

Herrn von Jengbusch mit vielen Grüßen
Gerda Fritsche

Theoretical and Applied Genetics 47, 125-131 (1976)
© by Springer-Verlag 1976

H₀ Q 5x
N₀ =

Welche Möglichkeiten eröffnet der viersporige Champignon „*Agaricus bitorquis* (Quél.) Sacc.“ dem Züchter?

Sammelbau

Gerda Fritsche

Versuchsstation für die Champignonkultur, Horst (Niederlande)

What potentialities does the four-spored mushroom "*Agaricus bitorquis* (Quél.) Sacc." offer to the breeder?

Summary. *A. bitorquis* was first taken into cultivation in 1968. It differs from *A. bisporus*, the only mushroom cultivated previously, in a range of properties. The claims for temperature are about 5°C higher. The fruitbodies (white smooth) are more vigorous than the sporophores of the white, scale-less strains of *A. bisporus*. Especially valuable characteristics which *A. bitorquis* brings are virus resistance, resistance to pressure, easy pickability and longer shelflife. The basidia have 4 instead of 2 spores. Consequently monosporecultures are infertile and systematic crossbreeding is a suitable breeding method.

Because the hyphae do not form clamp connections, it is not possible to distinguish microscopically monokaryotic and dikaryotic mycelium. As the trials have shown, however, the compatibility of the monosporecultures can be recognized by the manner of mycelium growth on biomalt-agar. Where heterokaryotic mycelium has arisen matted, slow growing mycelium can turn into fluffy, and later on stringy fast-growing mycelium. With enough ventilation condensations of mycelium can be formed. Some combinations of monosporecultures of different origin showed very significantly higher yields than the parental wild types, whereas other combinations of two monospore cultures were very significantly lower in yield than the parents. The combination of parental wildtypes scarcely differed in yield from the wildtype self. Regarding the course of the yield there were big differences in general.

The strains also showed great variability in the shape and colour of the fruitbodies, their distribution on the bed and in other properties, such as the propensity of the mycelium to grow into the casing layer. The results are discussed.

Zusammenfassung. *A. bitorquis* wurde erst im Jahre 1968 in Kultur genommen. Er unterscheidet sich von dem bisher ausschließlich kultivierten Champignon *A. bisporus* durch eine Reihe von Eigenschaften. Die Temperaturansprüche liegen etwa 5°C höher. Die Fruchtkörper (weiß, glatt) sind kräftiger als die Sporophoren der weißen ungeschuppten Sorten von *A. bisporus*. Besonders wertvolle Eigenschaften, die *A. bitorquis* mitbringt, sind die Virusresistenz, Druckunempfindlichkeit, leichte Pflückbarkeit und längere Lagerfähigkeit. Die Basidie schnürt 4 statt 2 Sporen ab. Demzufolge sind Einsporkulturen steril und ist systematisches Kreuzen eine züchterisch anwendbare Methode.

Da die Hyphen keine Schnallen bilden, ist eine mikroskopische Unterscheidung von monokaryotischem und dikaryotischem Mycel nicht möglich. Wie die Versuche zeigten, kann die Kompatibilität der Einsporkulturen jedoch am Wachstumsverhalten des Mycels auf Biomalz-Agar erkannt werden. Wo ein heterokaryotisches Mycelium zustande kommt, kann belagartiges, langsam wachsendes Mycel in zunächst flauschiges, dann fädig schnellwachsendes Mycel übergehen. Bei genügend Luftzufuhr können sich Mycelverdichtungen bilden.

Einige Paarungen von Einsporkulturen verschiedener Herkunft brachten sehr gut gesichert höhere Erträge als die elterlichen Wildtypen, während andere Kreuzungen zweier Einsporkulturen den Eltern im Ertrag sehr gut gesichert unterlegen waren. Die Kombination der elterlichen Wildtypen unterschied sich im Ertrag kaum von den Wildtypen selbst. Im Ertragsverlauf gab es im allgemeinen starke Unterschiede.

Eine große Variabilität zeigten die Stämme auch in der Form und Farbe der Fruchtkörper, ihrer Verteilung auf dem Beet sowie in anderen Eigenschaften wie der Neigung des Mycels, in die Deckerde zu wachsen. Die Ergebnisse werden diskutiert.

A. Einleitung

Von der Gattung "*Agaricus*" wurde bis vor einigen Jahren nur die Art "*bisporus*" kultiviert. Sie ist unter dem Namen "Kulturchampignon" allgemein bekannt. Es gibt weiße sowie gefärbte Sorten, wobei sich die Skala der Hutfarben von creme über blond bis braun erstreckt. *Agaricus bitorquis* wurde im Jahre 1968 in Kultur genommen, unabhängig voneinander sowohl in Holland durch Hasselbach und Mutzers (1971) als in Belgien durch Poppe (1972). Poppe sprach bei dem von ihm kultivierten Champignon allerdings von "*Psalliota*

edulis Vitt", doch ergaben vergleichende Untersuchungen von Singer (Raper 1973), daß es sich bei beiden Herkünften um dieselbe Art handelt. Auch bei dem noch etwas früher von Cailleux versuchsweise angebauten und als *Psalliota subedulis* bezeichneten Champignon (Cailleux 1969) handelt es sich vermutlich um dieselbe Art.

Agaricus bitorquis ist, wie der volkstümliche Name "Stadtchampignon" andeutet, in Städten und Ortschaften zu finden. Er wächst seitlich der Wege und Straßen, auf Plätzen und in Parkanlagen. Es ist ein

weisser, sehr kräftiger Champignon, der in Büchern für Pilzsammler als "vorzüglicher Speisepilz" bezeichnet wird (Jahn 1949).

B. Unterschiede zwischen *Agaricus bisporus* (Lge.) Sing und *Agaricus bitorquis* (Quél.) Sacc.

I. Zahl der Sporen je Basidie

Basidiomyceten bilden im allgemeinen 4 Sporen je Basidie. Bei "*Agaricus bisporus*" werden jedoch nur 2 Sporen geformt. Da es eine Ausnahme unter den Basidiomyceten ist, konnte dieses Verhalten zur Namensgebung der Art verwendet werden. *Agaricus bitorquis* schnürt 4 Sporen je Basidie ab. Abb. 1 zeigt in mikroskopischen Aufnahmen Lamellenstückchen beider Arten nebeneinander. Ob 4 oder nur 2 Sporen je Basidie entstehen, ist hinsichtlich der züchterischen Möglichkeiten von großer Bedeutung. Die Basidie ist die einzige Zelle, in der zwei haploide Kerne zu einem diploiden Kern verschmelzen. Kurz darauf findet eine Meiose statt. Die aus der Meiose hervorgegangenen 4 haploiden Kerne verteilen sich bei *A. bisporus* so, daß jede der beiden Sporen 2 Kerne erhält (Kligman 1943, Evans 1959). Die Folge ist, daß bei *A. bisporus* Einsporkulturen fertil sind, wenn die Spore heterokaryotisch ist, was bereits 1929 durch Lambert nachgewiesen wurde. Die Auslese von Einsporkulturen ist bei *A. bisporus* eine für die züchterische Arbeit geeignete Methode (Fritsche 1972). Ein systematisches Kreuzen ist schwierig, da es auf den Ausnahmesporen beruht, die von Basidien mit 3 oder 4 Sporen abstammen. 1971 abgeschlossene Untersuchungen ergaben, daß *A. bisporus* sekundär homothallisch ist (Elliott 1972) und ein einfacher bipolarer Paarungsmechanismus vorliegt (Miller 1971, Raper und Raper 1972).

Bei *A. bitorquis*, der in der Regel 4sporige Basidien hat, sind Einsporkulturen steril. Erst wenn die Hyphen zweier kompatibler Einsporkulturen verschmelzen und ein Heterokaryon entsteht, bilden sich Fruchtkörper. Ein systematisches Kreuzen ist nicht mit Schwierigkeiten verbunden.

II. Klimaansprüche

A. bitorquis braucht sowohl zum Mycelwachstum als auch zur Fruchtkörperbildung um etwa 5° C höhere Temperaturen als *A. bisporus* (Hasselbach und Mutters 1971). Die optimale Temperatur für das Mycelwachstum liegt bei *A. bitorquis* bei 30° C. Zur

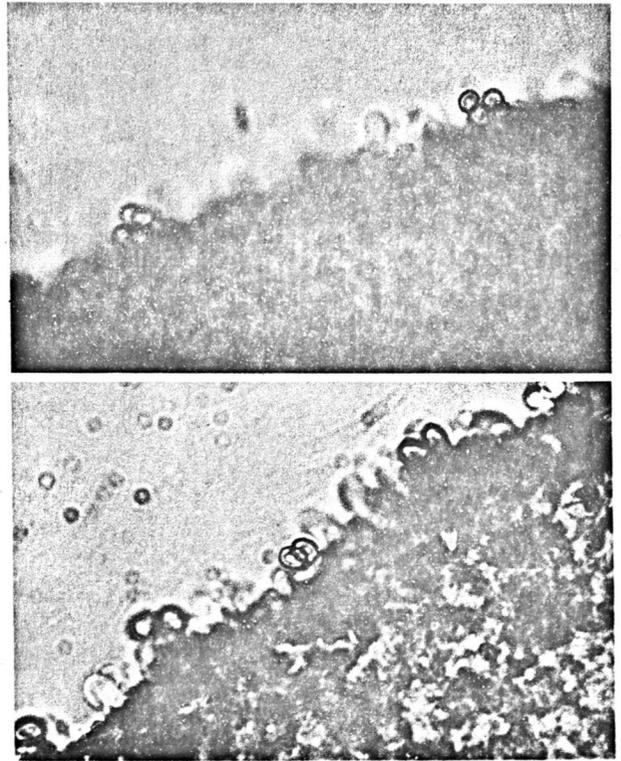


Abb. 1. Abschnitte von Lamellenrändern der Pilze. Oben: *A. bitorquis* (4 Sporen je Basidie), unten: *A. bisporus* (2 Sporen je Basidie) ($\pm 500 \times$ vergrößert)

Fruchtkörperbildung ist eine Temperatur von 25° C optimal. Der höhere Temperaturanspruch hat Vor- und Nachteile. Ein Vorteil ist er für Anbauer, die in Ländern mit warmem Klima wohnen. In Mitteleuropa ist es während der heißen Sommermonate günstig, *A. bitorquis* zu kultivieren. Ein Nachteil besteht darin, daß das Arbeiten in entsprechend warm gehaltenen Räumen in Nord- und Mitteleuropa oft als unangenehm empfunden wird. Hinzu kommt, daß die Kulturräume weniger ventiliert werden dürfen, als wenn *A. bisporus* angebaut wird. Es hat sich jedoch in unseren Versuchen herausgestellt, daß vorübergehende starke Frischluftzufuhr und ein Senken der Temperatur während der Erntearbeiten keinen nachteiligen Einfluß auf den Ertrag hat.

III. Verhalten gegenüber Krankheitserregern

Eine höhere Temperatur verkürzt bei vielen Schädlingen die Dauer des Lebenszyklus. Darin liegt ein weiterer Nachteil des hohen Temperaturanspruchs von *A. bitorquis*. Es hat sich jedoch gezeigt, daß *A. bitorquis* von bestimmten Krankheitserregern

wenig oder gar nicht befallen wird. Dieleman-van Zaayen (1972) konnte nachweisen, daß *A. bitorquis* virusresistent ist. Da Virusbefall wegen starker Ertragseinbußen von den Champignonanbauern sehr gefürchtet ist, wird ein virusresistenter Champignon besonders begrüßt. Die ersten Kulturen mit *A. bitorquis* wurden dann auch in durch Virus stark verseuchten Betrieben angelegt.

Poppe (1972) zeigte in Infektionsversuchen, daß *A. bitorquis* eine bedeutend geringere Empfindlichkeit für Befall durch *Verticillium malthousei* und *Mycogone perniciososa* besitzt als *A. bisporus*. Besonders *Verticillium malthousei* (trockne Molle) ist eine im Champignonanbau weit verbreitete Krankheit.

IV. Sonstige Unterschiede

In der Form gibt es deutliche Unterschiede zwischen *A. bitorquis* und *A. bisporus*. Die Fruchtkörper von *A. bitorquis* sind im allgemeinen kräftiger und gedrungener als die von *A. bisporus*. Der Stiel ist bei *A. bitorquis* kürzer und dicker und der Hut platter. Jedoch treten bereits in den Wildformen von *A. bitorquis* Abweichungen auf. Es kommen auch Fruchtkörper mit rundem Hut und relativ langem Stiel vor (Fritsche 1974).

Ein großer Vorteil von *A. bitorquis* ist seine Stoßfestigkeit. Während sich die weißen Sporophoren von *A. bisporus* an jeder Druckstelle bräunlich verfärben, bleiben die Fruchtkörper von *A. bitorquis* auch an diesen Stellen rein weiß. Die Sporophoren halten sich bei Lagerung länger frisch, als es bei Fruchtkörpern vom bekannten Kulturchampignon der Fall ist. *A. bitorquis* ist deshalb besonders für den Frischverkauf geeignet. Zur Konservierung kann er nur als geschnittene Ware verwendet werden. Als ganzer Pilz eingeweckt, wirkt er unansehnlich durch eine graue Verfärbung der Hutoberfläche.

C. Versuche, die Kompatibilität im Laboratorium zu bestimmen

Bei *Agaricus* kann man nicht schon auf Agar-Nährböden Fruchtkörper erhalten, wie es bei den klassischen genetischen Objekten unter den Basidiomyceten wie *Coprinus* und *Schizophyllum* der Fall ist. Auch bildet das Mycel keine Schnallen, so daß man mikroskopisch monokaryotisches Mycel nicht von dikaryotischen Mycel unterscheiden kann. Ob es bei *A. bitorquis* makro-

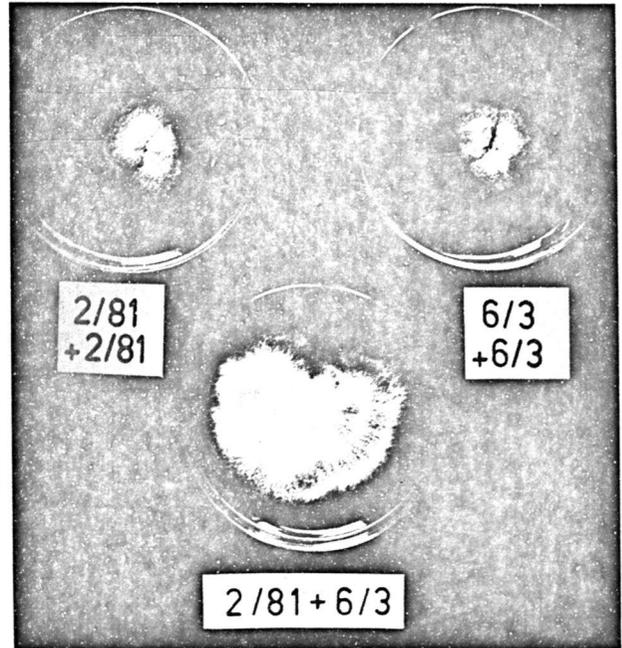


Abb. 2. Nährbodenstücke mit Mycelium in Petrischalen dicht nebeneinander geimpft. Photographiert: 3 Wochen nach dem Beimpfen.

Oben: Einsporkulturen allein, unten: Beide Einsporkulturen zusammen. Kultur auf Biomalt-Agar

skopisch sichtbare Unterschiede zwischen einem Monokaryon und einem Dikaryon gibt, galt es durch Vergleichen der Mycelien und Prüfungen auf Ertrag im Kulturraum herauszufinden. Durch Bestimmung der fertilen Kombinationen bereits im Laboratorium würden Zeit, Arbeit und Platz gespart werden. Um Einsporkulturen zu gewinnen, wurden zunächst Sporensuspensionen unterschiedlicher Dichte hergestellt. Kleine Mengen der einzelnen Verdünnungsstufen wurden in Biomalt-Agar-Platten gegossen. Zur Förderung der Keimung wurden von Champignonmycel umspinnene Hirsekörner in die umgedrehten Petrischalen auf die Deckel gegeben (Staněk, persönliche Mitteilung). Wachsendes Mycelium fördert die Keimung der Champignonsporen (Ferguson 1902). Wenn ab zehntem Tag nach der Aussaat die Mycelien der gekeimten Sporen makroskopisch sichtbar waren, wurden sie, sofern sie in genügendem Abstand von anderen Mycelien standen, mit möglichst wenig Nährboden ausgeschnitten und auf Reagenzröhrchen mit Biomalt-Agar übertragen. Die Isolierung der Einsporkulturen erfolgte nicht unter mikroskopischer Kontrolle, da diese bei der Kleinheit der Sporen sehr zeitraubend und nicht absolut sicher ist.

Zwischen den Einsporkulturen konnten wir große Unterschiede im Mycel erkennen, sowohl in der Wuchsschnelligkeit als im Aussehen. Um das Geschlecht der Einsporkulturen zu bestimmen, wurden von jeweils 8

Einsporkulturen diallele Paarungen vorgenommen (Kappert 1953). Agarstücke mit Mycelium der entsprechenden Einsporkulturen wurden in Petrischalen mit Biomalz-Agar paarweise neben einander geimpft. Die Schalen wurden in Plastikbeutel verpackt und im Brutschrank bei $\pm 28^\circ\text{C}$ aufgestellt. Drei Wochen später erfolgte die Beurteilung. Abb.2 veranschaulicht eine häufig beobachtete Erscheinung. Die beiden oberen Schalen stellen die Kontrollen dar. Jede Schale enthält eine andere Einsporkultur. Es wurden jeweils zwei Nährbodenstücke mit Mycelium der Einsporkultur neben einander geimpft, d.h. die Einsporkulturen wurden gleichsam mit sich selbst gepaart. Die darunter gezeigte Schale enthält von jeder der beiden Einsporkulturen ein Impfstück. Der Mycelwuchs dieser Kombination unterscheidet sich deutlich von dem der Einsporkulturen. Während letztere ein kümmerliches Mycelwachstum zeigen, findet man in der Schale mit beiden Einsporkulturen in der Mitte flauschiges Mycel, das in fädiges Mycel übergeht. Die Kultur ist in den drei Wochen seit Beimpfung der Schalen fast dreimal so groß geworden wie die Einsporkulturen allein. Der Gedanke liegt nahe, daß es sich bei der schnellwachsenden Kultur der unteren Schale von Abb. 2 um heterokaryotisches Mycelium handelt. Die Annahme wurde durch Ertragsprüfungen gestützt. Außer flauschigem und fädigem schnellwachsendem Mycelium wurden gelegentlich auch Mycelverdichtungen beobachtet, vor allem, wenn die Kulturen älter wurden und ihnen genügend Frischluft zur Verfügung stand (Fritsche 1974).

Der Plan, nach Zuordnung der in die erste diallele Paarung aufgenommenen Einsporkulturen zu einem der beiden Kreuzungstypen + oder - (Esser 1962) alle anderen Einsporkulturen mit einer + und einer - Einsporkultur zu paaren und somit den Kreuzungstyp zu bestimmen, erwies sich als nicht durchführbar. Häufig ergaben sich Heterokaryen mit beiden Einsporkulturen oder es bildete sich überhaupt kein schnellwachsender Sektor. Die Erklärung hierfür fand sich in Forschungsergebnissen von Raper (1973). Sie stellte fest, daß die Fertilität bei *A.bitorquis* durch multiple Allelie in einem Locus, dem Incompatibilitäts-gen, gesteuert wird. Wir haben es demnach nicht mit 2 Allelen zu tun (+ und -), sondern mit einer unbekannt großen Anzahl von Allelen (a1, a2, a3, a4, a5 usw.). Von jeder neuen Einsporkultur zu bestimmen, welches Allel sie im Incompatibilitäts-gen

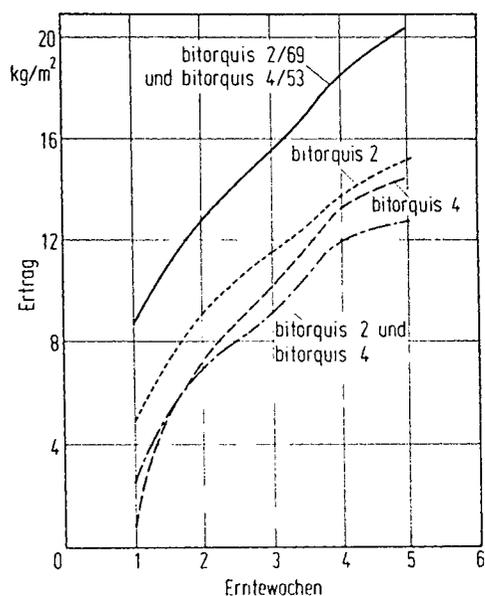


Abb.3. Vergleich zweier Wildtypen (bitorquis 2 und 4), allein und in Kombination mit einer von den Wildtypen abstammenden Kreuzung zweier Einsporkulturen (2/69 + 4/53) im Ertrag. Kultur in je 10 Kisten mit 28 kg Substrat

Stamm	kg/m ² nach Erntewochen				
	1	2	3	4	5
bitorquis 2	4,97	9,12	11,42	13,71	15,13
bitorquis 4	0,84	7,25	10,13	13,28	14,49
bit. 2 + bit. 4	2,56	7,09	9,11	11,87	12,75
2/69 + 4/53	8,87	12,75	15,43	18,44	20,34

besitzt, wäre eine zeitraubende Arbeit, da jede neue Einsporkultur mit allen bekannten Einsporkulturen gepaart werden müßte. Für unsere Zwecke genügt es, wenn wir feststellen, welche Einsporkulturen miteinander kompatibel sind.

D. Prüfungen auf Ertrag, Aussehen der Pilze und andere Eigenschaften

1. Ertragshöhe und -verlauf

Zur Ertragsprüfung wurde zunächst "Brut" hergestellt, wozu grobkörnige Hirse verwendet wurde. Rezept: 15 kg Hirse werden mit 18 l Wasser gekocht und nach dem Abkühlen mit 360 g Ca SO₄ und 103 g Ca CO₃ vermengt. Die in Milchflaschen gefüllten Körner werden 2 Std. bei 121°C und 1 Atü Dampfdruck sterilisiert. Nach Beimpfung und Durchwuchs der Flaschen wurde, wie bei der Champignonkultur üblich, pasteurisierter Kompost mit der "Brut" gespickt (Hunte 1973). Die weitere Behandlung erfolgte nach den für *A. bitorquis* erarbeiteten Richtlinien (Pompen 1974). Für die erste Prüfung wurden kleine Gefäße von 23 x 29 cm Beetfläche verwendet. Die auf Grund hoher Pilzzahl und guter Pilzform ausgelesenen Kreuzungen

Tabelle 1. Übersicht über den Ertrag von 8 Stämmen in 5 Erntewochen. Durchschnittserträge von 4 Wiederholungen à 1,3 m². Stämme nach Höhe des Endertrages geordnet

Stamm	Ertrag in kg/m ² nach Wochen				
	1	2	3	4	5
1/93 + 2/81	9,42	15,24	17,25	19,78	23,72
1/93 + 2/68	8,43	14,38	16,96	19,04	22,86
1/63 + 2/68	7,55	12,33	14,31	16,09	20,05
1/80 + 2/137	2,05	6,67	11,02	14,75	15,22
bitorquis 1	8,84	10,27	11,87	13,55	15,03
bitorquis 2	4,71	8,78	12,67	14,01	14,65
1/63 + 2/62	4,24	6,63	7,84	9,37	10,93
1/63 + 2/121	3,00	4,33	5,74	5,96	6,67

wurden in je 2 Wiederholungen von 1,3 m² und 130 kg Kompost zum zweiten Mal geprüft. Die im Ertrag und in den Eigenschaften der Fruchtkörper besten Kreuzungen wurden zum dritten Mal geprüft, nun in 4 Wiederholungen von 1,3 m².

Die Wiederholungen wurden im Kulturraum zufällig verteilt, jedoch so, daß in jeder der 4 Stellagenhöhen von jedem Stamm eine Wiederholung vorhanden war. Die Erträge wurden varianzanalytisch ausgewertet. Stämme, die auch in dieser Prüfung gut abschlossen, wurden in 8 Wiederholungen und schließlich bei weiteren positiven Resultaten in halben und ganzen Kulturräumen geprüft. Es zeigte sich, daß die Paarungen zweier Einsporkulturen verschiedener Herkunft den elterlichen Wildtypen oft im Ertrag stark überlegen waren. In Abb. 3 wird ein solcher Fall durch eine Graphik veranschaulicht. Die Einsporkultur 2/69 stammt vom Wildtyp "bitorquis 2" und die Einsporkultur 4/53 stammt vom Wildtyp "bitorquis 4" ab. In dem entsprechenden Versuch wurde nicht nur die Kreuzung mit den beiden Eltern verglichen, sondern es wurden außerdem die beiden Wildherkünfte in derselben Weise wie die Einsporkulturen kombiniert, d.h. es waren Mycelstückchen beider Wildtypen in der Petrischale dicht nebeneinander geimpft worden. Jeder der 4 Stämme wurde in 10 Wiederholungen von 0,35 m² und 28 kg Substrat geprüft. Die Grafik veranschaulicht den Ertrag im Verlaufe der 5 Erntewochen. Die Kreuzung ist von Beginn der Erntezeit an nicht nur den beiden elterlichen Wildtypen, sondern auch der Kombination beider Wildtypen im Ertrag weit überlegen. Die Kombination der Wildtypen liegt ab der 3. Erntewoche im Ertrag selbst noch unter dem der beiden Wildtypen allein. Die Varianzanalyse vom Endertrag zeigte einen

sehr gut gesicherten Unterschied ($p < 0,01$) zwischen der Kreuzung und allen anderen Stämmen, jedoch nicht zwischen den beiden Wildtypen und ihrer Kombination. Die Kombination der Wildtypen war jedoch einem reinen Wildtyp ("bit. 2") im Ertrag gesichert ($p < 0,05$) unterlegen.

Neben Kreuzungen mit gesichert höherem Ertrag als bei den elterlichen Wildtypen gab es auch Kreuzungen, die ertraglich weit unter dem Niveau der Wildtypen lagen. In Tabelle 1 sind die Erträge von 6 Kreuzungen und deren elterlichen Wildtypen angegeben. Die Stämme sind nach Ertragshöhe angeordnet. In diesem Fall brachten im Vergleich mit den Eltern 3 Kreuzungen einen sehr gut gesichert höheren Ertrag und 2 Kreuzungen einen sehr gut gesichert geringeren Ertrag. Eine Kreuzung unterschied sich nicht im Gesamtertrag von den Eltern. Bei dieser Kreuzung (1/80 + 2/137) fällt jedoch in der Tabelle auf, daß sie sich im Ertragsverlauf von den Eltern und allen anderen Kreuzungen unterscheidet. Nach einer Erntewoche hat 1/80 + 2/137 erst wenige Pilze gebracht. Den Ertrag der Eltern erreicht diese Kreuzung erst zwischen der 3. und 4. Erntewoche. Auch zwischen den beiden Wildtypen bestehen deutliche Unterschiede im Ertragsverlauf. Während "bitorquis 1" mit einem hohen Ertrag von 8,8 kg/m² beginnt, zu dem pro Erntewoche jeweils noch etwa 1,5 kg/m² hinzukommen, bringt "bitorquis 2" in den ersten drei Erntewochen gleichmäßig jeweils etwa 4 kg/m². Danach ist der Zuwachs wesentlich geringer. Der Ertragsverlauf von "bitorquis 2" ist für den praktischen Anbau günstiger als der von "bitorquis 1". Wenn sehr viele Pilze gleichzeitig auf dem Beet stehen, geht das stets zu Lasten der Qualität. Das Ideal wäre ein Stamm, der einen hohen Ertrag gleichmäßig über alle Erntewochen verteilt.

Sehr wichtig ist auch, in welchem Abstand die sogenannten "Wellen" kommen. Unter einer Welle versteht der Champignonanbauer die Zeit, in der die Beete viele Pilze tragen. Wenn sie geerntet sind, kommt eine Pause, bis sich die nächsten Fruchtkörper gebildet haben. Bei *A. bisporus* kann man jede Woche eine Welle bekommen, was sehr günstig ist, weil dann am Wochenende nicht geerntet zu werden braucht. Bei *A. bitorquis* beträgt der Abstand zwischen den Wellen mehr als 7 Tage. Bei vielen Stämmen sind es 10 Tage. Das bedeutet, daß im Verlaufe der Kultur Erntearbeiten am Wochenende unvermeidlich sind. Zwischen den Kreuzungen gibt es jedoch große Unterschiede, was den Abstand der Wellen

betrifft. Bei einzelnen Stämmen ist in Verbindung mit entsprechender Temperaturregelung der Wochenrhythmus der Wellen zu erreichen.

II. Aussehen der Pilze und andere Eigenschaften

Bei der Champignonkultur wird, nachdem das Mycelium den Kompost durchspannen hat, eine etwa 4 cm hohe Schicht Deckerde über die Beete gebreitet. Ohne diese Erdschicht bilden sich keine oder fast keine Fruchtkörper. Nach Eger (1961) sind in der Deckerde lebende Mikroorganismen verantwortlich für den Übergang des Myceliums von der vegetativen in die generative Phase. Das Mycel wächst vom Kompost aus in die Deckerde und bildet kurz vor der Oberfläche Fruchtkörperanlagen aus, vorausgesetzt daß das Klima der Kulturräume entsprechend eingestellt wird. Bei *A. bitorquis* gibt es eine Reihe Stämme, die mit dem Mycel nur mühsam in die Deckschicht wachsen. Wird zu früh ventiliert, erfolgt die Fruchtkörperbildung tief in der Erdschicht. Die Pilze sind von Erde bedeckt, was die Erntearbeiten erschwert und die Sporophoren verschmutzt. Andere Stämme wachsen unter denselben Bedingungen schnell mit dem Mycelium in die Deckerde. Die Fruchtkörperbildung kann durch entsprechende Klimatisierung früher eingeleitet werden und die Pilze stehen gut sichtbar und sauber auf den Beeten.

Abgesehen von der Neigung des Mycels, mehr oder weniger leicht in die Deckerde zu wachsen, bestimmt auch die Stiellänge, ob die Fruchtkörper tiefer oder höher im Beet stehen. Entstehen die Anlagen auf der Beetoberfläche, laufen sie Gefahr zu vertrocknen, wenn die relative Luftfeuchtigkeit zeitweise nicht hoch genug ist. Darum muß die generative Phase eingeleitet werden, ehe das Mycel ganz durch die Deckerde gesponnen ist. Zwischen den Stämmen gibt es auch in der Länge der Stiele große Unterschiede. Abb. 4 zeigt Fruchtkörper der bereits besprochenen beiden Wildtypen "bitorquis 2" und "bitorquis 4" und einer von beiden abstammenden Kreuzung. "Bitorquis 2" hat einen viel kürzeren Stiel als "bit. 4". Die Kreuzung K26 hat den langen Stiel von "bitorquis 4" geerbt.

Auch hinsichtlich des Stielendes gibt es bei *A. bitorquis* große Unterschiede zwischen den Stämmen. Das Stielende kann breit sein und viel Mycelium mit anhängender Erde enthalten ("bitorquis 4" in Abb. 4), es kann aber auch spitz zulaufen und wenig Mycel und

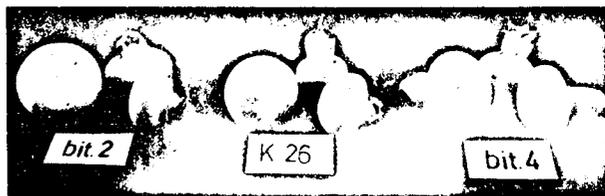


Abb. 4. Pilze zweier Wildtypen ("bitorquis 2" und "bitorquis 4") sowie einer Kreuzung von Einspormycelien, die von diesen Wildtypen abstammen ($2/69 + 4/53 = K 26$)

Erde tragen ("bitorquis 2" in Abb. 4). Der letztgenannte Typ läßt sich leichter pflücken und hilft dadurch, die Kosten zu senken. Im allgemeinen sind die Fruchtkörper von *A. bitorquis* schneller geerntet als die von *A. bisporus*.

Auch was die Form der Hüte betrifft, gibt es große Unterschiede zwischen den Stämmen von *A. bitorquis*. Die meisten Wildtypen haben einen platten Hut, der häufig in der Mitte eingedellt ist. Es gibt jedoch auch Wildtypen mit rundem Hut (Fritsche 1974). Entsprechend vielseitig sind die Hutformen in den Kreuzungen. Ein hoher Hut ist einem platten vorzuziehen, da er nicht nur gefälliger aussieht, sondern auch mehr Fruchtfleisch enthält.

Außer der Mannigfaltigkeit in der Form der Fruchtkörper gibt es auch eine große Variabilität in der Farbe der Hüte. Die Skala reicht vom reinen Weiß bis zum schmutzig Gelb. Manche Stämme sind empfindlich für Störungen in der Raumluft, vermutlich in bezug auf die Luftfeuchte. Sie bekommen braune Flecken, andere werden schuppig. Die Fruchtkörper können, besonders zu Ertragsbeginn, in großen "Klumpen" zusammen stehen. Eine unserer Kreuzungen bildet derartig viele Sporophoren in einem Klumpen aus, daß die in der Mitte stehenden Fruchtkörper von den anderen aus der Erde gehoben werden. Die Folge ist, daß sie trocken und lederartig werden. Andere Kreuzungen dagegen zeigen wenig Neigung zur Klumpenbildung.

E. Diskussion der Ergebnisse

Wie die angeführten Beispiele zeigen, gibt es bei *A. bitorquis* eine große Mannigfaltigkeit in verschiedenen Eigenschaften. Bei dem bisher ausschließlich kultivierten und züchterisch bearbeiteten Champignon *A. bisporus* haben wir solch eine Mannigfaltigkeit nicht. Wohl gibt es noch mehr Farbvariationen als bei *A. bitorquis*, doch die feinen Formunterschiede der Fruchtkörper

sind bei *A. bisporus* viel weniger ausgeprägt. Auch ist es schwer, in unseren Gebieten in der Natur noch Sporephoren von *A. bisporus* zu finden, von denen man mit Sicherheit weiß, daß sie nicht von abgetragenen Kulturen stammen. Nach der Kultur wird das Champignonsubstrat nämlich als Dünger in Landwirtschaft und Gartenbau verwendet. Von *A. bitorquis* kann noch viel ursprüngliches Material am natürlichen Standort gefunden werden.

Einige Kreuzungen zeigten im Vergleich mit den elterlichen Wildtypen bemerkenswerte Mehrerträge. Daß bei der Kombination der Wildtypen diese Ertragssteigerungen nicht auftraten, kann folgendermaßen erklärt werden: Beim Wildtyp haben wir es mit einem Genotyppengemisch zu tun. Die Einsporkultur enthält dagegen nur ein Allel von jedem Gen. Bei der Paarung von Einsporkulturen können für den Züchter wertvolle Allele zusammentreffen und es kann zu günstigen Genkombinationen kommen. Auch das Gegenteil kann der Fall sein, wie Tabelle 1 zeigt. Die Auslese bleibt darum die Hauptaufgabe des Züchters.

Es ist anzunehmen, daß bei *A. bitorquis* noch viele Verbesserungen auf dem Wege der Züchtung zu erreichen sind. Wir haben hier einen der im Gartenbau selten gewordenen Fälle, daß wir mit der Umwandlung von einer Wildpflanze in eine Kulturpflanze gerade erst begonnen haben.

Danksagung: Für die gute Assistenz möchte ich Herrn Ing. P. Mutsers und Fräulein Th. Derks herzlich danken.

Literatur

Cailleux, R.: La culture d'un champignon de couche tropical: *Psalliota subdulcis*. Mushroom Sci. VII, 571-575 (1969)

Eingegangen am 10. Juli 1975
Angenommen durch W. Seyffert

- Dieleman - van Zaayen, A.: Spread, prevention and control of mushroom virus disease. Mushroom Sci. VIII, 131-154 (1972)
- Eger, G.: Untersuchungen über die Funktion der Deckschicht bei der Fruchtkörperbildung des Kulturchampignons *Psalliota bispora* Lge. Arch. Mikrobiol. 39, 313-334 (1961)
- Elliott, T. J.: Sex and the single spore. Mushroom Sci. VIII, 11-18 (1972)
- Esser, K.: Die Genetik der sexuellen Fortpflanzung bei den Pilzen. Biol. Zbl. 81, 161-172 (1962)
- Evans, H. J.: Nuclear behaviour in the cultivated mushroom. Chromosoma (Berl.) 10, 115-135 (1959)
- Ferguson, M. C.: A preliminary study of the germination of the spores of *A. campestris* and other basidio-mycetous fungi. Washington Bul. U.S. Bur. Plant Ind. No. 16 (1902)
- Fritsche, G.: Beispiel der Wirkung der Einsporkulturauslese als züchterische Methode beim Kulturchampignon. Theor. Appl. Gen. 42, 62-64 (1972)
- Fritsche, G.: Züchterische Arbeiten an dem neu in Kultur genommenen Champignon *Agaricus bitorquis* (Quél.) Sacc. Mushroom Sci. IX, im Druck (1974)
- Hasselbach, O. E.; Mutsers, P.: *Agaricus bitorquis* (Quél.) Sacc., een warmteminnend familielid van de champignon. Champignoncultuur 6, 211-219 (1971)
- Hunte, W.: Champignonanbau im Haupt- und Nebenerwerb. Berlin u. Hamburg: Verlag Paul Parey 1973
- Jahn, H.: Pilze rundum. Hamburg: Park-Verlag 1949
- Kappert, H.: Die vererbungswissenschaftlichen Grundlagen der Züchtung. Berlin u. Hamburg: Verlag Paul Parey 1953
- Kligman, A. M.: Some cultural and genetic problems in the cultivation of the mushroom "*Agaricus campestris*". Amer. J. Botany 30, 745-762 (1943)
- Lambert, E. B.: The production of normal sporophores in monosporous cultures of *Agaricus campestris*. Mycologia XXI, 333-335 (1929)
- Miller, R. E.: Evidence of Sexuality in the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. Mycologia LXIII, no. 3, 630-634 (1971)
- Pompen, Th.: De teeltwijze van Horst B 30. Champignoncultuur 18, 319-320 (1974)
- Poppe, J.: Un excellent *Agaricus tetra-sporique* cultivable commercialement avec succès. Mushroom Sci. VIII, 517-525 (1972)
- Raper, J. R.; Raper, C. A.: Life cycle and prospects for interstrain breeding in *Agaricus bisporus*. Mushroom Sci. VIII, 1-9 (1972)
- Raper, C. A.: Persönliche Mitteilung (1973)
- Stanék, M.: Persönliche Mitteilung (ca. 1967)

Dr. Gerda Fritsche
Stichting Proefstation voor de Champignoncultuur
Postbus 42
Horst (L), Niederlande