

**Tab. 4** Pilzproduktion in den Vereinigten Staaten von Amerika (CUNHA ZIED und PARDO-GIMÉNEZ, 2017; LELLEY, 2018a)

Pilzarten	Produktion (in t)
Weiße und braune Champignons	350 000 t (2010) und 423 000 t (2015)
Shiitake	478 000 t (2015)
Austernpilze	396 000 t

der einzelnen Pilzarten, können zum Teil stark variieren. Es gibt Autoren, die teilweise wesentlich von den hier erwähnten Zahlen abweichen. Das betrifft insbesondere Werte staatlicher Institutionen sowie unabhängiger Wissenschaftler in Asien.

Tabelle 3 enthält zwar nur die Produktionszahlen für China, das bevölkerungsreichste Land der Welt, zeigt aber deutlich die Tendenz in Richtung alternative Speisepilze auf. Für diese Entwicklung sind mehrere Ursachen verantwortlich. Als Hauptgründe dürften geschmackliche Aspekte und die in Asien anerkannten Heilwirkungen solcher Speisepilze wie *Lentinula*, *Auricularia* spp., *Pleurotus* spp. und anderer ausschlaggebend sein. Man kann davon ausgehen, dass sich die aufgezeigte Entwicklung fortsetzen wird, wenn auch in Ländern außerhalb Chinas vermutlich in abgeschwächter Form.

Vergleicht man zum Beispiel die Angaben für Europa mit denen der Vereinigten Staaten von Amerika (siehe Tab. 4), so stellt man fest, dass dort mit einer Gesamtchampignonproduktion von 350 000 t (2010) bzw. 423 000 t (2015) (CUNHA ZIED und PARDO-GIMÉNEZ 2017) nur etwa 40% der europäischen Produktion (ca. 1 Mio. t in den EU-28 Staaten) erreicht werden. Bezeichnend ist, dass in den USA 83% der Champignonproduktion frisch vermarktet werden. In Deutschland liegt der Verbrauch Frischpilze : Konservenware (Gesamtpilzverbrauch) mit 1,8 kg : 1,61 kg pro Kopf und Jahr bei nahezu 50% : 50%.

**Tab. 5** Erzeugung von Kulturchampignons in Deutschland in den letzten Jahren (WINKHOFF, 2006; LELLEY, 2018a)

Jahr	Produktion (in t)
2001	63 000
2003	62 000
2005	61 000
2014	64 000
2016	70 000
2017	75 000

**Anmerkung:** Für die übrigen Kulturpilze, wie Shiitake, Kräuterseitling, Austernpilz u. a., gibt es keine genauen Angaben. Für Deutschland geht man von 3 500 t/Jahr aus und für Europa von 17 000 t/Jahr.

Die Produktion in Deutschland (Tab. 5) war ab Anfang 2000 rückläufig, hat sich aber zwischenzeitlich erholt. Der Anteil sogenannter exotischer Pilzarten liegt derzeit bei etwa 3 500 t, ist also noch immer recht unbedeutend, wenn auch leicht steigend. Allein im Großraum Berlin erzeugt ein Unternehmen jährlich etwa 800 t Kräuterseitlinge und Shiitake. Die Prognosen sind insgesamt für den deutschen Pilzverbrauch als optimistisch einzustufen.

Die derzeit größten Speisepilzproduzenten Europas im Bereich Champignons sind Polen (285 000 t/Jahr), die Niederlande (170 000 t/Jahr), Frankreich (108 000 t/Jahr) und Spanien (98 000 t/Jahr). Die Europäische Union erzeugte 2014 über 1 Mio. t. Russland als größtes europäisches Land erreichte im Jahr 2006 lediglich etwa 14 000 t Pilze, davon knapp 11 000 t Champignons, 3 600 t Austernpilze und nur 15 t Shiitake.

Deutschland importiert noch immer größere Mengen Champignons: je 62 000 t (in 2011 und 2012), davon aus Polen und den Niederlanden jeweils 30 000 t, aus Ungarn 500 t, den Rest aus den übrigen europäischen Ländern; außerdem 110 000 t (2013) verarbeitete Champignons, vor allem als Vollkonserven, sowie 16 400 t andere Pilze einschließ-

lich Wildpilze, wie z. B. Pfifferlinge, alle auch als Frisch- und verarbeitete Pilze. In der Summe muss festgehalten werden, dass im Schnitt der Entwicklung in den vergangenen Jahren der Pro-Kopf-Verbrauch in Deutschland von 3,1 kg auf 2,8 kg zurückgegangen ist (2013). Der Anteil an Bioware ist zwar leicht steigend, liegt aber dennoch nur bei etwa 3%. Hingegen ist der Pro-Kopf-Verbrauch weltweit von 1 kg (1997) auf 4 kg (2015) gestiegen. Es gibt auch Angaben von bis zu 5 kg/Kopf und Jahr.

### **Mykoprotein – Pilze als Proteinlieferanten (RÜHL, 2018)**

Bestrebungen, mithilfe diverser Speisepilze alternative Lebensmittel herzustellen, sind seit Längerem bekannt. Dahinter stecken Überlegungen, wie dem Verbraucher neben dem Verzehr frischer, konservierter und getrockneter Speisepilze weitere Formen des Verzehrs schmackhaft gemacht werden können. Insbesondere in einigen asiatischen Ländern ist man da schon weiter. Es werden verschiedene neuartige Produkte, wie z. B. „QUORN“, auf den Markt gebracht oder auch Lebensmittel wie „TEMPEH“, „MISO“ und andere, hergestellt aus Sojabohnen und Pilzmyzel (Inokulation mit Flüssig-Pilzbrut). Auch an der Justus-von-Liebig-Universität Gießen wird an der Entwicklung von Lebensmitteln unter Einsatz von Ständerpilzen gearbeitet, so z. B. für die Wurst- und Brotindustrie. Mykoproteine können auch zu veganen Lebensmitteln verarbeitet werden.

### **1.3.2 Würzpilze und Pilze mit Heilwirkung (Nahrungsergänzungsmittel)**

Eine Reihe bekannter Pilzarten wird zum Würzen schmackhafter Speisen verwendet. Zwar besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Trockensubstanzgehalt der Pilze und der Intensität ihres Geschmacks, doch gibt es darüberhinaus einige Arten mit einer zusätzlichen besonderen Würze. Hierzu gehört zweifellos der Shiitake, dessen Geschmack etwas an Knoblauch erinnert. Aber

auch dem Schopftintling, dem Kräuterseitling, dem Judasohr und anderen Pilzen werden aromatisch-würzige Geschmacksnuancen zugesprochen. Weitere Pilzarten wiederum fallen durch besondere andersartige Geschmacksrichtungen auf, so z. B. „nussartig“, „feinwürzig“ oder „mit Anisgeschmack“, wie der Anis-Champignon.

Auf zunehmendes Interesse in der westlichen Welt stößt das hierzulande noch relativ neue Naturheilverfahren mit Pilzen, die sogenannte Mykotherapie. Die Bezeichnung „Mykotherapie“ kam 1997 erstmals durch LELLEY (BERG und LELLEY, 2013) in Umlauf. Sie steht für die Verwendung von Pilzen und pilzlichen Substanzen, die der Vorbeugung und Therapie von gesundheitlichen Störungen bei Menschen und Tieren dienen können. Neben der gesundheitlichen Wirkung vieler Pilzarten, unter anderem aufgrund ihrer Gehalte an Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen, enthalten eine Reihe bekannter und noch wenig bekannter Pilzarten Wirkstoffe, die z. B. das Immunsystem des Menschen zu stärken vermögen. Anderen Pilzarten werden, vor allem in China und Japan, heilende Wirkungen nachgesagt. Erwähnenswert sind hier unter anderem der Glänzende Lackporling, der Shiitake, der Lärchenporling, der Klapperschwamm und viele andere mehr. Es gibt in der traditionellen chinesischen Medizin Tabellen mit „Heilpilzen“, die mehrere Dutzend Pilzarten umfassen.

Es sind jedoch nicht nur bestimmte Wirkstoffe, die für die eine oder andere Therapie sinnvoll sein können. Vielmehr kommen auch die reichlich in Pilzen vorhandenen Ballaststoffe (Förderung der Verdauung) oder der hohe Mannitgehalt (Diabetikerkost) zum Tragen (LELLEY, 1997). Die Behandlung mit Pilzen, die eine heilende Wirkung haben können, wird möglicherweise künftig für den Menschen eine noch größere Bedeutung erlangen. So werden etwa Basidiomyceten derzeit auch in Deutschland von anerkannten Wissenschaftlern verstärkt auf ihre Wirkstoffe hin analysiert. Gefunden hat man vor allem

antibiotisch, zytostatisch und immunstimulierend wirksame Pilzinhaltsstoffe, aber auch Substanzen mit antiviralen, antiallergischen, hypoglykämischen, antilipämischen, hypotensiven und zentralen Effekten. Außerdem können einige toxikologisch wichtige Inhaltsstoffe als Hilfsmittel in der Forschung Verwendung finden (LINDEQUIST et al., 1990).

Vor allem in Deutschland, doch auch in einigen weiteren europäischen Ländern, entstanden zumeist kleinere Firmen, die sich mit der Vermarktung einer Reihe von Pilzprodukten aus getrockneten Fruchtkörpern in Pulverform lose oder in Form von Tabletten und Kapseln, als Extrakte in Kapseln oder auch als ganze getrocknete Pilze beschäftigen. Es handelt sich dabei um Pilzarten, die in verschiedenen asiatischen Ländern wie China und Japan schon seit Jahrhunderten oder gar Jahrtausenden ob ihrer Heilwirkungen angebaut werden. So gilt zum Beispiel der Shiitake in China als der wichtigste Heilpilz überhaupt. Er wird in der fernöstlichen Medizin bei fast allen bekannten entzündlichen Erkrankungen eingesetzt, da der Shiitake als Antioxydans entzündungshemmend und immunstimulierend wirkt (PROBST, 2017).

### 1.3.3 Beitrag einiger Pilzarten zur Bodensanierung

Eine Reihe holz- und strohbewohnender Speisepilzarten sendet ihr Pilzgeflecht auch in den umliegenden Bodenbereich. Es wird angenommen, dass sie ihm neben Feuchtigkeit auch verschiedene Nährstoffe entziehen, um ihre Nährstoffbilanz zu verbessern. Erwähnt werden sollen hier so bekannte Pilzarten wie der Austernpilz, der Kulturträuschling, das Stockschwämmchen, der Samtfußrübling und der Lackporling. Deren ligninabbauende Enzyme können teilweise auch andere komplizierte Kohlenwasserstoffprodukte abbauen oder im Humuskörper binden. In Versuchen wurde z. B. durchwachsenes Austernpilzsubstrat sorgfältig in kontaminierte Böden eingebracht bzw. mit diesen vermischt. Das Pilzmyzel wuchs nunmehr vom Substrat in das

Erdmaterial hinein und schied Enzyme aus, die die Schadstoffverbindungen im Boden abbauen können (ZADRAZIL, 1991; LELLEY, 1997, 1999). Bis zur Praxisreife sind jedoch weitere Versuche notwendig. Auch radioaktiv verseuchte Böden und Pflanzenteile können künftig möglicherweise biologisch saniert werden. Hierzu sollen sich Pilze der Gattung *Hericium* gut eignen.

In der Papierherstellung soll ein allerdings mehr unscheinbarer Pilz Revolutionäres leisten. Bekanntlich wird Papier aus Holz hergestellt. Hierfür muss neben Harzen und Ölen auch das wie Kleber wirkende Lignin abgebaut werden. Dies kann zum Beispiel eine Reihe verschiedener Speisepilze, aber auch ein Pilz namens *Ceriporiopsis subvermispora*. Im Vergleich mit chemischen Verfahren der Zellstoffgewinnung verspricht man sich vom Einsatz des letztgenannten Pilzes folgende Vorteile:

- Erhöhung der Zellstoffproduktion um 30%,
- Rückgang der Energiekosten um 30%,
- geringere Harz- und Ölgehalte,
- besseren und belastbareren Zellstoff.

Das Beispiel zeigt, dass offenbar bei Weitem noch nicht alle Einsatzmöglichkeiten der Pilzflora genutzt werden.

### 1.3.4 Einsatz verschiedener Pilzarten für eine biologische Rodung

Pilzarten, die Holz – einschließlich der Baumstümpfe – zersetzen können, helfen, das Holz in mehr oder weniger kurzer Zeit abzubauen. In Ungarn wurde das Beimpfen von Pappelholzstubben schon vor über 30 Jahren empfohlen. Pappelkulturen für die Holzgewinnung zur Herstellung von Papier wurden nach und nach ausgelichtet. Da die verbleibenden Wurzelstubben nicht gerodet werden konnten, wurde die Idee der Doppelnutzung entwickelt. Das geschlagene Holz diente der Papierindustrie. Die mit Austernpilzbrut beimpften Pappelstümpfe brachten Austernpilz-Fruchtkörper. Schließlich brauchten



**Abb. 1** Austernpilz; biologische Rodung verbliebener Holzstubben nach dem Fällen der Straßenbäume.

die Stubben nicht gerodet zu werden, denn sie wurden vom Pilzmyzel gänzlich zersetzt (siehe Abb. 1).

In den USA setzt man für die biologische Rodung diverser Laubbäume erfolgreich den Südlichen Schüppling ein. Für den Einsatz in großflächigen geschlagenen Kiefernwäldern wird dort die Beimpfung der Stubben mit dem Klapperschwamm („Maitake“, *Grifola frondosa*) schon seit Längerem erfolgreich durchgeführt. Dieser besiedelt problemlos auch Koniferen, z. B. Kiefer, Lärche und Fichte.

Erwähnt werden soll auch die Verwendung verpilzten Holzes für die Bleistiftindustrie.

Das Verfahren erlangte vor allem Anfang des 20. Jahrhunderts eine gewisse Bedeutung.

### 1.3.5 Einflüsse der Pilzflora auf die Umwelt am Beispiel der Mykorrhiza

Welche Bedeutung Pilze für das Leben auf unserer Erde haben, wird spätestens dann verständlich, wenn wir erfahren, dass fast alle Pflanzenarten Mykorrhizen haben. Lediglich etwa 10% besitzen keine Lebensgemeinschaft mit Pilzen. Was versteht man unter dem Begriff Mykorrhiza? Die international anerkannte Bezeichnung wurde von dem Botaniker B. FRANK aus Berlin geprägt und bedeutet „Hutpilzwurzel“ oder „Pilzwurzel“ (griech. mykes = Hutpilz; rhiza = Wurzel). Schon 1885 erschien seine Publikation „Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze“. FRANK beschrieb zum ersten Mal ein in der Pflanzenwelt, wie man heute weiß, weitverbreitetes Phänomen, nämlich, „dass gewisse Baumarten sich im Boden nicht selbständig ernähren, sondern überall in ihrem gesamten Wurzelsystem mit einem Pilzmycelium in Symbiose stehen ...“. Diese Aussage beruht darauf, dass die Wurzel, z. B. eines Baumes, aus zweierlei heterogenen Elementen besteht: einem Kern, der eigentlichen Baumwurzel, und einer Schutzhülle aus Pilzhypen. Der Begriff Mykorrhiza bezieht sich somit auf die Verbindung zwischen dem Pilzpartner und dem Pflanzenorgan Wurzel. Bei einer Lebensgemeinschaft (Symbiose) zwischen Mykorrhiza und Bäumen spricht man von einer „Ektomykorrhiza“. Hierbei umhüllt die Pilzwurzel die Baumwurzeln bzw. dringt in die äußere Rindenschicht der Wurzeln ein.

Im Pflanzenreich am weitesten verbreitet ist jedoch die Endomykorrhiza. Die Pilzfäden dringen in die Zellen der Wurzelrinde ein.

#### Die Aufgaben der Mykorrhiza sind:

- Aufnahme von Mineralstoffen (insbesondere Phosphaten) und deren Weiterleitung an die Pflanze,
- Speicherung bestimmter Nährstoffe,

- Aufnahme und Weiterleitung von Wasser, insbesondere in trockenen Gebieten und bei Regenmangel,
- Schutz der Wurzeln vor Infektionen und aggressiven Säuren (nach LELLEY und SCHMITZ, 1994) sowie Schutz vor Schwermetallen und radioaktiven Substanzen und vor Trockenheit (LELLEY, 2018a),
- geringere Anfälligkeit der Pflanze für Infektionen und pathogene Pilze.

In umfangreichen Versuchen an der ehemaligen Versuchsanstalt für Pilzanbau, Krefeld (der damaligen Landwirtschaftskammer Rheinland – der heutigen Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen), konnten im Rahmen mehrjähriger Forschungsvorhaben (um 1990) Mykorrhiza-Pilzarten selektiert werden, die an extremen Standorten eingesetzt werden können. Hierzu gehören bestimmte Herkünfte des Kahlen Krenplings und des Erbsenstrelings. Ihr Einsatz über mykorrhizierte Jungpflanzen aus Aufzuchten kann bevorzugt an Standorten mit nachstehend aufgeführten Bedingungen empfohlen werden:

- Bodenversauerung,
- Nährstoffverarmung,
- Erosion,
- Trockenheit (lang andauernd) und
- Witterungsextreme.

Aufforstungen mit mykorrhizierten Buchen in Deutschland und den USA ergaben, dass deren Überlebensrate unter widrigen Bedingungen wesentlich höher sein kann.

Zusammenfassend kann wohl festgehalten werden, dass auch Pilze für das Überleben unserer Natur, und damit letztlich auch des Menschen, unverzichtbar sind.

### 1.3.6 Erdölförderung – Erhöhung der Fördermenge durch den Pilz „*Schizophyllum*“

Der „Gemeine Spaltblättling“ (*Schizophyllum commune*, siehe Kap. 10.9.4) ist ein ganz normaler Pilz. Er siedelt sich in allen Ländern der Erde auf totem Holz wie umgestürzten

Laub- und Nadelbäumen an, am liebsten an sonnigen Stellen. Mit diesem Pilz beschäftigt sich die Wintershall Erdöl-AG (heute Wintershall Dea GmbH) in Barnstorf/Kreis Diepholz, eine Tochter der BASF, seit Längerem, in den letzten Jahren recht intensiv.

Ausgangspunkt ist die Produktion eines rein biologischen Verdickungsmittels (Biopolymer), das der Pilz *Schizophyllum* durch Zugabe von Zucker und Sauerstoff bildet. Diese gelartige Substanz (das „Schizophyllan“) lässt sich für die Ölförderung einsetzen. Gibt man dem Wasser, das zur Förderung des Erdöls eingesetzt wird, das Schizophyllan zu, wird dieses verdickt. Das verdickte Wasser kann mehr Öl aus den Gesteinsporen drängen, da es ähnlich zähflüssig ist wie Öl. So bildet das angereicherte Wasser eine Art Front, die das Öl vor sich herschiebt. Bis zu 10% mehr Erdöl sollen so gefördert werden können. Das Produkt bleibt auch bei hoher Temperatur und Salzkonzentration in der Lagerstätte stabil und ist damit gegenüber synthetischen Polymeren im Vorteil. Doch das Wichtigste: Schizophyllan ist biologisch abbaubar, also umweltverträglich. Aus diesem Grund kann das Naturprodukt auch in hochsensiblen Ökosystemen wie den Meeren eingesetzt werden, ohne schädliche Auswirkungen. Möglicherweise ist das ein großer Vorteil gegenüber dem Fracking, bei dem mit hohem Druck ein Chemie-Cocktail in die Erde gepresst wird, wodurch das Gestein aufgebrochen wird. Das Verfahren der Wintershall Dea GmbH, Deutschlands erstem Ölriesen (WETZEL, 2018), hat möglicherweise eine große Zukunft (RAUSCH, 2013).

### 1.3.7 Biologisches Herbizid aus Pilzextrakt

In Kanada ist ein Herbizid unter dem Handelsnamen „CHONTROL®“ zugelassen worden. Es handelt sich um eine Paste auf Basis eines Extraktes des Violetten Knorpelschichtpilzes (*Chondrostereum purpureum*). Dieses biologische Herbizid wird 30 Minuten nach dem Einschlag der Rot-Erle (*Alnus rubra*) und der Sitka-Erle (*Alnus sinuata*) auf die