

Aus dem Max-Planck-Institut für Kulturpflanzenzüchtung, Hamburg-Volksdorf

Die züchterische Bearbeitung des Kulturchampignons (*Psalliota bispora* Lge.) Probleme und erste eigene Ergebnisse*

Von GERDA FRITSCH und REINHOLD VON SENGBUSCH

Mit 9 Abbildungen

Der Champignon (*Psalliota bispora* Lge.) nimmt unter den Kulturpflanzen eine Sonderstellung ein. Er benötigt zu seinem Wachstum weder Sonnenlicht noch die übliche Ackerfläche. Sein Anbau wird auf zubereitetem Substrat in Räumen durchgeführt. In den letzten Jahrzehnten wurden die Kulturmethoden verbessert. Dadurch konnten die jährlichen Erträge erheblich gesteigert werden. Aufgabe der Züchtung ist es, an die neuen Kulturbedingungen angepaßte, leistungsfähige Sorten zu schaffen.

Da wir bei der Champignonzüchtung noch am Anfang stehen, kann man mit großen Leistungssteigerungen rechnen.

1. Zielsetzungen, die sich aus dem Anbau ergeben

Das älteste Kulturverfahren ist das der Grundbeete. Die Beete werden auf dem Boden in Hügelform angelegt. Die Anbaufläche entspricht etwa der Grundfläche. Das Verfahren wird nur noch in Höhlen und anderen oft schlecht zu belüftenden Räumen angewendet.

Eine gute Ausnutzung des Raumes wird durch die Kultur auf Stellagen oder in Kisten erreicht. Die Kisten werden schachbrettartig übereinander gesetzt. Je nach Höhe des Raumes können vier bis sechs oder mehr Kisten beziehungsweise Stellagen übereinander stehen. Die Anbaufläche beträgt ein Vielfaches der Grundfläche. Die Erhöhung der Anbaufläche im Raum setzt eine gute Belüftung voraus. Die Kulturflächen sondern Gase, vor allem Kohlendioxyd (TSCHIERPE, 1959) ab, die die Fruchtkörperbildung ungünstig beeinflussen. Gegenüber diesen Gasen weniger empfindliche Sorten wären für eine intensive Kultur besonders geeignet.

Als Nährsubstrat verwendete man früher nur Pferdemistkompost. Seit einiger Zeit kompostiert man auch Schweinedung und Mischungen von Geflügeldung mit Pferdemist. Es gibt auch Rezepte für sogenannte synthetische Komposte. Bei diesen wird Stroh mit organischen sowie anorganischen Zusätzen verwendet.

Die Substratzubereitung erfordert viel Finger-spitzengefühl. Kleine Fehler können zu großen Ertragsverlusten führen. Die Tätigkeit von Mikroorganismen entscheidet über die Qualität des Kompostes. Die Mikroflora und -fauna ist heterogen und sehr von der Temperatur und Belüftung abhängig.

* Herrn Prof. Dr. HANS STUBBE zum 60. Geburtstag gewidmet.

Das Ziel der Züchtung müssen Sorten sein, die sowohl auf guten Komposten besonders hohe, als auch auf qualitativ geringeren Komposten ausreichende Erträge liefern.

Zum Beimpfen des Kompostes (Spicken) wird unter sterilen Bedingungen herangezogenes Mycel (Brut) verwendet. Es gibt Mist- und Körnerbrut. Bei der Mistbrut dient kompostierter und sterilisierter Pferdemist als Nährsubstrat. Zur Herstellung der Körnerbrut werden Getreidekörner verwendet. Das Mycel umspinnt die Körner. In beiden Fällen wird die Brut in den Kompost eingearbeitet. Die Bruthersteller bevorzugen Stämme, die das Nährsubstrat schnell durchspinnen.

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, im Anschluß an das Kompostieren eine mehr oder weniger lange Pasteurisierungszeit bei 58 °C durchzuführen. Durch das Pasteurisieren werden die letzten Umsetzungen des Kompostes gefördert und das sich dabei bildende Ammoniak ausgetrieben. Ferner werden Schädlinge vernichtet, für den Champignon nützliche Mikroorganismen jedoch erhalten und damit zu Gunsten des Champignons gute Vorbedingungen für den Konkurrenzkampf geschaffen.

Das Bespicken des Kompostes geschieht bei der Kultur in Grundbeeten oder auf Stellagen im Kulturraum. Bei der Kistenkultur ist dafür ein besonderer Raum vorgesehen. In diesem Raum bleiben die Kisten nach dem Spicken noch zwei Wochen übereinandergestapelt stehen. In dieser Zeit kann das Mycel den Kompost durchwachsen bzw. durchspinnen, wie es der Champignonanbauer nennt. Der Hauptvorteil der Kistenkultur gegenüber den beiden anderen Kulturmethoden liegt in der Einsparung des Kulturraumes für diese zwei Wochen Anwuchszeit.

Nachdem das Mycel den Kompost durchspinnen hat, wird eine etwa 2—4 cm dicke Deckschicht darüber gebreitet. An Material verwendet man mit Kalk vermischten Torf, Einheitserde, Lehm u. a. m. Ohne diese Deckschicht gibt es keine oder nur ganz vereinzelt Pilze. Etwa zwei Wochen nach dem Decken können die ersten Fruchtkörper geerntet werden.

Beim ältesten, hier als normal bezeichneten Spickverfahren wird die Brut nur in die oberste Substratschicht eingearbeitet. Nach einer von HAUSER und SINDEN (1959) erarbeiteten Methode wird die Brut ganz mit dem Substrat vermischt. Bei diesem Verfahren wird die doppelte Brutmenge gegenüber nor-

mal benötigt. Die Erträge erhöhen sich. Nach einem dritten, von RIBER RASMUSSEN (1959b) ausgearbeiteten Verfahren (Aufschütteln der Brut = shake up spawning) spickt man normal und vermischt nach etwa zehn Tagen die vom Mycel durchwachsenen Substratteile mit den noch mycelfreien Stellen. Bei allen drei genannten Methoden deckt man die Beete etwa zwei Wochen nach dem Spicken. Nach weiteren zwei bis drei Wochen beginnt die Ernte.

Bei einem von HUHNE und VON SENGBUSCH (1959) entwickelten Verfahren, dem Aktivmycelspickverfahren, wird sofort nach dem Spicken gedeckt. Schon sechzehn Tage danach können in der Regel die ersten Fruchtkörper geerntet werden. Es werden also ca. zwölf Tage der ertragslosen Zeit eingespart. Das bei diesem Spickverfahren verwendete sogenannte Aktivmycel wird unter normalen Kulturbedingungen hergestellt. Man mischt reichlich Brut unter den pasteurisierten Kompost. Nach etwa drei Wochen hat das Mycel das Substrat dicht durchspinnen. Dieses Mycel wird zum Spicken verwendet. Es wird im Verhältnis 1:6 bis 1:10 mit dem Kompost vermischt. Wir wissen heute noch nicht, welche Konsequenzen sich aus den verschiedenen Spickmethoden für die Züchtung ergeben. Bei unseren Sortenprüfungen hatten das normale wie auch das Aktivmycelspickverfahren keinen Einfluß auf die relative Ertragshöhe.

Die Züchtung schnellspinnender Stämme ist für alle Spickverfahren gleich wichtig. Jeder eingesparte Anwachstag erhöht die Rentabilität des Champignonanbaues. Auch sollte die zwischen dem Decken und dem Beginn des Ertrages liegende Zeitspanne verkürzt werden.

Bei der Champignonkultur wechseln stets Tage mit hohem und solche mit geringem Ertrag einander ab. Man spricht von einem wellenförmigen Ertragsverlauf. Meist sind die zweiten und dritten Erntewellen die größten. Danach läßt der Ertrag in der Regel nach. Der Ertragsrhythmus der einzelnen Sorten kann sehr unterschiedlich sein. RIBER RASMUSSEN (1959a) unterscheidet schnell- und langsamfruchtende Stämme. Wir haben zwei Sorten verglichen und einen sehr unterschiedlichen, aber charakteristischen Ertragsverlauf festgestellt (FRITSCHKE und VON SENGBUSCH 1961).

Sorten mit hohem Anfangsertrag sind im Interesse eines schnellen Wechsels der Kulturen erwünscht. Besonders große Ertragswellen können jedoch auch Nachteile haben. Wenn sehr viele Pilze auf einmal je Flächeneinheit erscheinen, treiben sie sich leicht gegenseitig hoch, werden langstielig und öffnen sich früh. Ihr Verkaufswert wird dadurch herabgesetzt. Nach der Ernte bleiben die Beete mehrere Tage ohne Ertrag. Der Züchter sollte Stämme auslesen, die auch bei hohen Anfangserträgen nicht zu ausgesprochenen Wellen neigen. Die Pilze sollen dicht stehen, aber gut über das Beet verteilt sein. Ideal sind Stämme, die über einen möglichst langen Zeitraum kontinuierlich hohe Erträge liefern.

Der Jahresertrag steht in Beziehung zur Umschlagshäufigkeit. Jeder Ansatz einer neuen Kultur erfordert einen hohen Kapitaleinsatz. In welchem Maße der Reingewinn durch Anbau von Sorten mit hohem Anfangsertrag gesteigert werden kann, zeigt Tab. 1. Die Berechnungen gelten für eine Kulturfläche von

Tabelle 1. Vergleich des jährlichen Reingewinns (ohne Abschreibung von Gebäuden und Maschinen) bei verschiedener Umschlagshäufigkeit und unterschiedlichem Ertragsverlauf. Kulturfläche: 150 qm, Kistensystem.

Zahl der Erntewochen	Umschlagshäufigkeit	Beispiel I		Beispiel II	
		kg/qm	DM Reingewinn	kg/qm	DM Reingewinn
3	10,5	5,0	7350	8,0	24360
4	9,0	6,5	13662	10,0	30600!
5	7,5	7,5	15375	11,0	29550
6	6,5	8,5	16900	12,1	29470
7	6,0	9,5	18600	12,6	28820
8	5,5	10,0	18700	13,0	27610
9	5,0	10,5	18350	13,7	26990
10	4,5	11,0	17730	14,8	26960
12	4,0	11,5	16840	15,6	25680

150 qm, entsprechend der Größe unserer Kulturräume. Sie basieren auf bei uns vorliegendem Zahlenmaterial. Wir arbeiten mit dem Kistensystem, pasteurisieren das Substrat und wenden das Aktivmycelspickverfahren an. Hierdurch wird der Ertragsrhythmus zu Gunsten des Anfangsertrages verschoben. Wir besitzen Maschinen zum Umsetzen des Kompostes, zum Transport der Kisten und zum Spicken. Die Abschreibungen für Gebäude und Maschinen sind bei der Berechnung nicht mit erfaßt. Sie können vernachlässigt werden, da sie bei unserer Fragestellung eine untergeordnete Rolle spielen. Es sollte lediglich errechnet werden, bei welcher Umschlagshäufigkeit unter unseren Verhältnissen die Champignonkultur am rentabelsten ist. Tabelle 1 zeigt, daß die Rentabilität von der Höhe des Anfangsertrages abhängt. Wenn, wie im Beispiel I, nach acht Erntewochen ein Ertrag von 10 kg/qm erreicht wird, liegt die größte Rentabilität bei einem Wechsel der Kulturen nach acht Erntewochen. Der jährliche Reingewinn beträgt 18700 DM.

Werden, wie im Beispiel II, schon nach vier Erntewochen 10 kg Pilze/qm geerntet, liegt die größte Rentabilität bei einem Wechsel der Kulturen nach vier Erntewochen. Der jährliche Reingewinn beträgt dann 30600 DM. Das sind 11900 DM mehr als im ersten Fall.

Wichtig ist, daß eine Sorte auch unter ungünstigen Bedingungen ihren hohen Anfangsertrag bringt. Der Champignonanbauer ist an den von ihm gewählten Arbeitsrhythmus gebunden. Darum muß eine Kultur, auch wenn sie nach der vorgesehenen Anbauzeit nicht den erwarteten Ertrag gebracht hat, ausgeräumt werden.

Die Gewinnung ertragssicherer Sorten ist eines der Hauptziele, die sich für den Züchter aus den Fragen des Anbaues heraus ergeben.

Zur Ertragssicherheit trägt auch die Resistenz gegen Krankheiten bei.

2. Zielsetzungen, die sich aus der Verwertung ergeben

Ein großer Teil der Champignons wird konserviert. Von der Konservenindustrie werden in Deutschland kleine Pilze verlangt. Pilze mit einem größeren Durchmesser als 3,5 cm gehören nicht mehr zur I. Wahl. Allerdings bemüht sich der „Bund Deutscher Champignonzüchter“ zur Zeit um eine Neuregelung der Bestimmungen, bei der die Größenbegrenzungen wegfallen.

Die Konservenindustrie verlangt kleine Pilze. Fabriken, die die Champignons bei der Herstellung von Suppenwürfeln, Aufstrichen u. a. m. verwenden, bevorzugen dagegen große Pilze. Der Züchter muß beiden Anforderungen gerecht werden.

Pilzkonserven I. Wahl dürfen in Deutschland niemals offene Pilze enthalten. Diese kommen in die III. Wahl, leicht geöffnete Champignons in die II. Wahl. Darum ist der Champignonanbauer darauf bedacht, die Pilze in geschlossenem Zustand zu ernten.

Nach arbeitsfreien Tagen gibt es häufig offene Pilze. Hier kann die Züchtung helfend eingreifen, indem sie Sorten in den Handel bringt, die sich schwer öffnen. Wir haben hinsichtlich dieser Eigenschaft Unterschiede zwischen den Stämmen feststellen können.

Die Konservenindustrie verlangt Pilze von einwandfreiem Querschnitt. Hohle Stengel, wie sie bei einigen Sorten auftreten, mindern den Wert; ebenfalls wässrige Stellen.

Außer durch Konservieren bei Überdruck können Pilze durch Trocknen bei $+70^{\circ}\text{C}$ haltbar gemacht werden. Dieses Verfahren spielt wirtschaftlich keine Rolle. Eine andere Methode der Konservierung hingegen wird wahrscheinlich bald an Bedeutung gewinnen. Es handelt sich um die Gefriertrocknung. Die Produkte werden durch allmähliche Sublimation des Eises im Vakuum getrocknet. Die Form der Pilze bleibt dabei erhalten. Der Züchter muß auf die Entwicklung der Konservierungstechnik achten und rechtzeitig mit der Züchtung der für die neuen Methoden geeigneten Stämme beginnen.

3. Zielsetzungen, die sich aus dem Verbrauch ergeben

Der deutsche Verbraucher verlangt vorwiegend kleine Champignons. Er verwendet die delikaten Pilze vor allem bei Festlichkeiten. Sie dienen zur Garnierung von Platten, zur Bereitung von Suppen, werden als Salat oder Gemüse gereicht u. a. m. In allen Fällen erhält man gern die gefällige Pilzform, sei es auch nur im Querschnitt. So ist es zu erklären, daß die Hausfrau kleine bis mittelgroße Pilze wünscht. Ein zweiter Grund hierfür ist: der Verbraucher hält kleine Pilze für jünger und daher zarter. Interessant ist, daß in England im Gegensatz zu Deutschland große, offene Pilze bevorzugt werden. In Deutschland nehmen nur Gaststätten gern größere Pilze, da sie weniger Arbeit bei der Zubereitung machen.

Der Züchter muß den Anforderungen des Käufers Rechnung tragen. Neben der Größe muß er auf die Qualität der Pilze achten. Leichte Pilze mit dünnem Stiel und kleinem Hut interessieren weder den Käufer noch den Anbauer. Sie sind dem Käufer zu unschön, dem Anbauer zu leicht. Erwünscht sind kleine bis mittelgroße, kräftige Pilze mit kurzem, dickem Stiel und relativ großem Hut. Die Qualität der Pilze hängt nicht nur von ihrem Genotyp, sondern auch von den Kulturbedingungen ab. Bei schlechter Belüftung (TSCHIERPE, 1959) und bei hohen Temperaturen werden die Pilze langstielig, bei Trockenheit kommt es zu starker Schuppenbildung oder sogar zum Platzen der Kappen. In Zugluft verfärben sich weiße Champignons. Stehen die Pilze sehr dicht, bleiben sie klein und zart, stehen nur einzelne Pilze

auf der Beetfläche, werden sie oft sehr groß und kräftig. Trotzdem kann die Eigenschaft „Pilzgröße“ erfolgreich züchterisch bearbeitet werden. Eigene Versuche deuten darauf hin (FRITSCH und VON SENGBUSCH, 1961). Die darin benutzten Sorten behielten in mehreren Prüfungen ihr charakteristisches Einzelpilzgewicht am sichersten von allen untersuchten Eigenschaften bei.

Bei der Aufstellung der Zuchtziele muß der Champignonzüchter die Wünsche des Verbrauchers hinsichtlich der Pilzfarbe berücksichtigen. In England werden nur weiße Champignons angebaut. Andersfarbige Pilze kauft niemand. In Deutschland gibt es neben weißen Sorten cremefarbige, blonde und braune. Allerdings werden auch hier von vielen Hausfrauen die weißen Pilze bevorzugt.

Die weißen Pilze verfärben sich in der Regel bald an den Druckstellen. Sie werden schneller unansehnlich als die blonden Champignons. Die Züchtung weißer Stämme, deren Pilze unempfindlich gegen Druck sind, wäre erwünscht.

Sortenunterschiede hinsichtlich der Lagerfähigkeit sind bekannt. Wir konnten sie besonders an zwei blonden Handelssorten beobachten. Nach fünf Tagen Lagerung im Polybeutel waren die Pilze des einen Stammes noch tadellos erhalten, während die der Vergleichssorte braun verfärbt und schmierig waren. Die Schnittstellen dieser Sorte sind in der Regel schon nach einem Tag unansehnlich.

4. Methoden zum Erkennen der gewünschten Eigenschaften

Voraussetzung für eine erfolgreiche Züchtung ist die Entwicklung der geeigneten Methoden, da es von ihnen abhängt, wie schnell und mit wieviel Arbeitsaufwand das erstrebte Zuchtziel erreicht wird. Die gewünschten Eigenschaften müssen möglichst früh und sicher erkannt werden.

Wenn man nachweisen könnte, daß, in Parallele zu den Größenunterschieden beim Pollen diploider und tetraploider Pflanzen, große Sporen besonders leistungsfähige Stämme ergeben, könnte man daran denken, am Anfang der züchterischen Arbeiten eine Selektion der Sporen auf Größe durchzuführen. Man könnte die Auslese auch etwas später, kurz nach der Keimung der Sporen, vornehmen. Möglicherweise liefern die zuerst gekeimten Sporen das leistungsfähigste Mycel. Unsere diesbezüglichen Versuchsergebnisse haben diese Annahme nicht bestätigen können.

Schon bald nach der Keimung kann man deutliche Unterschiede im Aussehen und in der Wachstumsgeschwindigkeit des Mycels der einzelnen Stämme erkennen. Die Eigenschaft „Schnellspinnen“ ist für die Brutherstellung und auch für die Kultur im Kompost äußerst wichtig. Je schneller sich das Mycel im Kompost ausbreitet, desto weniger können Schädlinge Fuß fassen. Die Spinn Schnelligkeit des Mycels auf künstlichen Nährböden kann sich von der im Pferdemitkompost unterscheiden. Man sollte die Stämme in einem möglichst frühen Entwicklungsstadium auf Kompost auf hohe Wachstumsgeschwindigkeiten auslesen. Hierzu eignet sich der von EGER (1961) entwickelte Halbschalentest: Eine Petrischale wird halb mit Kompost gefüllt, sterilisiert und danach steril beimpft. Hat das Mycel das Substrat durch-

spinnen, wird die leere Hälfte der Schale mit unsteriler Deckerde gefüllt. Das Mycel wächst in die Deckerde hinein und bildet später Anlagen und einzelne Pilze.

Mit dem Halbschalentest kann man die Stämme zunächst auf Spinnschnelligkeit im Kompost auslesen und sie anschließend ohne Zeitverlust auf weitere Eigenschaften prüfen. Stämme, die die Deckerde in der Schale weit durchspinnen und erst dann Anlagen bilden, werden auch im Kulturbeet leicht die Deckerde durchwachsen. Sie bilden „schwimmendes Mycel“, wie der Champignonanbauer diese Erscheinung nennt. „Schwimmendes Mycel“ verhindert die Fruchtkörperbildung. Mit dem Halbschalentest kann also auch in dieser Richtung eine frühe Auslese durchgeführt werden.

Eine baldige Bildung von Anlagen in der Petrischale deutet auf die Eigenschaft „frühtragend“ hin. Es ist jetzt zu prüfen, ob sich der Halbschalentest zu einer Vorauslese auf die Quantität der Fruchtkörperbildung verwenden läßt.

Anschließend an den Halbschalentest wird eine Auslese im 1l-Weckglas vorgenommen (Weckglas-Methode). Das Glas wird mit etwa 400 g präpariertem Kompost gefüllt und mit einem Teelöffel voll Körnerbrut gespickt. Es wird nach bestimmter Anwuchszeit gedeckt und im Kulturraum aufgestellt. Auf dem Etikett werden das erste Erntedatum und die Zahl der geernteten Pilze, nach Wochen zusammengefaßt, notiert. Man kann neben den Eigenschaften, die schon im Halbschalentest erkennbar sind, wie Spinnen des Mycels im Kompost und in der Deckerde und Ertragsbeginn, auch die Merkmale Ertragshöhe, Ertragsverlauf und Aussehen der Pilze beurteilen. Die Methode ist sehr grob, gestattet aber eine Eliminierung der ertragsschwachen Typen. Auf relativ kleinem Raum kann eine große Zahl von Stämmen vorselektiert werden.

Sichere Werte bringt erst eine häufig wiederholte Prüfung der Stämme in Kulturkisten bzw. -beeten.

Die Qualität der Pilze muß immer wieder beurteilt werden, da sie leicht durch Umwelteinflüsse verändert werden kann. Über das durchschnittliche Einzelpilzgewicht geben Wägungen und Zählungen Auskunft.

Den Ertragsverlauf veranschaulichen am besten graphische Darstellungen (Abb. 6). Es genügt eine Einzeichnung der Wochenerträge. Die Stämme mit hohem Anfangsertrag werden schnell und sicher erkannt.

5. Methoden zur Gewinnung neuer Genotypen

Über die Genetik des Kulturchampignons ist bis jetzt nur wenig bekannt. In den Veröffentlichungen auf diesem Gebiet finden sich vielfach Widersprüche.

Für die Zahl der Chromosomen von *Psalliota bispora* z. B. gibt KLIGMAN (1943) $n = 9$, SARAZIN (1955) dagegen $n = 4$ und EVANS (1959) $n = 12$ an.

Während das Auslegen eines Samenkornes und die Beobachtung der Keimung bei den höheren Pflanzen meistens keinerlei Schwierigkeit bereiten, ist die Gewinnung des Mycels einer einzelnen Champignonspore mühsam. Die Spore ist nur unter dem Mikroskop zu erkennen, die Keimprozentage sind sehr gering, und das sterile Arbeiten, das zur Anzucht unerlässlich ist, wirkt erschwerend. Daher gehen die Champignon-

züchter und Bruthersteller vorwiegend von Vielsporaussaaten aus. Sie erhalten dann aber eine Population, bei der alle Genotypen miteinander konkurrieren müssen. So ist es denkbar, daß sehr fruchtbare, aber nicht schnell wachsende Typen bald durch ertragsschwächere, aber schneller spinnde Formen eliminiert werden.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich die Notwendigkeit, bei der Neuzüchtung von Champignonsorten zunächst von Einsporkulturen auszugehen.

Daß Einsporkulturen des Kulturchampignons fertil sind, ist bereits von mehreren Autoren bestätigt worden (LAMBERT 1929, SINDEN 1935, 1936, SARAZIN 1939, KLIGMAN 1943 und BORZINI und CERUTI SCURTI 1956). Im Gegensatz zum Wiesenchampignon (*Psalliota campestris* L.), der in der Regel nur einen Kern je Spore besitzt, sind die Sporen des Zuchtchampignons zweikernig. Es werden von der Basidie nur zwei Sporen abgeschnürt und die vier haploiden Kerne paarweise auf diese verteilt. Mitunter bilden sich an der Basidie drei, seltener eine oder vier Sporen. Die Kernzahlen sind entsprechend verändert (KLIGMAN 1943 und SARAZIN 1955). Leider konnte, bedingt durch die niedrige Keimrate, bisher noch nicht geklärt werden, wie sich die aus solchen Sporen hervorgegangenen Stämme verhalten.

Erfolge in der Neuzüchtung könnte vielleicht auch die Kombination mehrerer Einsporstämme bringen. Wenn man z. B. frühtragende Stämme mit spätfruchtenden vermischt, könnte man eventuell eine frühe und trotzdem langanhaltende Ernte erzielen. Eine Mischung von Stämmen, deren jeder gegen eine andere Krankheit resistent ist, gäbe eine gewisse Sicherung vor Totalverlust bei Ausbruch einer dieser Krankheiten. Es könnte auch sein, daß sich Stämme gegenseitig im Wachstum sowie der Ertragsleistung fördern. Alle diese Probleme sind noch nicht eingehend untersucht worden. Ebenfalls muß noch geprüft werden, ob man Champignonstämme kreuzen kann. Voraussetzung hierfür ist ein Kernaustausch zwischen den Mycelien verschiedener Stämme. Es müssen fremde Kerne zusammen in die Basidie gelangen und dort verschmelzen. Durch die anschließende Reduktionsteilung und Verteilung der Kerne in die beiden Sporen könnten neue Genotypen entstehen.

Die Kreuzung von Stämmen steht bei der Züchtungsarbeit mit höheren Pflanzen an erster Stelle. Höhere Pflanzen sind jedoch in allen Stadien der Entwicklung Zygoten. Der diploide Kern ist in allen Teilen der Pflanze von der gleichen genetischen Beschaffenheit.

Der Champignon ist in seinem gesamten Lebenszyklus haploid. Lediglich in der Basidie erfolgt eine Verschmelzung zweier haploider Kerne zur Zygote (SARAZIN 1955). Danach tritt sofort eine Reduktionsteilung ein. Es entstehen nach einer anschließenden Äquationsteilung vier haploide Kerne. Sie wandern paarweise in die Sporen und teilen sich erneut.

Im wachsenden Mycel nimmt die Zahl der Kerne je Zelle stark zu. Nach KLIGMAN (1943) und SARAZIN (1955) teilen sich nicht immer alle Kerne einer Zelle gleichzeitig. Später finden, ehe es zur Sporenbildung kommt, mehr Zell- als Kernteilungen statt, so daß die Zahl der Kerne je Zelle abnimmt. Die Basidie enthält schließlich nur noch zwei.

Da sich Kerne und Zellen unabhängig voneinander teilen, ist die Gefahr einer Entmischung gegeben.

Eine weitere Möglichkeit, neue Genotypen zu erhalten, liegt in der Gewinnung von Mutanten. Der Champignon ist von Natur aus variabel. Unter den von uns gewonnenen Einsporstämmen fanden wir relativ viele vom Normalen abweichende Typen. Vorwiegend waren es sehr schlecht wachsende oder fast sterile Stämme. Einige Einsporstämme hatten deformierte Fruchtkörper.

Versuche der künstlichen Mutationslösung (BREITENFELD, TILL, unveröffentlicht) blieben bisher erfolglos. Weder eine P_{32} -Behandlung, noch hohe Dosen an Röntgenstrahlen führten zu neuen Genotypen. Interessant ist, daß die Sporen noch nach einer Bestrahlung von 250 000 r keimten und normales Mycel lieferten. Mycel verträgt sogar die doppelte Strahlendosis.

6. Eigene Auslesearbeiten

Um einen Überblick über die Leistung der schon vorhandenen Champignonsorten zu bekommen, prüften wir zunächst 50 Sorten aus dem In- und Ausland.

Wir beobachteten außerordentlich große Ertragsunterschiede, bis zu 100%, zwischen den einzelnen Handelssorten. Einige Ergebnisse zeigt die graphische Darstellung in Abb. 1. Die Sorten konnten nicht alle gleichzeitig geprüft werden. Wir geben, um eine Vergleichsbasis zu haben, daher die Erträge in % des jeweiligen Versuchsmittels an.

Als Ausgangsmaterial für die züchterischen Arbeiten benutzten wir 31 der 50 Handelssorten. Dabei bevorzugten wir diejenigen Sorten, die in unseren Versuchen hohe Erträge geliefert hatten.

Wir arbeiten zunächst nur mit Einsporstämmen. Da wir möglichst schnell zu einer großen Zahl von Individuen kommen wollten, um die wenigen besonders leistungsfähigen Typen daraus auslesen zu können, isolierten wir die Sporen vorerst nicht unter dem Mikroskop, sondern auf „grobe Weise“. Erst später gewannen wir aus den ertragreichsten Stämmen echte Einsporstämme.

Zur Sporengewinnung benutzen wir Wassergläser, die auf dem Unterteil einer Petrischale mit der Öffnung nach unten stehend bei 140 °C sterilisiert worden sind. Pilze, deren Schleier bereits gespannt ist, werden am sterilen Ort unter das Glas geschoben. Wenn, drei oder vier Tage später, der Boden der Petrischalenhälfte mit der braunen Sporenmasse bedeckt ist, wird das Wasserglas gegen das sterilisierte Oberteil der Petrischale ausgewechselt.

Als Nährsubstrat für die Aussaat benutzen wir einen mit Agar verdickten Weizenextrakt. 125 g Weizenkörner werden mit 4 l destilliertem Wasser zwei Stunden lang gekocht. 24 Stunden später wird die Flüssigkeit abgegossen und mit 2% Agar verdickt. Der pH-Wert dieses Nährbodens beträgt etwa 5,8.

Die Aussaat erfolgt in Petrischalen. Von 20–50 Sporen, die durchschnittlich in einem Tropfen unserer Aufschwemmungen enthalten sind, keimen meistens nur einzelne; mitunter auch gar keine. Daher säen wir jeweils mehrere Schalen aus, denen wir verschiedenen großen Mengen der Sporensuspension zusetzen. Die Sporen werden unter das verflüssigte Nährsubstrat gemischt. Da nach KLIGMAN (1950) wach-

sendes Mycel die Keimung fördert, impfen wir den Schalen Mycel zu.

Nach etwa zwölf Tagen können wir in der Regel die ersten einzeln stehenden Mycelien mit dem Spatel ausstechen und auf Agarröhrchen übertragen.

Die eben geschilderte „grobe“ Anzuchtmethode hat den Nachteil, daß man beim Ausstechen des Mycels zusammen mit dem Nährboden Sporen ausstechen kann, die vielleicht noch keimen. Darum säen wir die Sporen seit einiger Zeit vorwiegend in flüssigem Nährboden aus. Dabei wenden wir eine am hiesigen Institut von BREITENFELD (unveröffentlicht) entwickelte Methode an. Das Mycel, sogenanntes Anregermycel, wird in einen Dialyserschlauch geimpft, der in einem Erlenmeyerkolben in einer Nährlösung hängt. Die keimungsfördernden

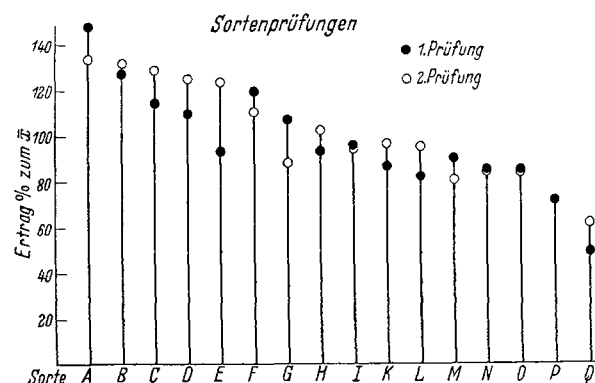


Abb. 1. Sortenprüfungen. Ergebnisse in % zum jeweiligen Versuchsmittel angegeben.

Stoffe diffundieren durch die Schlauchwand hindurch. Als Nährsubstrat für das Anregermycel und die keimenden Sporen wird eine 4%ige Biomalz-lösung verwendet. Das Mycel der gekeimten Sporen wird auf Agarröhrchen übertragen.

Aber auch eine Aussaat in flüssigem Nährboden ist noch keine Garantie für Einsporstämme und daher auch eine „grobe“ Methode. Es kommt mitunter vor, daß mehrere Sporen in einem Klumpen zusammenliegen.

Zur Gewinnung einzelner Sporen bedienen wir uns einer dem Tusche-punktverfahren von BURRI ähnlichen Methode.

Jeweils sechs kleine Tropfen einer Sporensuspension werden unter dem Mikroskop auf ihren Gehalt an Sporen kontrolliert. Die Tropfen hängen dabei zum Schutz vor Verdunstung und Infektion an einem Deckgläschen, das auf einem Objektträger mit Ring ruht. Enthält ein Tropfen nur eine Spore, wird er mit einem sterilen Filtrierpapierschnitzel aufgesaugt. Der Schnitzel wird in ein 25 ccm Erlenmeyerkölbchen geworfen, in dem sich eine 4%ige Biomalz-lösung und Anregermycel im Dialyserschlauch befinden.

Das Verfahren erfordert, besonders bei Champignons-sporen, deren Keimprozent im allgemeinen gering sind, einen hohen Arbeitsaufwand. Wir wenden es daher nur bei den Sporen eigener, besonders ertragreicher Einsporstämme an, die zuerst auf „grobe Weise“ isoliert wurden. Es steht bei diesen nicht fest, daß sie wirklich nur aus einer Spore hervorgegangen sind. Daher muß mit Ertragsschwankungen gerechnet werden. Durch Isolierung einzelner Sporen

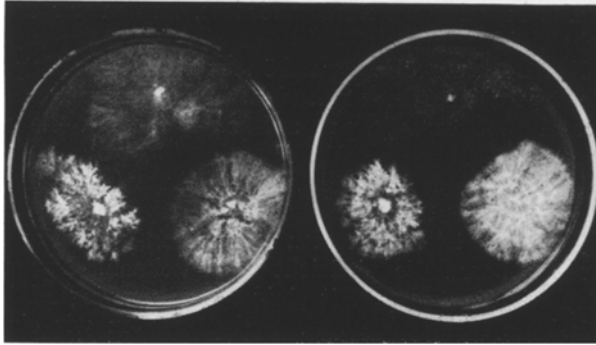


Abb. 2. Drei Einsporstämme unterschiedlicher Spinnschnelligkeit sowie Mycelform. Kulturen in Petrischalen auf Weizenagarnährboden.

von diesen Stämmen hoffen wir, eine Konstanz in der Leistung zu erreichen.

Zur weiteren Anzucht der Einsporstämme benutzen wir den bereits beschriebenen Weizenagarnährboden. Mit jedem Stamm werden drei Röhrchen beimpft. Dadurch haben wir einerseits eine Reserve, andererseits kann das Mycel hinsichtlich der Gleichmäßigkeit in Form, Farbe und Wachstumsgeschwindigkeit beobachtet werden. Besonders langsam spinnde Typen werden eliminiert.

Die Wachstumsgeschwindigkeit der Einsporstämme im Kompost prüfen wir mit dem von EGER (1961) entwickeltem Halbschalentest. Die Methode wurde im Abschnitt „Methoden zum Erkennen der gewünschten Eigenschaften“ ausführlich beschrieben. Mit dem Halbschalentest lesen wir auch auf „Frühzeitigkeit des Ertrages“ aus. Ferner werden Stämme, die besonders stark durch die Deckerde spinnen, bereits jetzt entfernt.

Die nächste Auslese der Einsporstämme erfolgt nach der Weckglas-Methode (siehe oben).

Anschließend werden die Stämme in zwei Kulturkisten geprüft (entsprechend 1 qm Anbaufläche). Je Kiste verwenden wir etwa 25 kg Kompost. Die Kistenskulturen stehen in oberirdisch gelegenen Kulturräumen. Wir wenden das Aktivmycelspick- und -anbauverfahren an (HUHNKE und von SENGBUSCH 1959). Es werden vornehmlich die für dieses Verfahren geeigneten Typen ausgelesen. Nur die Stämme werden weiter geprüft, die einen Ertrag von etwa 11 kg/qm gebracht haben. Bei Festlegung des Grenzwertes werden das jeweilige Versuchsmittel und der Ertrag der Standardsorten berücksichtigt.

Die nächste Auslese findet in fünf Kulturkisten (2,5 qm) und die letzte in zehn Kisten (5 qm Anbaufläche) statt. Die Prüfung in zehn Kisten wird mehrmals wiederholt.

7. Ergebnisse

Bisher wurden 4500 Einsporstämme herangezogen (grobe Methode). Sie stammen von 31 Handelssorten ab.

Die Einsporstämme zeigten bereits auf Agarnährboden in der Form und Farbe des Mycels sowie in der Spinnschnelligkeit große Unterschiede (Abb. 2).

Es lassen sich drei Hauptformen unterscheiden:

1. Mycel belagartig, meist langsam wachsend
2. Mycel flauschig
3. Mycel fädig-strängig

} Abb. 3.

Die Stränge sind mitunter stark verdickt und entwickeln Knötchen (Abb. 4).

Zwischen diesen drei Typen gibt es viele Übergänge, z. B. einen dünnen Belag mit einzelnen Strängen oder dichtfädiges Mycel, das an den Enden flauschig wird. Das flauschige Mycel überspinnt in der Regel langsam das fädige.

Wir wählten drei Einsporstämme aus, von denen jeder einen der genannten Haupttypen repräsentierte, und beobachteten sie hinsichtlich der Konstanz ihrer Mycelform. Das Mycel wurde bisher siebenmal umgeimpft. Wenn es die Nährbodenoberfläche übersponnen hatte, wurden die Röhrchen bei +3 °C gelagert. Das Ergebnis des Versuches zeigt Tab. 2. Der belagartige Typ blieb nach allen Teilungen konstant, während der flauschige Typ fädige und der fädige Typ dagegen flauschige Stellen zeigte.

Um festzustellen, ob man von der Form des Mycels bereits auf die Fruchtbarkeit der Einsporstämme schließen kann, bonitierten wir das Mycelwachstum im Agarröhrchen bei 700 Einsporstämmen. Tab. 3 zeigt, wie die Einsporstämme der verschiedenen Mycelformen bei der ersten Ertragsprüfung im Literglas abschnitten.

In der Tabelle sind diejenigen Einsporstämme nicht mit aufgeführt worden, deren Mycelformen in den drei Reagenzröhrchen unterschiedlich waren.

Beim fädigen Typ sind alle Übergänge vom feinfädigsten Mycel bis zu dicken Strängen erfaßt, beim flauschigen Typ entsprechend von zart plustrigem bis dicht flauschigem Mycel. Das Aussehen des Belages ist bei den einzelnen Kulturen ebenfalls verschieden.

Die Einsporstämme sind in der Tabelle nach der Beurteilung im Literglas gruppiert. Da dies eine

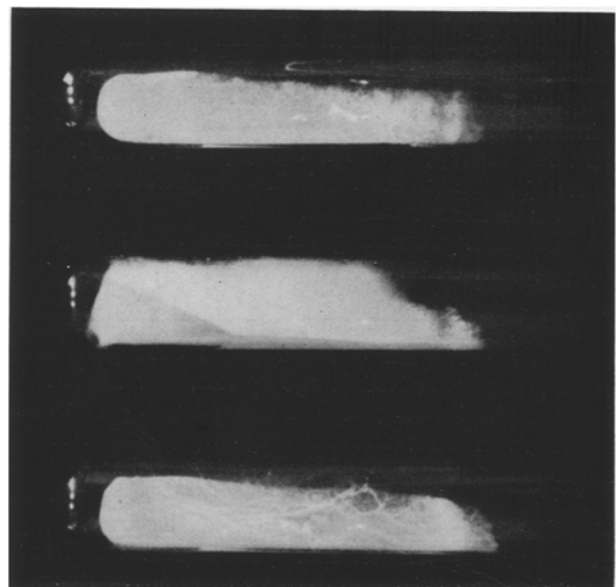


Abb. 3. Drei Einsporstämme mit unterschiedlicher Mycelform. Kulturen in Reagenzröhrchen auf Weizenagarnährboden. — Oben = belagartig; Mitte = flauschig; unten = fädig.

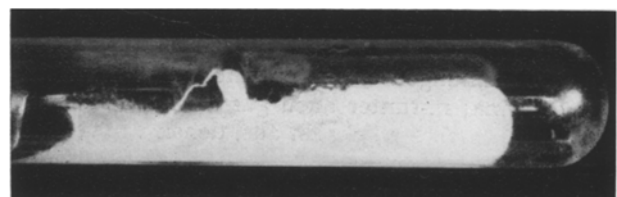


Abb. 4. Knötchenbildung auf Weizenagarnährboden im Reagenzröhrchen.

Tabelle 2. Übersicht über das Verhalten der Mycelien dreier verschiedener Wuchstypen bei 7maliger Vermehrung.

Einsporst. Nr.	Myceltyp	Mycelform nach der						
		1. V. Röhr.	2. V. Röhr.	3. V. Röhr.	4. V. Schale	5. V. Röhr.	6. V. Röhr.	7. V. Röhr.
170	belagartig	typ.	typ.	typ.	typ.	typ.	typ.	typ.
2318	flauschig	typ.	typ.	typ.	fädig, nur an den Enden fl.	2 × typ. 2 × dicht fädig, drüber leicht fl.	typ.	fl. mit fädigen Stellen
2329	fädig	typ.	typ.	typ.	typ.	fädig, drüber leicht fl.	2 × typ. 2 × fäd. an den Enden fl.	fädig, doch kl. leicht fl. Stellen

V = Vermehrung; Röhr. = Kulturen in Reagenzröhrchen auf Agarnährboden; Schale = Kulturen in Petrischalen auf Agarnährboden; typ. = Mycel der Ausgangsform gleich; fl. = Mycel flauschig; fäd. = Mycel fädig.

Tabelle 3. Übersicht über die Ertragsleistung der Einsporstämme verschiedener Mycelform.

Myceltyp	Zahl der Einsporst. mit		Zahl der Einsporst. mit schlechtem Ertrag in % zur Gesamtzahl
	gutem bis mittlerem Ertrag	schlechtem Ertrag	
belagartig	32	9	28,1
flauschig	277	19	6,9
fädig	137	11	8,0

Die Prüfungen fanden in 11-Gläsern statt.

sehr grobe Auslese ist, haben wir nur die ganz schlecht bewerteten Stämme, die absoluten Versager, ins Verhältnis zur Gesamtzahl gesetzt. Es zeigte sich, daß der Prozentsatz der Versager beim belagartigen Typ sehr viel größer als bei den anderen beiden Typen ist. Von den mit „2“ bewerteten und daher in zwei Kisten geprüften Einsporstämmen des belagartigen Types brachte keiner einen so hohen Ertrag, daß er in die nächste Auslesestufe übernommen werden

Tabelle 4. 3. Prüfung guter Einsporstämmen in je 5 Kulturkisten. Übersicht über die Erträge in kg/qm.

Im Mittel (\bar{x}) von 5 Kisten brachten nach 12 Erntewochen:

2 Einsporstämme	15,284—15,680 kg/qm
2 Einsporstämme	14,152—14,224 kg/qm
7 Einsporstämme	13,128—13,424 kg/qm
11 Einsporstämme	12,016—12,880 kg/qm
5 Einsporstämme	
+ Standardsorte I	11,312—11,976 kg/qm
9 Einsporstämme	10,016—10,952 kg/qm
1 Einsporstamm	
+ Standardsorte II	9,680—9,940 kg/qm
2 Einsporstämme	8,740—8,948 kg/qm
1 Einsporstamm	6,188 kg/qm

Tabelle 5. Vergleich der 4 besten Einsporstämme mit 2 guten Handelsorten hinsichtlich der in verschiedenen Zeitabschnitten erreichten Erträge.

Einsporstamm Nr.	mittlerer (\bar{x}) Ertrag von 5 Kisten in kg/qm nach					
	1 Woche	2 Wochen	3 Wochen	4 Wochen	8 Wochen	12 Wochen
1051	2,000	5,148	8,160	9,932	13,588	15,608
655	1,236	5,248	7,716	9,760	14,272	15,284
1206	1,628	4,712	6,820	8,204	12,248	14,224
867	2,316	4,676	7,180	9,064	12,620	14,152
Standard-sorte Nr.						
I	1,264	4,596	5,052	6,044	10,028	11,416
II	1,432	4,980	6,068	6,864	9,552	9,680

konnte. Einsporstämme, deren Mycel belagartig wächst, können demnach schon frühzeitig beseitigt werden. Auch die Eigenschaft „langsam spinnen“, die in jeder Hinsicht nachteilig ist, ob es nun die Brutherstellung oder das Wachsen des Mycels im Kulturraum betrifft, ist frühzeitig zu erkennen. Zwischen dem flauschigen und dem fädigen Typ gab es im Mittel keine Ertragsunterschiede. Der flauschige Typ hat jedoch den Nachteil, daß er die Brutkörner zu dichten Klumpen verspinnt, was die Verteilung der Körner beim Beimpfen der

Beete (Spicken) erschwert. Der fädige Typ bildet mitunter auf Weizenagarnährboden anlagenähnliche Knötchen (Abb. 4). Man könnte annehmen, daß Stämme mit dieser Eigenschaft besonders fruchtbar sind. Dann wäre eine Ertragsauslese bereits im Reagenzröhrchen möglich. Wir konnten in unseren Prüfungen jedoch keinen Zusammenhang zwischen den Eigenschaften „Knötchenbildung auf Weizenagarnährboden“ und „Ertragshöhe“ feststellen.

Hinsichtlich der Abstammung der Einsporstämme verschiedener Wuchstypen von den einzelnen Sorten kann gesagt werden, daß von einigen Sorten vorwiegend flauschige, von anderen vorwiegend fädige Typen gewonnen werden. In geringem Umfang kommt meist auch der belagartige Typ vor.

Bei der ersten Auslese auf Ertrag eliminierten wir jeweils etwa 70% der Stämme, bei der zweiten Auslese abermals 70%. Die dritte Auslese in je fünf Kisten wurde bisher erst mit 40 Stämmen durchgeführt. Als Standard dienten zwei Handelsorten, die in unseren Sortenversuchen die höchsten Erträge gebracht hatten.

Eine Übersicht über die Ergebnisse nach 12 Erntewochen zeigt Tabelle 4. Die Einsporstämme sind hierin nach Leistung geordnet. Sie sind in Gruppen zusammengefaßt, die sich durch die geernteten kg/qm ergeben. Die Standardsorten sind mit 11,4 und 9,7 kg/qm schlechter als die Mehrzahl der eigenen Stämme.

Ein Ertrag von 10 kg/qm bei 50 kg Kompost ist beim Champignonanbau ein guter Ertrag. Die besten eigenen Stämme liegen mit 15,3 und 15,6 kg/qm um 50% darüber. Die Erträge wurden nach 12 Wochen

Tabelle 6. Mittlerer (\bar{x}) Ertrag von 10 Kisten in kg/qm nach 8 Erntewochen.

Einsporstamm	kg/qm
1051	9,142
655	8,488
1206	8,120
867	10,208
Standardsorte Nr.	
I	7,624
II	7,210

erreicht. Sie waren schon nach kurzer Erntedauer relativ hoch (s. Tabelle 5). Eine graphische Darstellung des Ertragsverlaufs der in Tab. 5 angeführten Einsporstämme und Sorten zeigt Abb. 5. Wie die Kurven veranschaulichen, sind bis zur zweiten Erntewoche die Stämme und Sorten im Ertrag gleich, danach bleiben die Sorten hinter den Stämmen

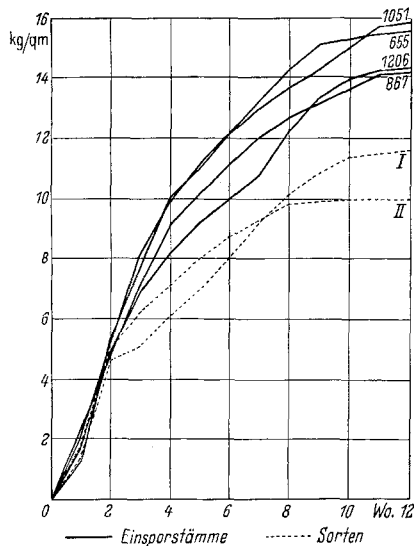


Abb. 5. Summenkurven des durchschnittlichen Gesamtertrages von 4 Einsporstämmen — und 2 Sorten - - - - - Wo = Wochen.

zurück. Sie erreichen einen 8 kg-Ertrag erst nach fünf bis sechs Erntewochen, während die Einsporstämme diesen Ertrag schon nach zweieinhalb bis dreieinhalb Wochen bringen. Einen 14 kg-Ertrag liefern nur die Stämme.

Die 22 besten eigenen Stämme des soeben beschriebenen Versuches, etwa die Hälfte aller geteste-

ten Stämme, wurden zum viertenmal geprüft, diesmal in je zehn Kisten. Eine Übersicht über die Ertragswerte der vier fruchtbarsten Stämme gegenüber den Standardsorten zeigt Tab. 6. Die Erträge sind dieses Mal allgemein niedriger als im vorigen Versuch (vgl. Tab. 5). Die Einsporstämme brachten nur 8–10 kg pro qm, während sie im vorigen Versuch im gleichen Zeitraum bereits 12–14 kg/qm erreicht hatten. Sie liegen aber auch dieses Mal im Ertrag über den Standardsorten. Die Differenz ist geringer als im vorigen Versuch. Stamm 867 schneidet in dieser Prüfung besser als Stamm 1051 ab.

Die Ertragsdifferenzen zwischen den beiden Versuchen beruhen wahrscheinlich auf Qualitätsunterschieden der verwendeten Substrate. Aus der Landwirtschaft ist bekannt, daß besonders auf Ertrag gezüchtete Sorten nur unter guten Wachstumsbedingungen ihre hohe Leistung zeigen. Das gleiche trifft für den Kulturchampignon zu, wie aus den kürzlich von uns durchgeführten Sortenversuchen hervorgeht (FRITSCHKE und VON SENGBUSCH 1961). Hierbei wurden zwei Sorten in sechs verschiedenen Komposten geprüft. Die eine der beiden Sorten war der anderen in allen sechs Substraten überlegen. Die Ertragsdifferenzen waren jedoch um so größer, je höher der Ertrag war.

Die vier besten Einsporstämme stammen von vier verschiedenen Handelsorten ab. Sie liegen im Ertrag über diesen.

Von jeder dieser Sorten wurden auch Stämme gewonnen, die einen mittleren oder schlechten Ertrag brachten. In welchem Maße sich die von denselben Sorten abstammenden Einsporstämme in ihrer Ertragsleistung unterscheiden, veranschaulicht die Tabelle 7. Stamm 1051 geht auf die Sorte P zurück, Stamm 655 auf die Sorte D, Stamm 1206 auf die

Tabelle 7. Übersicht über die Leistung der von 4 verschiedenen Sorten abstammenden Einsporstämme.

Sorte	Sporen- gewinnung von Pilz	1. Auslese Zahl der		Zahl der geprüften Einsporst.	2. Auslese Zahl der Einsp. mit			Zahl der geprüften Einsp.	3. Auslese Zahl der Einsp. mit		
		geprüft. Einsp.	ausge- lesen. Einsp.		gutem Ertrag	mittl. Ertrag	schl. Ertrag		gutem Ertrag	mittl. Ertrag	schl. Ertrag
P	I	70	14	14	1	10	3	—	—	—	—
	II	3	1	1	—	1	—	—	—	—	—
	III	9	4	4	1	3	—	1	1	—	—
D	I	44	18	17	5	11	1	—	—	—	—
	II	102	30	30	16	10	4	9	6	3	—
	III	13	3	1	—	1	—	—	—	—	—
	IV	30	18	16	6	8	2	1	—	1	—
	V	66	25	23	12	11	—	2	1	1	—
E	I	41	13	13	6	7	—	2	2	—	—
	II	32	9	9	8	1	—	—	—	—	—
	III	8	4	4	—	3	1	—	—	—	—
	IV	15	5	5	3	2	—	—	—	—	—
	V	18	10	9	2	5	2	—	—	—	—
	VI	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F	I	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	II	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	III	14	1	—	—	—	—	—	—	—	—
	IV	50	3	2	—	2	—	—	—	—	—
	V	14	8	5	4	1	—	2	2	—	—
	VI	5	1	1	—	1	—	—	—	—	—
	VII	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—

Die 1. Auslese fand in 3 Gläsern à 1 l statt

Die 2. Auslese fand in 2 Kulturkisten statt

Die 3. Auslese fand in 5 Kulturkisten statt

Einsp. = Einsporstamm

(Ergebnisse aus 7 Versuchen)

(Ergebnisse aus 1 Versuch)

Sorte E und Stamm 867 auf die Sorte F. Sorte P ist weiß, Sorte F ist zart cremefarbig, von fast weiß bis fast blond schwankend, die Sorten D und E sind blond. Die Ergebnisse zweier Ertragsprüfungen der Stammsorten sind aus der Abb. 1 zu ersehen. Sorte P, die nur einmal geprüft worden ist, brachte einen relativ geringen Ertrag von nur 75% gegenüber dem Versuchsmittel. Wie Tab. 7 zeigt, kamen nur zwei von 82 aus dieser Sorte isolierten Einsporstämmen in die dritte Auslesestufe. Einer von ihnen

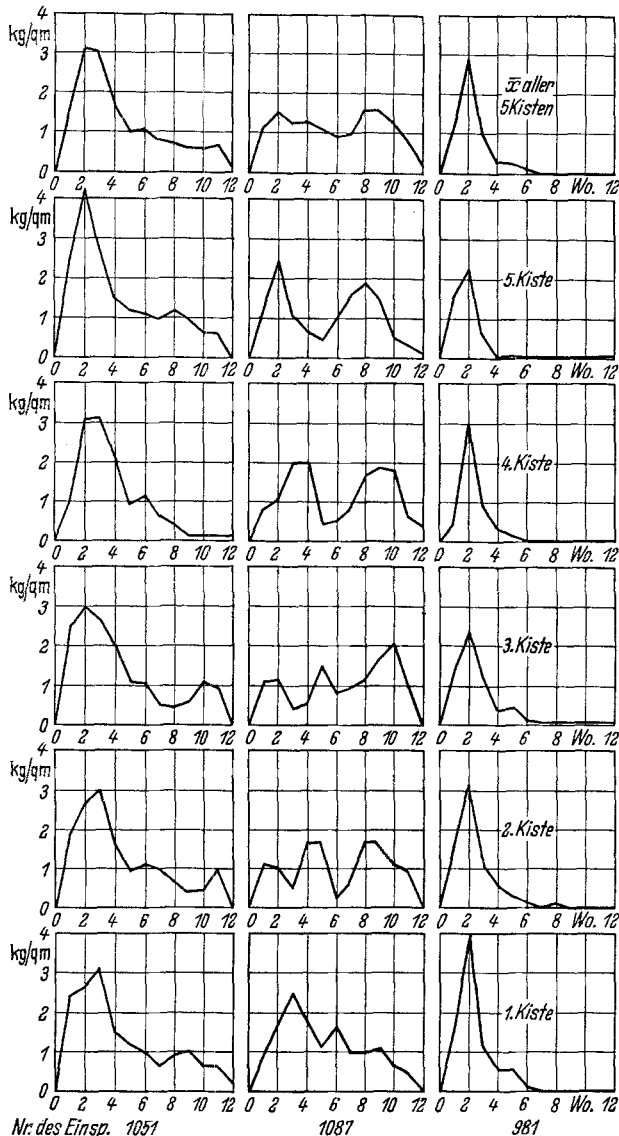


Abb. 6. Drei Einsporstämme mit verschiedenem Ertragsverlauf. Ertrag wöchentlich eingezeichnet. Jeweils übereinander: Ertragsverlauf der fünf Kulturkisten und mittlerer Ertragsverlauf.

wurde bisher in fünf Kisten geprüft. Er schnitt mit einem Durchschnittsertrag von 15,6 kg/qm am besten ab. Es ist demnach möglich, auch aus Sorten mit geringem Ertrag ertragreiche Einsporstämme zu isolieren.

Unter der großen Zahl der gewonnenen Einsporstämme fanden wir einige interessante Typen. Abb. 6 zeigt die charakteristischen Unterschiede im Ertragsverlauf von drei Stämmen (es werden die Einzelwerte und die Durchschnittswerte graphisch dargestellt). Alle drei Stämme wurden gemeinsam in einem Versuch geprüft. Stamm 1051, der, wie bereits besprochen, einen Durchschnittsertrag von

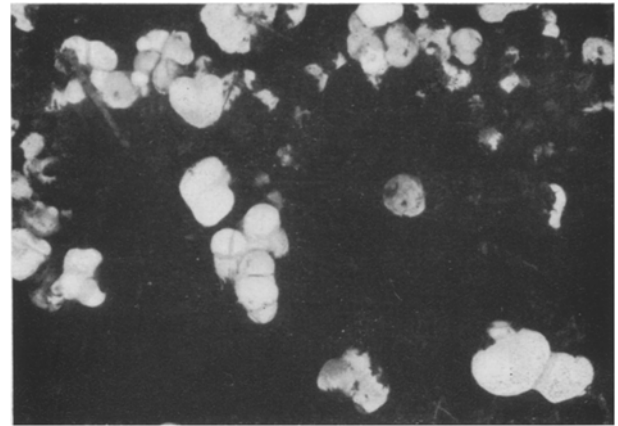


Abb. 7. Einsporstamm Nr. 59, deformierte Anlagen.

15,6 kg/qm erreichte, bringt die Hauptmasse der Pilze in den ersten drei Erntewochen. Er hat noch danach, bis in die elfte Woche hinein, befriedigende Erträge. Stamm 1087 ist zwar im Ertragsverlauf schwankend, die Erträge der letzten Erntewochen entsprechen jedoch etwa denen der ersten. Stamm 981 ist in den ersten zwei Erntewochen fast so gut wie Stamm 1051. In der dritten Woche geht der Ertrag merklich zurück. In der vierten und fünften Erntewoche gibt es nur noch wenige Pilze, und danach ist die Einsporkultur praktisch erschöpft. Man kann diese Erscheinung bei allen fünf Kisten beobachten.

Einige der von uns isolierten Einsporstämme zeigten deformierte Fruchtkörper. Die Mißbildungen traten in allen Wiederholungen auf.

Nr. 59, ein weißer Stamm, hat vorwiegend verkrüppelte Anlagen. Sie erscheinen zuerst normal, wachsen meist aber nicht zu Pilzen heran, sondern bilden neue Anlagen, so daß schließlich ein Klumpen zusammengewachsener Anlagen entsteht (Abb. 7).

Mitunter bilden sich auch Pilze. Sie sind stiellos und in der Form einem Bovist ähnlich. Sie haben keine Lamellen, sondern einen Hohlraum an der entsprechenden Stelle (Abb. 8, links). Stamm 59 bringt nur derartig deformierte Pilze hervor.

Eine andere Art von Pilzverformung trat bei drei Stämmen auf. Die Pilze haben einen dicken, schwarz anlaufenden Stiel und eine kleine, dunkelbraune, eng anliegende Kappe. Der Querschnitt zeigt eine schwarzverfärbte Stelle im Inneren des Pilzstieles (Abb. 9). Neben den deformierten Pilzen gab es stets auch normale sowie sämtliche Übergänge. Die

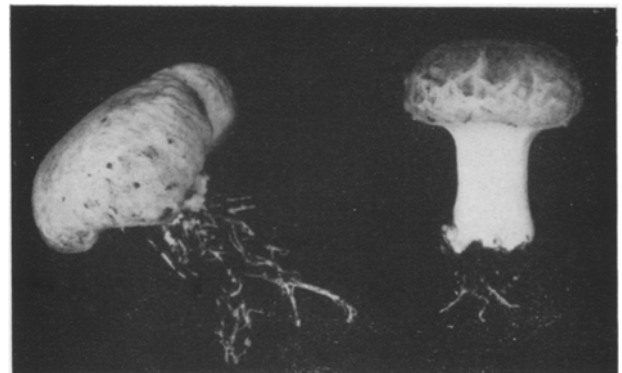


Abb. 8. links: deformierter Pilz des Einsporstammes Nr. 59; rechts: normaler Pilz einer Handelsorte.

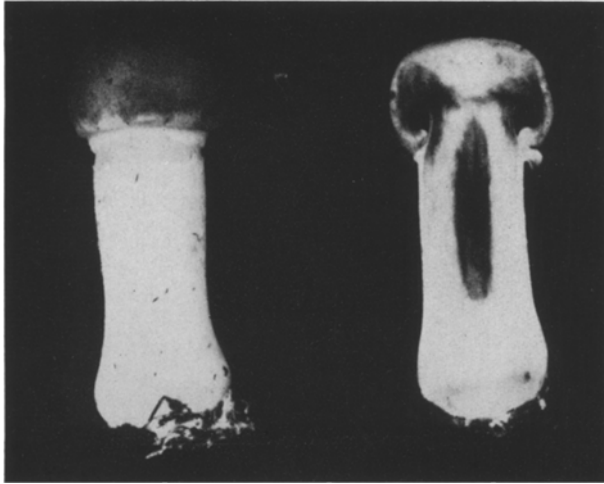


Abb. 9. Deformierte Pilze des Einsporstammes Nr. 135, rechts: Querschnitt eines deformierten Pilzes.

drei Stämme gehen auf drei verschiedene Sorten zurück.

Bei fünf anderen Stämmen wurden ebenfalls deformierte Pilze bei der Kultur im Glas beobachtet.

8. Diskussion

Der Kompost und das Mycel der Champignonkulturbeete müssen nach einer Ertragsdauer von 6—10 Wochen erneuert werden, da eine weitere Kultur bei den nur noch geringen Erträgen unrentabel wäre. Die Höhe des Ertrages und die Art des Ertragsverlaufes hängen von der Qualität des Kompostes und der verwendeten Brut ab. Fast immer werden in der ersten bis dritten Erntewoche die höchsten Ertragswerte erreicht. Danach folgt ein mehr oder weniger starker Abfall. Im Laufe der Zeit nehmen die Erträge weiter ab. Die Frage ist, welches die Ursachen dieses Ertragsrückganges sind. Erst wenn man sie kennt, wird es vielleicht gelingen, die Kulturf Flächen über lange Zeiträume hinweg fruchtbar zu erhalten. Als Ursachen des Ertragsrückganges könnten in Frage kommen:

- a) eine Erschöpfung der Nährstoffe durch die vorangegangene Ernte
- b) ein Anwachsen der Zahl der Schädlinge, was eine Zerstörung des Mycels zur Folge hat
- c) eine Zerstörung des Mycels durch Selbstvergiftung.

Gegen eine Erschöpfung der Nährstoffe durch die vorangegangene Ernte spricht der hohe Nährstoffgehalt des abgetragenen Kompostes. Nach KINDT (1960) enthält abgetragener Kompost genausoviel Stickstoff und sogar etwas mehr Phosphorsäure, Kali und Kalzium als frisch präparierter.

Auch die von TILL (1961) durchgeführten Versuche sprechen gegen die Annahme, daß Nährstoffmangel die Ursache des Ertragsrückganges ist. TILL verwendete abgetragenen Kompost ohne neue Zusätze ein zweites Mal zur Kultur, nachdem er ihn bei 121 °C und 1 atü Dampfdruck sterilisiert hatte. Obgleich die erste Kultur zwölf Wochen lang im Ertrag gestanden und zuletzt fast keine Pilze mehr geliefert hatte, erzielte TILL von diesem Kompost in der zweiten Kultur nach Neubeimpfung bereits nach sechs Erntewochen der ersten Kultur gleiche

Erträge. Beide Kulturen zusammen ergaben Ertragswerte bis zu 18,6 kg/qm.

Selbst die Versuche von RIBER RASMUSSEN (1961), bei denen bei Verwendung größerer Kompostmengen je Flächeneinheit höhere Erträge erzielt wurden, sprechen nicht für die Annahme, daß der Ertragsrückgang auf Nährstoffmangel beruht. Die Ertragssteigerungen machten sich nämlich nur in den ersten Erntewochen bemerkbar.

Auch eigene Versuche mit aufgeschütteltem und neu gedecktem abgetragenen Kompost sprechen gegen die Annahme des Nährstoffmangels als Ursache des Ertragsrückganges.

Ein Anwachsen der Zahl der Schädlinge kann zur Abnahme der Erträge führen. Da wir jedoch auch auf praktisch schädlingsfreien Kulturbeeten immer wieder den charakteristischen Ertragsrückgang beobachten, muß noch ein anderer Faktor den Leistungsabfall der Champignonkulturen verursachen.

Wir halten es für wahrscheinlich, daß eine Selbstvergiftung des Mycels eintritt. Manche Stämme produzieren die toxischen Stoffe schneller und in größerer Menge als andere. Unser Einsporstamm 981 z.B. hört, wie Abb. 6 veranschaulicht, bereits nach etwa sechs Wochen in allen Kisten mit dem Ertrag auf. Er produziert demnach die Giftstoffe in besonders reichlicher Menge. Einsporstamm 1087 hingegen scheint nur geringe Mengen des Giftes zu bilden, da er noch in der zehnten Woche fast so gute Erträge wie in den ersten Wochen liefert. Erst in der elften und zwölften Woche fällt der Ertrag ab.

Da sich die Stämme, wie unsere Prüfungen zeigen, in der Eigenschaft „Giftproduktion“ unterscheiden, ist unseres Erachtens eine Verlängerung der Ertragsdauer durch Züchtung der entsprechenden Stämme erfolversprechend. Wenn es gelingen sollte, die Selbstvergiftung durch Behandlung des Nährsubstrates zu beheben, würden sich die Zuchtziele ändern.

Ein weiteres Problem, das zu diskutieren lohnt, ist die Art der Ertragsangabe. Im Champignonanbau ist es üblich, den Ertrag in kg/qm anzugeben. Wie unzureichend diese Angaben sind, zeigen die von RIBER RASMUSSEN (1961) durchgeführten Versuche. RIBER RASMUSSEN verwendete verschieden große Mengen Kompost je qm. Er erzielte mit 80 kg Kompost einen Ertrag von 17,5 kg. Bei 120 kg Substrat waren es 24,3 kg Pilze, also fast um die Hälfte mehr, entsprechend der um die Hälfte höheren Kompostmenge. Wir verwenden eine Kompostmenge von 50 kg/qm. Ein Ertrag von etwa 11 kg entspricht den von RIBER RASMUSSEN angegebenen Zahlen.

Für den Anbauer spielt nicht nur der Ertrag je Anbaufläche und Gewichtseinheit des Kompostes eine Rolle, sondern er produziert den Ertrag in einem bestimmten Raum. Man sollte daher als Rentabilitätsunterlage bei der Champignonkultur Beetfläche, kg Kompost und cbm Kulturraum angeben.

9. Zusammenfassung

Aus den Fragen des Anbaues ergeben sich für die Champignonzüchtung folgende Zuchtziele: Eignung für Intensivkultur (Erhöhung der Anbaufläche im Raum), Eignung für alle Komposte, hoher Ertrag, Ertragssicherheit, Schnellwüchsigkeit, nach frühem und hohem Anfangsertrag gleichmäßiger Ertragsverlauf, Resistenz gegen Krankheiten.

Aus den Fragen der Verwertung und des Verbrauchs ergeben sich die Zuchtziele: kleine — mittelgroße Pilze für die breite Masse der Käufer, große Pilze für Großküchen und Fabriken, festfleischige und lagerfähige Pilze, helle Pilzfarbe (weiß—hellblond), Eignung für die verschiedenen Methoden der Konservierung. An Methoden zum Erkennen der gewünschten Eigenschaften werden der Halbschalentest und die Weckglasmethode, die beide für eine Vorauslese geeignet sind, beschrieben. Mit Hilfe des Halbschalentestes kann man die Eigenschaften „Wuchsschnelligkeit im Kompost“, „Verhalten des Mycels in der Deckerde“ und „Zeitpunkt der Anlagenbildung“ erkennen, mit Hilfe der Weckglasmethode außerdem „Ertragshöhe“, „Ertragsverlauf“ und „Aussehen der Pilze“.

Es wird darauf hingewiesen, daß über die Genetik des Kulturchampignons fast nichts bekannt ist.

Von vier möglichen Methoden der Neuzüchtung, nämlich der Isolierung einzelner Sporen, der Kombination mehrerer Einsporstämme, der noch sehr fraglichen Methode der Gewinnung neuer Genotypen durch Kreuzung und der Mutationszüchtung, wurde bisher nur die erste von uns angewendet.

Zunächst wurden 50 Handelssorten geprüft. Aus 31 dieser Sorten wurden 4500 Einsporstämme herangezogen. Sie wurden auf relativ grobe Weise aus einem festen oder flüssigen Nährboden isoliert. Erst von den Sporenmustern der ertragreichsten dieser Einsporstämme wurden einzelne Sporen unter dem Mikroskop gewonnen.

Bei der Anzucht der Kulturen auf einem Agarnährboden wurden Unterschiede in der Form des Mycels und in der Wuchsgeschwindigkeit festgestellt. Von den drei Haupttypen „belagartig“, „flauschig“ und „fädig“ verhielt sich der erste über mehrere Teilungen hinweg konstant, während die beiden anderen in der Form etwas schwankten. Der belagartige Myceltyp erwies sich in den Ertragsprüfungen als Versager, so daß er von vornherein ausgeschaltet werden kann.

Die erste Ertragsprüfung fand in je drei Gläsern à 1 l, die zweite in je zwei Kulturkisten und die dritte in je fünf Kisten statt. Bisher wurden erst 40 Einsporstämme in je fünf Kisten geprüft. Dabei wurden einige sehr ertragreiche Typen (50% über den besten geprüften Handelssorten) festgestellt. Die vierte Prüfung der besten Stämme wurde in je zehn Kulturkisten durchgeführt.

Es zeigte sich, daß sich aus den Handelssorten Einsporstämme der verschiedensten Ertragsleistung isolieren lassen. Der im Ertrag an der Spitze stehende Einsporstamm Nr. 1051 z. B. geht auf eine ertragsschwache Handelssorte zurück. Von 82 aus dieser Sorte isolierten Stämmen brachten nur zwei einen guten Ertrag.

Es werden Typen mit abnormem Ertragsverlauf sowie solche mit deformierten Fruchtkörpern beschrieben.

Die eventuellen Ursachen des starken Ertragsrückganges nach wenigen Erntewochen werden erörtert. Auf Grund der vorliegenden Versuchsergebnisse wird der Ertragsabfall auf eine Selbstvergiftung des Mycels zurückgeführt. Es wird daher versucht, Stämme mit besonders geringer Selbstvergiftung zu züchten, die bei gleichmäßigem Ertragsverlauf hohe Erträge bringen.

Auf die Notwendigkeit, neben der Anbaufläche die verwendete Kompostmenge und den genutzten cbm Raum bei der Ertragsangabe zu nennen, wird aufmerksam gemacht.

Fräulein GERLINDE KNOBLICH möchten wir herzlich für ihre sorgfältige Mitarbeit danken.

Literatur

1. BORZINI, G., et J. CERUTI SCURTI: Méthodes pour obtenir des cultures monospores de champignons de couche. *Mushroom Science* III, 138—146 (1956). —
2. EGER, G.: Untersuchungen über die Funktion der Deckschicht bei der Fruchtkörperbildung des Kulturchampignons „*Psalliota bispora* Lge.“. *Arch. Mikrobiol.* 39, 313—334 (1961). —
3. EVANS, H. J.: Nuclear behaviour in the cultivated mushroom. *Chromosoma* (Berl.) 10, 115—135 (1959). —
4. FRITSCH, G., und R. von SENGBUSCH: Leistungsvergleich zweier Champignon-sorten. *Der Züchter* 31, 233—238 (1961). —
5. HAUSER, E., and J. W. SINDEN: „Mixed spawning“. *MGA Bulletin* Nr. 110, 39—40 (1959). —
6. HUHNKE, W., und R. von SENGBUSCH: Aktiv-Mycel-Spückung von Champignon-kulturen. *Die Dtsch. Gartenbauwirtschaft* 7, 238—239 (1959). —
7. KINDT, V.: Praxis des Champignonanbaues. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag 1960. —
8. KLIGMAN, A. M.: Some cultural and genetic problems in the cultivation of the mushroom *Agaricus campestris*. *American Journal of Botany* 30, 745—762 (1943). —
9. KLIGMAN, A. M.: Handbook of mushroom culture. 1950. —
10. LAMBERT, E. B.: The production of normal sporophores in monosporous cultures of *Agaricus campestris*. *Mycologia* XXI, 333—335 (1929). —
11. RIBER RASMUSSEN, C.: Mushroom strains. *MGA Bulletin* Nr. 111, 66—78 (1959 a). —
12. RIBER RASMUSSEN, C.: Shake up spawning. *Mushroom Science* IV, 21—29 (1959 b). —
13. RIBER RASMUSSEN, C.: Vergelijkende opbrengstproeven met verschillende methoden van enten. *De champignon-cultuur* 5, 66—72 (1961). —
14. SARAZIN, A.: Cultures monospores d'*Agaricus campestris*. C.R. Ac. Sc., Paris, 208, 2015—2017 (1939). —
15. SARAZIN, A.: The cultivated mushroom. Übersetzung aus dem Frz. von Dr. C. J. Touche (1955). —
16. SINDEN, J. W.: New methods of mushroom culture. *Ann. Rep. Veg. Grow. Ass. Amm.* 37, 181—188 (1935—36). —
17. TILL, O.: Wiederverwendung von abgetragenen Kompost zur Erhöhung der Rentabilität des Champignonanbaues. *Die Dtsch. Gartenbauwirtschaft* 9, 216—217 (1961). —
18. TSCHIERPE, H. J.: Untersuchungen über den Einfluß des Kohlendioxyds auf den Kulturchampignon. *Gartenbauwissenschaft* 24, 18—75 (1959).