Blüte stattfinden kann, infizieren die Ascosporen den Fruchtknoten von einzelnen Blüten. Die fädigen Sporen, die durch den

Wind auf die Blüten gelangen, stammen von den Fruchtkörpern, welche sich im Frühjahr aus den Sklerotien entwickelt haben. Durch die Ausbildung eines Keimschlauches können die Ascosporen in den Fruchtknoten einwachsen (vgl. Guthmann 2017 : 308 - 309). Anschließend durchwächst der Mutterkornpilz das Fruchtknotengewebe und es entsteht eine Myzelmasse, welche weich ist und eine unrein weißliche Farbe hat. Daraus werden die ungeschlechtlichen Fortpflanzungsorgane, die Konidien, sowie die dazugehörigen Konidiosporen abgeschnürt. Gleichzeitig geben die betroffenen Fruchtknoten ein Sekret ab, welches als Honigtau bezeichnet wird und durch Insekten oder das Herunterrinnen beziehungsweise Verspritzen ebenso wie die geschlechtlichen Ascosporen Infektionen bei anderen Fruchtknoten auslösen kann. Die sogenannte Sekundärinfektion, welche zirka zehn Tage nach der ersten Infektion beginnt, dauert in etwa neun bis dreizehn Tage an. Anschließend kommt es zu einer Verfestigung des Myzels und das Sklerotium bildet sich statt des ursprünglichen Getreidekorns aus. Dieses fällt oft vor der Erntezeit zu Boden, überwintert und fruktifiziert im Frühjahr. Damit schließt sich der Infektionszyklus (vgl. Guthmann 2017 : 309).

### 6.1.2 Weitere Bezeichnungen

Der Mutterkornpilz, auch das Mutterkorn genannt, erhält im Deutschen noch zahlreiche weitere Bezeichnungen wie beispielsweise „Hahnensporn“, „Rockenmutter“, „Kornzapfen“, „Tollkorn“ oder „Roggenbrand“ (vgl. Prentner 2010 : 265). Im Englischen trägt der Mutterkornpilz Namen „Rye Ergot“ (vgl. Alberts & Mullen 2011 : 256). Die Bezeichnung „Mutterkorn“ ist aufgrund der gynäkologischen Verwendung auf das Wort „Gebärmutter“ zurückzuführen (vgl. Rätsch 2010 : 138).

### 6.1.3 Beschreibung

Das zu den Schlauchpilzen, den Ascomyceten gehörende Mutterkorn hat eine Länge von 1 bis 4 cm und eine Breite von 0,5 cm. Das Sklerotium, welches auch *Secale cornutum* genannt wird, hat eine violettschwarze Farbe, ist hornartig gebogen und wächst aus dem Fruchtknoten des Wirtes in etwa drei Wochen

nachdem die Infektion stattgefunden hat (siehe Abbildung 20). Beim Roggen fällt das Sklerotium, wie bereits in Kapitel 6.1.1. beschrieben, meist vor der Ernte zu Boden und überwintert. Die Fruktifikation findet im Frühjahr statt. Dabei bilden sich zirka 20 bis 60 rosa gefärbte Fruchtkörper aus, die einen roten Pilzstiel besitzen und Perithezien genannt werden (siehe Abbildung 21). Die Fruchtkörper haben eine Länge von 1 bis 3 cm und stoßen ihrerseits wieder Ascosporen aus, welche in der Blütezeit erneut Getreidearten befallen (vgl. Prentner 2010 : 266; Guthmann 2017 : 309).



**Abb. 20:** Roggenähre mit Sklerotien von *Claviceps purpurea* (in Guthmann 2017 : 305)



**Abb. 21:** Fruchtkörper auf Sklerotium von *Claviceps purpurea* (in Guthmann 2017 : 297)

#### 6.1.4 Entdeckung der Mutterkornalkaloide

Arthur Stoll, der bei der Firma Santoz arbeitete, gelang 1918 die Isolierung von Ergotamin, welches das erste entdeckte Mutterkornalkaloid war. 1934 wurde die Lysergsäure als Basis vieler Alkaloide des Mutterkorns von den Wissenschaftlern Jacobs und Craig identifiziert. Im Jahr 1935 nahm A. Hofmann die Forschung an den Mutterkornalkaloiden wieder auf und synthetisierte etwa drei Jahre später das Alkaloid Ergobasin. Zur gleichen Zeit gelang es ihm, eine Methode zur Herstellung zahlreicher verwandter Derivate der Lysergsäure zu entwickeln. Beim zweiten Versuch, im Jahr 1945, das 25. Lysergsäurederivat herzustellen, um eine für die Medizin wirksame Verbindung zu erhalten, kam Hofmann mit Spuren des Derivats in Kontakt (vgl. Guthmann 2017 : 298). Durch die dabei auftretenden Sinnesveränderungen wurde die Wirkung des Lyserg-

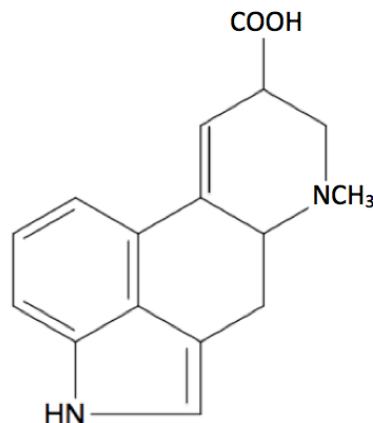


säurederivats bekannt. A. Hofmann führte daraufhin weitere Versuche an sich selbst durch um detailreichere Informationen zu erhalten (vgl. Prentner 2010 : 268).

### 6.1.5 Inhaltsstoffe und chemische Struktur

Der Alkaloidgehalt von *Claviceps purpurea* ist je nach Wirtspflanze, vorherrschendem Klima und der geografischen Lage unterschiedlich (vgl. Rätsch 2010 : 141). Die Alkaloide des Mutterkorns, welche die Lysergsäure als bestimmendes Strukturelement besitzen, lassen sich in die Indolalkaloid-Gruppe einordnen. Die Lysergsäure selbst sowie die aus ihr entstandenen chemischen Verbindungen sind säureinstabil (vgl. Steller & Roth 2009).

Die Strukturformel der Lysergsäure ist in der untenstehenden Abbildung (Abbildung 22) zu sehen.



**Abb. 22:** Strukturformel der Lysergsäure mit Indolbaustein

Zu den Mutterkornalkaloiden zählen Clavin-Alkaloide, in Wasser lösliche Säureamidalkaloide, die der Ergometringruppe angehören sowie in Wasser unlösliche Peptidalkaloide, welche zur Ergotamingruppe und zur Ergotoxingruppe gehören. Zur Ergobasin- oder Ergometringruppe gehören Alkaloide wie Ergometrin, Ergin und Lysergsäuremethylcarbinolamid. Zu der Ergotamingruppe zählt man Ergosin und Ergotamin während Ergocornin sowie (Alpha- und Beta-) Er-

gocristin zur Ergotoxingruppe gehören (vgl. Prentner 2010 : 266). Dabei handelt es sich um psychedelische sowie um giftige Alkaloide (vgl. Rätsch 2010 : 141). Der größte durchschnittliche prozentuale Anteil im kanadischen Mutterkorn ist das Alkaloid Ergocristin mit 31 Prozent. Der Anteil an Ergotamin beträgt 17 Prozent und der des Alkaloids Ergocryptin 5,3 Prozent. Ergometrin nimmt einen prozentualen Anteil von 5 Prozent ein, während Ergosin 4,2 Prozent und Ergocornin 4 Prozent ausmachen (vgl. Streller & Roth 2009).

Weitere Inhaltsstoffe, welche nicht zu den Alkaloiden zählen, sind beispielsweise die biogenen Amine Tyramin und Histamin, Kohlenhydrate und Öl (vgl. Alberts & Mullen 2011 : 256).

#### 6.1.6 Körperliche und psychische Wirkung

Unter der Einwirkung von Wärme sowie Säure nimmt die Giftigkeit der Mutterkornalkaloide mit der Zeit durch die Umlagerung in unterschiedliche Stereoisomere ab (vgl. Streller & Roth 2009).

Die Auswirkungen von *Ergotismus convulsivus* und *Ergotismus gangraenosus* werden in Kapitel 6.1.7 beschrieben.

Über den Einsatz des gesamten natürlich vorkommenden Mutterkornpilzes zum Erreichen eines Rauschzustandes existiert keine Dokumentation (vgl. Prentner 2010 : 21 -22). Jedoch ist das daraus gewonnene LSD die stärkste bisher bekannte psychoaktive Substanz (vgl. Guthmann 2017). Diese wird in Kapitel 6.1.9 genauer betrachtet.

#### 6.1.7 Gefahren

Die über einen längeren Zeitraum hinweg unabsichtliche Aufnahme des Mutterkorns, meist durch das Brotgetreide, führte in der Vergangenheit immer wieder zu Epidemien. Jedoch blieb die Ursache dieser Vergiftungen lange Zeit unentdeckt und wurde als eine Strafe Gottes interpretiert (vgl. Guthmann 2017 : 297). Das Krankheitsbild, welches durch *Claviceps purpurea* hervorgerufen wird, nennt man Ergotismus oder Antoniusfeuer. Der Ergotismus lässt sich in zwei

Gruppen unterteilen, dem *Ergotismus convulsivus* und dem *Ergotismus gangraenosus* (vgl. Prentner 2010 : 265).

Die Bezeichnung „Kriebelkrankheit“ wurde früher für *Ergotismus convulsivus*, auch konvulsiver Ergotismus genannt, verwendet, da die Funktionen des zentralen Nervensystems stark beeinträchtigt werden und es zu einem extrem starken „Kribbelgefühl“ in den Gliedmaßen kommt, welches sich mit fortschreitender Krankheit im ganzen Körper ausbreitet. Zusätzlich kommt es zu starken Verkrampfungen der Muskeln, welche zu einer gebeugten Haltung von Händen, Ober- sowie Unterschenkeln führen. Ebenso kann eine enorme Rückenkrümmung die Folge sein. Bei einem Krampf sind die Muskeln steinhart, lassen sich nicht strecken und sind sehr druckempfindlich. Krampfanfälle bei *Ergotismus convulsivus* werden von Schweißausbrüchen und starken Schmerzen begleitet, welche mehrere Stunden lang anhalten und täglich wiederkehren. Anschließend verfallen sie in einen komatösen Schlaf. Häufig auftretende Symptome bei *Ergotismus convulsivus* sind beispielsweise Wahnvorstellungen, Kopfschmerzen, Durchfall, Erbrechen, epilepsieähnliche Beschwerden sowie eine beeinträchtigte Herzfunktion, Atembeschwerden und unterkühlte Gliedmaßen (vgl. Guthmann 2017 : 305). Der konvulsive Ergotismus wird durch die im Mutterkorn enthaltenen Säureamidalkaloide ausgelöst (vgl. Prentner 2010 : 265).

Beim *Ergotismus gangraenosus*, auch gangränöser Ergotismus genannt, ähneln die zu Beginn auftretenden Symptome jenen des konvulsiven Ergotismus. Diese Phase kann bei schweren Vergiftungen über Wochen hinweg andauern. Anschließend beginnen die Blutgefäße in den Gliedmaßen schwere Schäden aufzuweisen, wodurch sich die Extremitäten verfärben. Aufgrund der Schädigung der Blutgefäße sinkt der Puls, bis er schlussendlich nicht mehr nachweisbar ist. Der Vorgang ist mit starken Schmerzen verbunden. Abgestorbenes Gewebe wird losgelöst und abgestoßen. Mit den, vorwiegend unteren, abgestorbenen Extremitäten verschwindet der Schmerz (vgl. Guthmann 2017 : 305). Aufgrund der zuerst schmerzhaften und verbrannt aussehenden Gliedmaßen wird der gangränöse Ergotismus oft auch als „St. Antonius-Feuer“ bezeichnet (vgl. Guthmann 2017 : 306). Die Ursache für den *Ergotismus gangraenosus* ist das Vorhandensein von Peptidalkaloiden (vgl. Prentner 2010 : 265).

Die Zahl der Sterbefälle ist bei beiden Formen des Ergotismus im Allgemeinen hoch, jedoch kann es durch Vermeidung einer weiteren Aufnahme von *Claviceps purpurea* ohne zusätzliche Intervention zur Heilung kommen (vgl. Guthmann 2017 : 305). Oftmals ist nicht der Ergotismus selbst, sondern eine sekundäre Infektion die Todesursache betroffener Personen (vgl. Rätsch 2010 : 306).

Die maximale Menge an *Claviceps purpurea*, die in Getreide vorkommen darf, um für die Ernährung des Menschen noch zugelassen zu sein, darf den Wert von 0,05 Prozent nicht überschreiten. Für die Futtermittel von Tieren liegt der Wert bei 0,1 Prozent (vgl. Guthmann 2017 : 307).

Aufgrund der hohen Alkaloid-Schwankungen und der dadurch komplexen Dosierung ist es äußerst schwierig den Purpurbraunen Mutterkornpilz für medizinische Zwecke einzusetzen. Auch die immer wieder auftretenden unerwünschten Nebenwirkungen ließen den Einsatz von *Claviceps purpurea* in der Medizin langsam ausklingen (vgl. Streller & Roth 2009).

#### 6.1.8 Anwendung in der Medizin

In China war das Mutterkorn bereits im Altertum bekannt und wurde in der Medizin aufgrund seiner gefäßwirksamen Stoffwechselprodukte eingesetzt (vgl. Guthmann 2017 : 297; Prentner 2010 : 265). Da das Mutterkorn die Fähigkeit besitzt, Kontraktionen in der Gebärmutter auszulösen und Blutungen zu stillen, wurde es in der Frauenheilkunde eingesetzt. Besonders gefährlich ist jedoch die starke Schwankung des Alkaloidgehalts für die Mutter sowie für das ungeborene Kind. Erste pharmakologische Untersuchungen dazu fanden erst im 19. Jahrhundert statt. Zu dieser Zeit fand das Mutterkorn auch erstmals in der Schulmedizin Anwendung (vgl. Guthmann 2017 : 298).

Wie bereits in Kapitel 6.1.7 erwähnt, wird der Mutterkornpilz aufgrund der großen Unterschiede im Alkaloidgehalt und den auftretenden Nebenwirkungen aktuell nicht mehr in seiner natürlichen Form in der Medizin verwendet. Vielmehr werden die aus *Claviceps purpurea* hergestellten reinen Inhaltsstoffe sowie deren halbsynthetische Derivate als Wirkstoffe eingesetzt (vgl. Streller & Roth 2009).

Hauptsächlich werden mit den Wirkstoffen des Mutterkorns, neben dem Einsatz in der Frauenheilkunde, die Parkinson-Krankheit und Migräne therapiert (vgl. Streller & Roth 2009).

Für die Anregung der Wehentätigkeit und die Blutstillung in der Frauenheilkunde sind das Mutterkornalkaloid Ergometrin sowie dessen Abkömmling, das Methylergometrin, verantwortlich. Methylergometrin wird bei starken Blutungen aufgrund vorangegangener Geburten oder nach Abtreibungen eingesetzt. Ebenso kann damit die Gebärmutterrückbildung bei Frauen unterstützt werden, die nicht stillen. Die durch den Einsatz von Ergometrin oder Methylergometrin ausgelöste Verengung der Gefäße führt ebenso zu einer Verengung der Herzkranzgefäße, was gefährliche Herzinfarkte begünstigt. Ebenso steigt die Häufigkeit der Nichtausscheidung der Plazenta (vgl. Rath & Gogarten 2008; Streller & Roth 2009).

Da die bei Migräne auftretenden Kopfschmerzen durch erweiterte Blutgefäße im Gehirn ausgelöst werden, hilft das gefäßverengende Ergotamin sowie das Dihydroergotamin wobei auf die richtige Dosierung geachtet werden muss, da eine zu hohe Dosis den gegenteiligen Effekt, nämlich eine Verstärkung der Kopfschmerzen, hervorruft (vgl. Streller & Roth 2009).

Mittlerweile ist es möglich, die reinen Inhaltsstoffe des Mutterkorns, welche benötigt werden, um Arzneimittel herzustellen, biotechnologisch zu gewinnen. Die auf Agar kultivierte weiße Myzelmasse wird in ein flüssiges Nährmedium gebracht und in gut belüfteten Bioreaktoren weiterentwickelt. In etwa 14 - 21 Tage später erfolgt die Abgabe der wasserlöslichen Alkaloide in das Nährmedium. Die Peptidalkaloide werden aus den Myzelien herausgefiltert. Dieses Verfahren bringt eine Alkaloidmenge von 2 Gramm pro Liter der Nährlösung hervor (vgl. Streller & Roth 2009).

### 6.1.9 LSD

Das als LSD bezeichnete psychoaktive Lysergsäurediethylamid entsteht, indem wie bereits erwähnt, die chemische Struktur des Lysergsäureamids verändert wird. Früher wurde vermutet, dass das LSD eine Möglichkeit sei, mit der man

psychische Erkrankungen besser verstehen und behandeln könne. In diesem Zusammenhang hätte das LSD tief verankerte Blockaden lösen sollen. Jedoch blieben diese Versuche erfolglos, weshalb LSD nicht mehr in der Psychotherapie eingesetzt wird (vgl. Prentner 2010 : 268).

Lysergsäurediethylamid wird in der Regel oral aufgenommen. Die normale Dosis beträgt 25 bis 300 Mikrogramm, weshalb es oft in Kombination mit anderen Substanzen oder Materialien aufgenommen wird. Im Blut erreicht die LSD-Konzentration nach ungefähr 180 Minuten ihren Höhepunkt. LSD ist in der Lage, die Blut-Hirn-Schranke ungehindert zu passieren. Die Konzentration ist in der Leber am höchsten, da das LSD dort metabolisiert wird. Der Effekt der Droge bleibt 6 bis 8 Stunden nach dem Konsum spürbar (vgl. Prentner 2010 : 268).

Die körperlichen Auswirkungen sind im Vergleich zu den psychischen Auswirkungen sehr gering. Es kann beispielsweise zu einer Erweiterung der Pupillen, zu einem Blutdruck-, Puls-, Körpertemperatur- sowie Blutzuckeranstieg kommen. Weitere Begleiterscheinungen können Übelkeit, Kopfweg, Einschränkung der Bewegungs- und Sprachfunktion und Kontraktion der glatten Muskulatur sein (vgl. Prentner 2010 : 269).

Wie es bei den meisten psychoaktiven Substanzen üblich ist, hängen auch die psychischen Effekte von LSD mit der Verfassung und der Vorerfahrung der Konsumentinnen und Konsumenten zusammen. Es kommt jedoch in der Regel zu schnell auftretenden, heftig ausfallenden Gefühlslagen. Sinneswahrnehmungen werden häufig vermischt, es kommt zu Halluzinationen und es werden, je nach vorherrschender Emotion, unterschiedliche Farben gesehen. Ist die Wirkung des LSD am Höhepunkt, empfinden die betroffenen Personen oft Angst, Panik und erleben Einschränkungen im Denkprozess. Diese Phase, in der meist die negativen Emotionen überwiegen, bezeichnet man als „Horrortrip“ (vgl. Prentner 2010 : 269).

Die bereits nach wenigen Tagen auftretende Toleranzentwicklung schließt unter anderem eine Toleranz gegen Psilocybin mit ein. Man spricht von einer sogenannten Kreuztoleranz (vgl. Guthmann 2017 : 299).

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

Wie in der Arbeit ersichtlich wurde, waren die sogenannten „Zauberpilze“ nicht nur bei früheren Pilzzeremonien von Menschen unterschiedlicher Kulturkreise beliebt, sondern eröffnen in vielen medizinischen Bereichen zukünftig neue Möglichkeiten, um unter anderem bisher behandlungsresistente Erkrankungen wie beispielsweise chronische Depressionen, (Kindheits-)Traumata oder Suchtmittelabhängigkeiten zu therapieren.

Im Fokus liegt dabei der Wirkstoff Psilocybin, welcher in Pilzen des Psilocybin-Typs, vor allem aber in der Gattung *Psilocybe*, vertreten ist. Jedoch ist der eigentliche Wirkstoff das Psilocin, welches durch eine rasche enzymatische Abspaltung der Schutzgruppe aus dem Psilocybin entsteht. Aus verschiedenen Studien geht hervor, dass der medizinische Einsatz zu nur kurzfristig auftretenden, wenig relevanten Nebenwirkungen führt, welche durch eine engmaschige medizinische Überwachung gut behandelbar sind. Ein möglicher Einsatz des vielversprechenden Nebenalkaloids Aeruginascin in Kombination mit Psilocybin wird Teil der zukünftigen Forschung sein.

Neben den Pilzen des Psilocybin-Typs zählen die Pilze des Ibotensäure-Typs sowie Pilze des Mutterkorn-Alkaloidtyps zu den psychoaktiven Pilzen. Pilzen aller drei Gruppen ist gemein, dass sich die bewusstseinsverändernden Effekte durch die davor vorherrschenden Emotionen sowie die Umgebung und die Dosis der konsumierten Substanz beeinflussen lassen.

Es bedarf noch weiterer Forschung auf diesem Gebiet und einer Anpassung der Gesetze, um damit Vorsichtsmaßnahmen zu treffen und einen sicheren Einsatz von Psilocybin in der Medizin zu gewährleisten. Ein verantwortungsbewusster Umgang mit psychoaktiven Substanzen ist dafür vorauszusetzen.

Obwohl die teilweise giftigen Inhaltsstoffe des Mutterkorns in der Vergangenheit zu schweren, länderübergreifenden Vergiftungen geführt haben und die Lysergsäure die Ausgangssubstanz für das extrem halluzinogene LSD ist, haben die Mutterkornalkaloide anders als der Wirkstoff Psilocybin bereits seit langer Zeit durchgehende Anwendung in der Medizin gefunden und sind damit ein wichti-

ger Bestandteil in der Frauenheilkunde, zur Behandlung der Parkinson-Krankheit und zur Linderung starker Migräneanfälle.

Abschließend ist daher zu sagen, dass es eine voreilige Schlussfolgerung ist, psychoaktive Pilze als Suchtmittel und reine Gefahr „abzustempeln“.



## 8. Verzeichnisse

### 8.1 Literaturverzeichnis

Adelaars, A. (2020). Alles über Psilos : Handbuch der Zauberpilze (4. Aufl.). Nachtschatten Verlag.

Alberts, A. & Mullen, P. (2011). Psychoaktive Pflanzen, Pilze und Tiere : Bestimmung, Wirkung, Verwendung (3. Aufl.). Franckh-Kosmos Verlags GmbH & Co. KG.

Barceloux, D. G. (2012). Medical Toxicology of Drug Abuse: Synthesized Chemicals and Psychoactive Plants. John Wiley & Sons.

Bauer, W. (2014). Der Fliegenpilz : Geheimnisvoll, giftig und heilsam; Die Wurzeln von Mythen, Märchen und Religionen. AT Verlag.

Bresinsky, A. & Besl, H. (1985). Giftpilze : mit einer Einführung in die Pilzbestimmung ; Ein Handbuch für Apotheker, Ärzte und Biologen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.

Carhart-Harris, R. L.; Bolstridge, M.; Rucker, J.; Day, C. M.; Erritzoe, D.; Kaelen, M.; Bloomfield, M.; Rickard, J. A.; Forbes, B.; Feilding, A.; Taylor, D.; Pilling, S.; Curran, V. H. & Nutt, D. J. (2016). Psilocybin with psychological support for treatment-resistant depression: an open-label feasibility study. *The Lancet Psychiatry*, 3(7), 619 - 627.

Chi, T. & Gold, J. A. (2020). A review of emerging therapeutic potential of psychedelic drugs in the treatment of psychiatric illnesses. *Journal of the Neurological Sciences*, 411, Artikel 116715.

Coulon, P. & Gorji, A. (2016). Tightrope or Slackline? The Neuroscience of Psychoactive Substances. *Trends in Pharmacological Sciences*, 37(7), 511 - 521.

- De Borhegyi, S. (1961). Miniature Mushroom Stones from Guatemala. *American Antiquity*, 26(4), 498 - 504.
- De Mattos-Shiple, K. M.; Ford, K. L.; Alberti, F.; Banks, A. M.; Bailey, A. M. & Foster, G. D. (2016). The good, the bad and the tasty: The many roles of mushrooms. *Studies in Mycology*, 85, 125 - 157.
- Dilling, H.; Mombour, W. & Schmidt, M. H. (1993). Internationale Klassifikation psychischer Störungen : ICD-10 Kapitel V(F); Klinisch-diagnostische Leitlinien (2. Aufl.). Hans Huber.
- EMCDDA (2015). European Drug Report 2015 : Trends and Developments. European Monitoring Center of Drugs and Drugs Addiction. [https://www.emcdda.europa.eu/publications/edr/trends-developments/2015\\_en](https://www.emcdda.europa.eu/publications/edr/trends-developments/2015_en). [zugegriffen am 03/05/2021].
- EMCDDA (2020). European Drug Report 2020 : Trends and Developments. European Monitoring Center of Drugs and Drugs Addiction. [https://www.emcdda.europa.eu/publications/edr/trends-developments/2020\\_en](https://www.emcdda.europa.eu/publications/edr/trends-developments/2020_en). [zugegriffen am 03/05/2021].
- Gartz, J. (2013). *Narrenschwämme : Psychoaktive Pilze rund um die Welt* (2. Aufl.). Nachtschatten Verlag. [E-Book].
- Gartz, J. (2018). *Psilocybin-Pilze : Neue Aren, ihre Entdeckung und Anwendung*. Nachtschatten Verlag.
- Gartz, J. (2020). *Psilocybin : Ein Pilzwirkstoff mit Zukunft*. Arnshaugk Verlag.
- Guthmann, J. (2017). *Heilende Pilze : Die wichtigsten Arten der Welt im Porträt*. Quelle & Meyer Verlag.

- Guzmán, G. (2008). Hallucinogenic Mushrooms in Mexico: An overview. *Economic Botany*, 62(3), 404 - 412.
- Helen, J. (2019). Johns Hopkins launches center for psychedelic research. <https://hub.jhu.edu/2019/09/04/hopkins-launches-psychedelic-center/> [zugegriffen am 02/05/2021].
- Homepage of Johns Hopkins Center for Psychedelic & Consciousness Research <https://hopkinspsychedelic.org/index/#research> [zugegriffen am 02/05/2021].
- Köhler, T. (2000). Rauschdrogen und andere psychotrope Substanzen : Formen, Wirkungen, Wirkmechanismen. Kohlhammer.
- König-Bersin, P., Waser, P. G., Langemann, H. & Lichtensteiger, W. (1970). Monoamines in the brain under the influence of muscimol and ibotenic acid, two psychoactive principles of *Amanita muscaria*. *Psychopharmacologia*, 18(1), 1-10.
- Krebs, T. S. & Johansen, P. (2013). Psychedelics and mental health: a population study. *Plos One*, 8(8), e63972.
- Lindenblatt, H.; Krämer, E.; Holzmann-Erens, P.; Gouzoulis-Mayfrank, E. & Kovar, K. (1998). Quantitation of psilocin in human plasma by high-performance liquid chromatography and electrochemical detection: comparison of liquid-liquid extraction with automated online solid-phase extraction. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 709(2), 255 - 263.
- Nichols, D. E. (2014). The Heffter Research Institute: Past and Hopeful Future. *Journal of Psychoactive Drugs*, 46(1), 20 - 26.
- Ojanperä, I. (2008). Mushroom toxins. *Handbook of Analytical Separations*, 6, 391 - 399.

- Peredy, T. & Bradford H. (2014). Mushroom, Psilocybin. *Encyclopedia of Toxicology*, 3(3). 418 - 419.
- Prentner, A. (2010) *Bewusstseinsverändernde Pflanzen von A – Z* (2. Aufl.). Springer-Verlag.
- Rath, W. & Gogarten, W. (2008). Oxytocin und Methylergotamin nach der Geburt–Vorsicht bei der Anwendung. *Frauenarzt*, 49(6), 498 - 503.
- Rätsch, C. (1998). *Enzyklopädie der psychoaktiven Pflanzen : Botanik, Ethnopharmakologie und Anwendung* (2. Aufl.). AT Verlag.
- Rätsch, C. (2010). *Pilze und Menschen : Gebrauch, Wirkung und Bedeutung der Pilze in der Kultur*. AT-Verlag.
- Saß, H.; Wittchen, H. & Zaudig, M. (1996). *Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen : DSM-IV*. Hogrefe Verlag.
- Soussan, C., Andersson, M. & Kjellgren, A. (2018). The diverse reasons for using Novel Psychoactive Substances - A qualitative study of the users' own perspectives. *International Journal of Drug Policy*, 52, 71 - 78.
- Streller, S. & Roth, K. (2009). Der gehörnte Roggen. Ein chemischer Blick auf den I-senheimer Altar. *Chemie in unserer Zeit*, 43, 272 - 287.
- Studerus, E.; Komater, M.; Hasler, F. & Vollenweider, F. X. (2011). Acute, subacute and long-term subjective effects of psilocybin in healthy humans : a pooled analysis of experimental studies. *Journal of Psychopharmacology*, 25(11), 1434 - 1452.
- Thomas, B. (2003). *Boletus manicus* Heim. *Journal of Psychoactive Drugs*, 35(3), 393 - 394.

- Trachsel, D. (2016). *Psychedelische Chemie : Aspekte psychoaktiver Moleküle* (5. Aufl.). Nachtschatten Verlag.
- Tsujikawa, K.; Mohri, H.; Kuwayama, K.; Miyaguchi, H.; Iwata, Y.; Gohda, A.; Fukushima S.; Inoue H. & Kishi, T. (2006). Analysis of hallucinogenic constituents in Amanita mushrooms circulated in Japan. *Forensic Science International*, 164(2-3), 172 - 178.
- Vendramin, A. & Brvar, M. (2014). Amanita muscaria and Amanita pantherina poisoning: Two syndromes. *Toxicon*, 90, 269 – 272.
- White, J.; Weinstein, S. A.; De Haro, L.; Bédry, R.; Schaper, A.; Rumack, B. H. & Zilker, T. (2019). Mushroom poisoning: A proposed new clinical classification. *Toxicon*, 157, 53 - 65.

## 8.2 Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Mittlerer Psilocybingehalt von <i>Psilocybe semilanceata</i> (getrocknet) (Gartz 2018 : 60).....	40
<b>Tabelle 2:</b> Alkaloidmengen in der Pilzart <i>Psilocybe germanica</i> (% Trockenmasse) (vgl. Gartz 2018 : 64).....	43
<b>Tabelle 3:</b> Gehalt an Psilocybin, Baeocystin und Harnstoff in Prozent der Trockenmasse von Proben der Pilzart <i>Pluteus salicinus</i> der Dübener Heide (vgl. Gartz 2018 : 65).....	45
<b>Tabelle 4:</b> Gehalt an Psilocybin, Psilocin, Baeocystin und Serotonin in Prozent der Trockenmasse von Proben der Pilzart <i>Panaeolus cyanescens</i> aus Hawaii (vgl. Gartz 2018 : 66).....	48
<b>Tabelle 5:</b> Gehalt an Psilocybin, Baeocystin und Aeruginascin in Prozent der Trockenmasse von Proben der Pilzart <i>Inocybe aeruginascens</i> (vgl. Gartz 2018 : 67).....	53

### 8.3 Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Verschiede Pilzsteine aus Guatemala (de Borhegyi 1961 : 499).....	11
<b>Abbildung 2:</b> chemische Strukturformel von Psilocybin.....	20
<b>Abbildung 3:</b> chemische Strukturformel von Psilocin.....	20
<b>Abbildung 4:</b> chemische Strukturformel von Aeruginascin.....	20
<b>Abbildung 5:</b> chemische Strukturformel von Baeocystin.....	20
<b>Abbildung 6:</b> Die 25 am weitesten verbreiteten Drogen in Europa im Jahr 2018 laut 9134 Berichten von 27 Krankenhäusern aus 19 europäischen Ländern (EMCDDA 2020 : 60).....	36
<b>Abbildung 7:</b> Kultur der Pilzart <i>Psilocybe semilanceata</i> (Gartz 2020 : 126).....	39
<b>Abbildung 8:</b> <i>Psilocybe semilanceata</i> (Gartz 2020 : 145).....	39
<b>Abbildung 9:</b> Kultur von <i>Psilocybe mexicana</i> (Gartz 2020 : 110).....	41
<b>Abbildung 10:</b> <i>Psilocybe germanica</i> (Gartz 2018 : 31).....	43
<b>Abbildung 11:</b> <i>Pluteus salicinus</i> (in Guthmann 2017 : 91).....	45
<b>Abbildung 12:</b> <i>Panaeolus cyanescens</i> (in Gartz 2020 : 130).....	47
<b>Abbildung 13:</b> <i>Panaeolus subbalteatus</i> (in Gartz 2018 : 44).....	49
<b>Abbildung 14:</b> <i>Inocybe aeruginascens</i> (in Guthmann 2017 : 97).....	54

<b>Abbildung 15:</b> Strukturformel von Ibotensäure.....	56
<b>Abbildung 16:</b> Strukturformel von Muscimol.....	56
<b>Abbildung 17:</b> <i>Amanita muscaria</i> unterschiedlichen Alters (in Bauer 2014 : 13; Foto: Martin Hanslmaier).....	62
<b>Abbildung 18:</b> <i>Amanita pantherina</i> unterschiedlichen Alters (in Guthmann 2017 : 68).....	64
<b>Abbildung 19:</b> <i>Amanita regalis</i> (in Guthmann 2017 : 63).....	68
<b>Abbildung 20:</b> Roggenähre mit Sklerotien von <i>Claviceps purpurea</i> (in Guthmann 2017 : 305).....	72
<b>Abbildung 21:</b> Fruchtkörper auf Sklerotium von <i>Claviceps purpurea</i> (in Guthmann 2017 : 297).....	72
<b>Abbildung 22:</b> Strukturformel der Lysergsäure mit Indolbaustein.....	73