

13.7.2019

Trüffelanbau Teil I

Von der Natur zur Kultur



Dieter Honstraß
WWW.TRÜFFELSCHULE.DE



Folie 1

Trüffeln sind unterhalb der Erdoberfläche wachsende Pilze, die zur geschlechtlichen Vermehrung ihre Fruchtkörper ebenfalls unterirdisch ausbilden. Wer Pilze erfolgreich anbauen und nichts dem Zufall überlassen will, muss sich daher zunächst über drei essenzielle Gegebenheiten ausführlich informieren: Das sind Lebensweise, Sexualität und Verbreitung. - Werfen wir daher zunächst einen Blick auf die Stellung der Pilze im Bereich der Lebewesen



Folie 2

Jahrhunderte hatte es in unserem Weltbild drei Kategorien von Lebewesen gegeben: Pflanzen Tiere und Menschen. Seit Darwin sind die Menschen zu den Tieren abgewandert. Da waren es nur noch zwei. Die Pilze beließ man im Ordnungssystem bei den Pflanzen. - Sie betreiben keine Photosynthese wie die Pflanzen, sind daher auch kein Gemüse. Sie müssen fressen und stehen darum den Tieren näher. Pilze bilden eine eigene Lebensform und sind älter als die Landpflanzen deren Landgang sie erst ermöglichten und bis heute erhalten.

Kapitel des Lehrfilms

- Nicht Tier- oder Pflanzen
- Lebens- und Nahrungsbeziehungen
- Symbiose: Endo- und Ektomykorrhiza
- Trüffelarten für den Anbau
- Baum- und Strauchpartner
- Verbreitung
- Vermehrung – Sexualität – Entwicklungszyklus
- Mykorrhizierung von Sämlingen
- Aufbewahrung, Pflege und Wartung bis zur Auspflanzung

Folie 3 

Hier ein kurzer Überblick, mit welchen Einzelthemen wir uns nacheinander befassen wollen: Am besten ist, sich das Arbeitsheft für eigene Notizen auszudrucken. Zu einigen Seiten gibt es dort zusätzliche Informationen.

Jedes Kapitel vermittelt fundamentales Wissen für den Trüffelanbau, daher sollten Sie sich gut organisieren, wie Sie mit der Informationsfülle umgehen. Ich empfehle dringend, die einzelnen Abschnitte stets mit Bleistift und Notizblock zu studieren. – Im Bedienfeld links unten, finden Sie individuelle Steuerungsmöglichkeiten.

Unterschiede: Pflanzen und Pilze

Organe: Wurzeln, Spross, Blätter 	<u>Keine</u> Organe: Hyphengeflecht 
--	--

Folie 4

Im Gegensatz zu Pflanzen haben Pilze keine Organe nicht einmal Gewebe, sondern ein wenig differenziertes Hyphengeflecht.

Pilze können keine Photosynthese betreiben. Sie benötigen daher organische Kohlenstoffverbindungen, um ihren Energiebedarf zu decken. Sie verwenden organische Stoffe sowohl als Energiequelle, indem sie diese chemisch abbauen, als auch zum Aufbau körpereigener Stoffe.

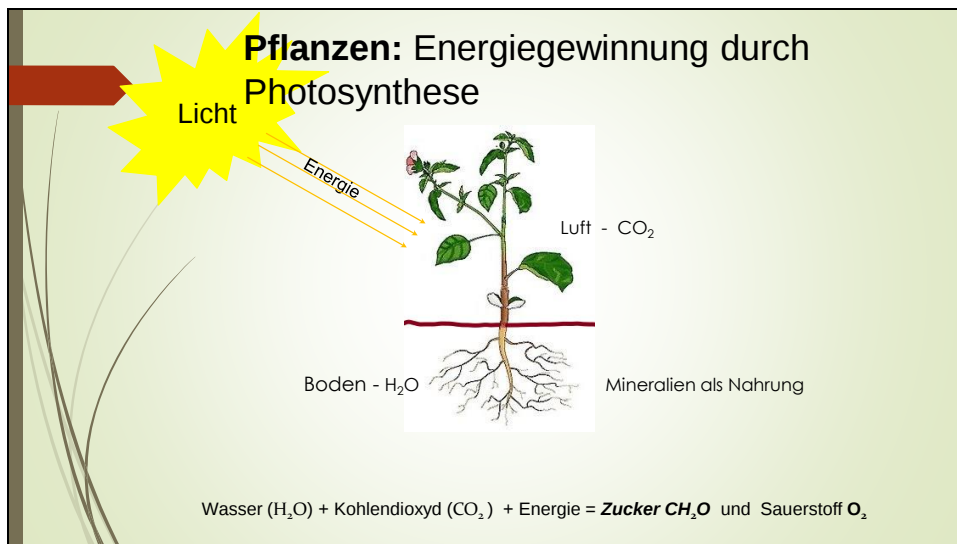
Pilze – eine eigene Lebensform

- Selbst Darwin verstand (noch) nicht das Wesen der Pilze.
- Erst Wissenschaftler der letzten 20 - 30 Jahren begriffen nach und nach die unterschiedlichen Lebensformen.
- Mit der Erkenntnis, dass Pilze eine eigene Lebensform sind, wird klar, dass es sie bereits vor den Landpflanzen gab.
- Alles was grünt und blüht - es sind zu 90 % Pilze, die das Leben an Land erhalten.
- Pilze begegnen uns alltäglich in drei Erscheinungsformen: als Hyphengeflecht, Fruchtkörper oder Sporen.



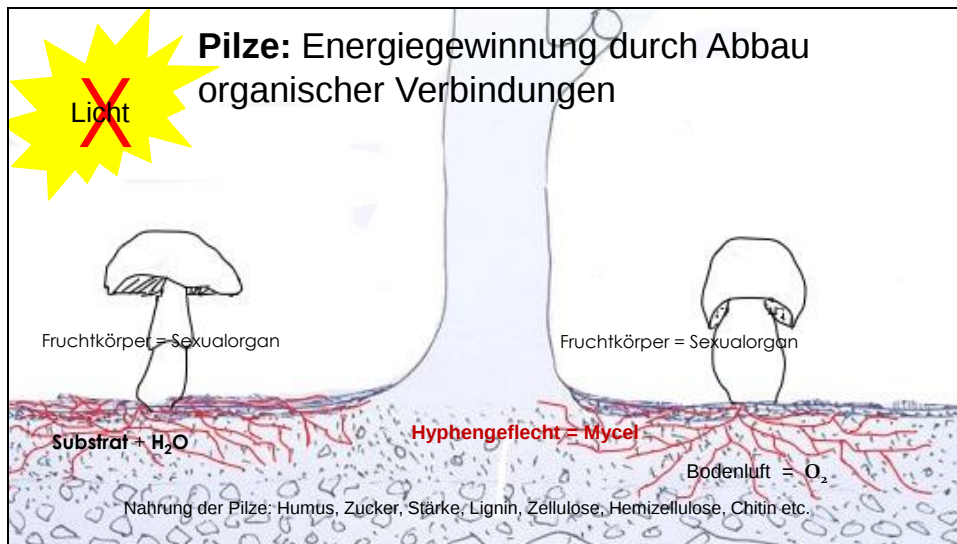
Folie 5

Pflanzen: Energiegewinnung durch Photosynthese



Folie 6

Pflanzen sind durch bestimmte Organellen in ihren Blättern befähigt, einen Teil der Energie des Sonnenlichts in transportable Energiespeicher umzuwandeln: Zucker. Dazu nehmen sie Kohlendioxid aus der Luft und Wasser aus dem Boden auf und produzieren daraus Zucker unter Abgabe von Sauerstoff. Mit den über die Wurzeln aufgenommenen Mineralien sind sie in der Lage, organisches Material zu produzieren. Diese Biomasse dient Tieren und Pilzen als Nahrung. - Pilze müssen also fressen



Folie 7

Pilze benötigen - anders als Pflanzen - nicht das Licht der Sonne, da sie keine Photosynthese betreiben können. Das Hyphengeflecht – meistens Mycel genannt – durchwächst den Boden bzw. das Substrat in alle Richtungen, wo es Nahrung findet. Pilze beziehen ihre Nahrung aus dem Abbau von Zuckerverbindungen, Stärke, Lignin, Zellulose, Hemizellulose, Chitin und anderen organischen Verbindungen. Da Pilze keinen Magen besitzen, müssen sie verschiedene Enzyme produzieren. Diese werden über die Zellwände nach außen abgegeben, um dort organische Nahrung aufzuspalten und die verwertbaren Zersetzungsprodukte auf umgekehrten Weg über die Zellwände aufzunehmen. Wie wir benötigen sie dazu Sauerstoff zum Atmen und Wasser zum Trinken.



Folie 8

Erst wenn über längere Zeit genügend Nahrung aufgenommen und im Mycel abgespeichert ist, kann der Pilz sich durch Bildung von Fruchtkörpern sexuell fortpflanzen. Was wir als Fruchtkörper bezeichnen sind also die Sexualorgane des Pilzes.

Zusammenfassung

- Pilze besitzen keine Organellen, die zur Photosynthese und damit zum Aufbau energiereicher Kohlenhydrate befähigen
- Sie sind auch nicht - wie einige Bakterien - zur Chemosynthese befähigt, um durch Oxidation anorganischer Substanzen Energie zu gewinnen
- Pilze benötigen organische Kohlenstoffverbindungen, um den Energiebedarf ihres Stoffwechsels zu decken
- Fazit: Pilze sind darauf angewiesen, energiereiche organische Verbindungen von anderen Organismen – lebendig oder abgestorben – zu übernehmen
- Oder ganz einfach: Pilze benötigen Sauerstoff zum Atmen, Wasser zum Trinken und totes organisches Material als Nahrung.
- Ihre Existenz nehmen wir nur wahr, wenn sie sich sexuell vermehren wollen und dazu Fruchtkörper ausbilden.
- Welche Lebensstrategien haben daraus die Pilze für sich entwickelt?

Folie 9

Kapitel 2 – Lebensstrategien und Ernährungsweisen

Lebensstrategie und Ernährungsweise der Pilze

Mit soliden Grundkenntnissen zum
Erfolg



Folie 10

Eben noch stellten wir fest: Organische Verbindungen, egal ob tot oder lebendig, das ist die Nahrung der Pilze. Von toter, organischer Biomasse also ernähren sich die Saprobionten wie etwa Stockschwämmchen, Champignons oder Schirmpilze. Sie fressen entweder Holzreste, Laub, Zweige, Kot, Federn oder andere abgestorbene Substanzen. Zunderschwamm, Schwefelporling oder Krause Glucke warten nicht erst, bis der Wirt tot ist, sie befallen lebende Organismen. Sie leben parasitisch. - Die zu den Symbionten zählende Pilzarten wie Steinpilze, Pfifferlinge oder eben Trüffeln, gehen zusätzlich eine Zweck- bzw. Lebensgemeinschaft mit verschiedenen lebenden Pflanzen ein. – Um den Trüffelanbau zu verstehen, bringen wir zunächst ein wenig Ordnung in dieses scheinbare Durcheinander.

Diese elementaren Kenntnisse sind nicht nur für Pilzsammler der Schlüssel zum Erfolg, sondern auch für Pilzzüchter. - Vom Einstieg in die Pilzkunde bis zur Prüfung als Pilzberater

oder Pilzsachverständiger, meine Lehrfilme zu den verschiedenen Themenbereichen finden Sie auf www.pilzlehrfilm.de



In der pilzkundlichen Praxis hat sich zum leichteren Verständnis bewährt, das Reich der Pilze nach ihrer Lebensstrategie grob in drei große Gruppen einzuteilen: Parasiten, Saprobionten und Symbionten.

Folie 12

Parasiten (Schmarotzer)

- Parasitisch lebende Pilze befallen den lebenden Wirt (z.B. Bäume), um Teile seiner Substanz als Nahrung zu nutzen.
- Der eigentliche Pilz, also das **Hyphengeflecht** ist für unsere Augen unsichtbar. Es befindet sich **im** lebenden Wirt.
- Wir nehmen die Existenz der Pilze nur wahr, wenn sie ihre Vermehrungsorgane ausgebildet haben.
- Die einseitige Nutzung parasitierender Pilze ist zum Schaden des Wirtes.
- Zu dieser Gruppe gehören u.a. Pilzarten wie Austerseißling, Schwefelporling, Hallimasch oder etwa die krause Glucke.

The slide includes a diagram showing a tree trunk with red lines representing fungal hyphae penetrating its interior. Red arrows point to specific areas of infection. To the right of the diagram are three photographs: the top one shows a tree trunk with a large, bracket-shaped bracket fungus; the middle one shows a cluster of orange, cup-shaped fungi on a forest floor; the bottom one shows a close-up of a textured, orange, brain-like fungus.

Parasitisch lebende Pilze sind oft so sehr auf einen bestimmten Wirt spezialisiert, dass man die Kenntnisse dazu zur erfolgreichen Pilzsuche nutzt. Andere parasitisch lebende Pilze befallen uns, wie etwa die Bartflechte oder Fußpilz. Wieder andere schmarotzen auf Insekten oder deren Larven. Wir kennen sie auch als Verursacher von Tomaten- oder Kartoffelfäule.

Als Trüffelanbauer sollten wir wissen, dass auch Trüffeln von schmarotzenden Pilzen befallen werden können und dort eine Fäule hervorrufen.

**Saprobionten
(Holz- und/oder
Streuzersetzer)**

- Von abgestorbenem Material, wie es z.B. die Streuschicht der Wälder bietet oder festeren Bestandteilen wie Baumstubben und -stämmen, leben die Saprobionten.
- Dazu gehören Schirmpilze, Champignons, Stöckschwämmchen, Trichterlinge und viele Arten mehr.
- Sie leben nicht isoliert, sondern stehen mit ihrem Mycel in Kontakt mit anderen Pilzen, tauschen Nährstoffe und Informationen untereinander aus



Das Diagramm zeigt ein Netzwerk von Pilzmycelien, das sich über abgestorbenes Holz und Streu ausbreitet. Ein roter Pfeil weist auf einen Punkt im Netzwerk hin. Darunter ist ein Foto, das verschiedene Arten von Pilzen in ihrer natürlichen Umgebung zeigt, darunter Schirmpilze und Stöckschwämme.

Folie 13

Heute sind Wissenschaftler in der Lage, einzelne Moleküle einzufärben und sichtbar zu machen. So hat man den Weg derart präparierter Moleküle vom befallenen Baum, über den in ihm parasitisch lebenden Pilz und dem benachbarten Mykorrhizapilz eines anderen Baumes bis in diesen selbst verfolgen können. Ich kann die Überraschung der staunenden Öffentlichkeit nicht ganz verstehen, denn wir sind doch ein Teil der Natur. Schauen wir uns an wie wir uns mittels Aufgabenteilung organisiert haben:

Der Bauer bestellt das Weizenfeld. Führt dazu mit einem Trecker dessen metallische Teile aus dem Bergbau als Erz geborgen stammen, in der Stahlindustrie geschmolzen und in der Fahrzeugindustrie weiter zum Trecker verarbeitet wurden. Die reifen Körner gelangen über Transporteure in die Mühle und von da als Mehl über den Handel in die Backstube des Bäckers, der mit den Hühnereiern vom Nachbarhof und einigen Pilzen dazu das Brot backt. – Arbeitsteilung, Spezialisierung, Transport und Handel, das alles sind keine Erfindungen des Menschen. Das gab und gibt es alles schon in der Natur. Wenn wir wissen wollen, wie das da unten bei den Pilzen funktioniert, müssen wir nur schauen wie wir uns selbst organisiert haben. Dann kommen wir schneller zu den richtigen Antworten.

Folie 14

Symbionten (Mykorrhizapilze)

- Pilze, die in einer Lebensgemeinschaft mit Pflanzen leben nennen wir Mykorrhizapilze.
- Neben unterirdisch wachsenden Trüffeln gehören viele oberirdisch fruktifizierende Speisepilze wie Butterpilze, Pfifferlinge und Birkenpilze dazu.
- Im Gegensatz zu den Parasiten haben Baum und Pilz im beiderseitigen Einvernehmen und zum beiderseitigen Nutzen vereinbart, Nährstoffe und Produkte miteinander auszutauschen.
- Der Austausch erfolgt in den Wurzelspitzen der Bäume.
- Dazu nun einige konkrete Beispiele



Das Diagramm zeigt einen Querschnitt durch einen Baumstamm und seine Wurzeln. In den Wurzelspitzen sind kleine, dunkle Punkte dargestellt, die die Mykorrhizapilze symbolisieren. Rechts neben dem Diagramm befindet sich eine Collage aus vier Bildern: oben links eine Gruppe von grünen, runden Pilzen (Pfifferlinge), oben rechts eine Gruppe von orangefarbenen, runden Pilzen (Butterpilze), unten links ein einzelner, runder, brauner Pilz (Birnenpilz) und unten rechts eine Gruppe von dunklen, runden Pilzen (Trüffeln).

Folie 15

Goldröhrling (Suillus grevillei)

- Manchmal durch Verpflanzung von Jungbäumen unbeabsichtigt und unbemerkt irgendwo angesiedelt
- Symbiose (Mykorrhiza) nur mit Lärchen
- Fruchtkörper stets oberirdisch (epigäisch)
- Sporenbildung an Ständerzellen (Basidien) in der Fruchtschicht der Röhren
- Sporenverbreitung erfolgt hauptsächlich über die Luft durch den Wind, aber auch durch Tierfraß
- Mehrere Fruktifikationen: Dauerfruchter



Das Foto zeigt einen Goldröhrling (Suillus grevillei) auf einem Moosboden. Der Pilz hat einen orangefarbenen, runden Fruchtkörper mit einem glatten, leicht glänzenden Hut. Der Stiel ist ebenfalls orangefarben und hat eine röhrenartige Struktur. Im Hintergrund sind weitere, ähnliche Pilze zu sehen, die auf dem Moos wachsen.

Von den oberirdisch zu den unterirdisch wachsenden Pilzarten: „Plötzlich standen bei mir diese Pilze im Garten. Wie kommen die dahin? Und - kann ich die essen?“ so oder ähnlich lauteten immer wieder Anfragen. Es wäre nicht das erste Mal, dass unter einer als Souvenir mitgebrachten und im heimischen Garten eingepflanzten Lärche solche Goldröhrlinge erscheinen. Das Geheimnis: Die junge Lärche war bereits – für den Laien unsichtbar - am ursprünglichen Wuchsort mit ihrem Pilzpartner über das Wurzelwerk liiert. Der Fachmann spricht hier von Mykorrhiza. Mit Pilzen infizierte Bäumchen von A nach B zu verfrachten, auf genau diese Verbreitungsweise hat sich schon so mancher Zweibeiner unwissentlich Pilze in den heimischen Park oder Garten geholt. Auch bestimmte Trüffelarten findet man bei Lärchen.– Bewusst registrieren sollten wir, dass anders als bei den Trüffeln, die hier in der Röhrenschicht produzierten, winzigen Sporen bei Reife herausfallen und mit dem Wind verbreitet werden. Irgendwohin. Zufällig.

Der Goldröhrling ist ökologisch gesehen ein obligater Mykorrhizapilz der Lärche, d.h. er kann sich ohne seinen Baumpartner nicht sexuell vermehren. Als Dauerfruchter produziert er mehrfach im Jahr die oberirdisch (epigäisch) wachsenden Fruchtkörper. Für den Trüffelfreaks ist interessant, dass die Lärche (*Larix decidua*) ein möglicher Lebenspartner für die Bianchetti-Trüffel (*Tuber bochii*) ist.

Edelreizker –
(*Lactarius deliciosus*)

- Symbiosepartner der Kiefern
- Sporenbildung an den Basidien auf der Lamellenoberfläche
- Sporenverbreitung durch den Wind
- Verbreitung auch durch Verpflanzung von Jungbäumen
- Fruchtkörperbildung mehrfach im Jahr (Dauerfruchter)
- Wachstumsgeschwindigkeit ca. 1-3 Wochen



Folie 16

Solche **Edelreizker** wachsen nur in Symbiose mit verschiedenen Kiefernarten. In Südeuropa werden die Kiefern botanisch exakt als Pinien bezeichnet. Dieser in mediterranen Ländern hoch geschätzte Speisepilz sondert an frischen Bruchstellen etwas rötliche Flüssigkeit ab. Je nach Färbung, von karotten- bis weinrot, der als Milch bezeichneten Flüssigkeit, sowie Zuordnung zu bestimmten Kieferngewächsen, unterscheidet man etwa ein halbes Dutzend Arten. – Die besten Arten wachsen in Symbiose mit unseren heimischen Kiefern, sowohl auf kalkhaltigen wie auf sauren Böden. Von der Natur zur Kultur: Da diese schmackhafte Pilzart schon bei jungen Kiefern fruktifiziert, können diese gleich nach dem Auskeimen der Samen mit den Pilzsporen zusammengebracht und nach erfolgreicher Infektion an geeigneter Stelle ausgepflanzt werden. Diesen Vorgang bezeichnet man als Mykorrhizierung. Erfolgreicher ist die Mykorrhizierung mit steril erzeugtem Mycel. Wie man das in der Praxis gezielt macht, erfahren Sie in einem späteren Kapitel.

Eine Symbiose von *Lactarius deliciosus* findet nur mit zweinadeligen Kiefern (Gattung *Pinus*) nicht aber mit den eingeschleppten drei- und fünfnadeligen Kiefern statt. Je nach Art muss der Boden sauer oder alkalisch sein. Auf neutralen bis sauren Böden können wir bei Kiefern als Mykorrhizapartner auch die Frühlingstrüffel (*Tuber borchii*) und auf kalkhaltigen Böden zusätzlich die Sommertrüffel (*Tuber aestivum*) antreffen. Es kommt also einerseits auf das Alter der Baumpartner, sowie andererseits auf die Bodenverhältnisse an.

Steinpilz, Herrenpilz (*Boletus edulis*)

- Mykorrhizapartner verschiedener Baumarten
- Wann Steinpilze fruktifizieren, ist nicht nur von der Partnerbaumart, sondern auch von dessen Lebensalter abhängig
- Symbiosepartner sind hauptsächlich Buchen, Eichen, Kiefern, Fichten und Tannen
- Die Sporenbildung erfolgt ebenfalls in der Fruchtschicht der Röhren auf der Hutunterseite



Folie 17

Zu den oberirdisch (epigäisch) fruktifizierenden Symbiosepilzen gehört auch der beliebte Steinpilz. Wie bei allen Symbionten ist es für ihn nicht möglich, sich sexuell ohne Baumpartner zu vermehren, also Fruchtkörper zu bilden. Zur Einleitung der sexuellen Vermehrung muss das hauchzarte Hyphengespinnst zunächst diese gewaltigen Sexualorgane ausbilden. Die Sporenbildung erfolgt nach Kernverschmelzung außerhalb der in den Röhren befindlichen Millionen von Ständerzellen. Die reifen Sporen werden über die Luft mit dem Wind verbreitet.

Je nach Steinpilzart kann er eine Mykorrhiza mit verschiedenen Baumarten eingehen. Dem erfahrene Pilzsammler ist möglicherweise schon aufgefallen, dass Fruchtkörper nur bei Bäumen einer bestimmten Altersgruppe wachsen. So fruktifiziert *Boletus edulis* beispielsweise schon bei jungen Fichten, niemals aber bei jungen Eichen oder Buchen.

Perigord-Trüffel (*Tuber melanosporum*)

- Mykorrhizapartner von Eichenarten, Haselnuss, Hainbuche, Linden, Hopfenbuchen, Kiefern, Zedern und Zistrose
- Wo am häufigsten?
- Wo am zahlreichsten?
- Wo am frühesten?
- Sporenbildung in der Gleba
- Verbreitung durch Tierfraß



Folie 18

Noch geheimnisvoller wird es, wenn wir zu den unterirdisch (hypogäisch) fruktifizierenden Pilzen, den Trüffeln kommen. Diese begehrte schwarze, wärmeliebende Trüffelart kommt wildwachsend als Symbiont bei verschiedenen Eichenarten, Haselnuss, Hainbuche, Linde, Hopfenbuchen, Kiefern und Zistrosen vor. Wer Anbauerfolg haben will, muss der Natur genau abschauen, bei welcher Baumart sie einerseits am häufigsten und andererseits am zahlreichsten vorkommt. Darüber hinaus gilt es andererseits auch sorgfältig zu ermitteln, ab wann welche Trüffelart bei welcher Baumart und wie lange vorkommt..

Die Sporen werden bei den Hypogäen (Trüffeln) im Innern (Gleba) der Fruchtkörper in ballonförmigen Zellen produziert. Die Verbreitung erfolgt durch Tierfraß. Auch das schauen wir uns an anderer Stelle aus gutem Grund noch sehr viel genauer an.

Wildwachsend wurde diese Trüffelart in Deutschland noch nicht nachgewiesen. Exaktes Wissen zur Ökologie der verschiedenen Trüffelarten fehlt weltweit den meisten Trüffelbaumzüchtern. Wer das also nicht weiß, kann leicht in die falschen Baumpartner investieren, denn mykorrhizieren kann man Trüffeln mit sehr vielen Baumarten.

Winter-Trüffel (*Tuber brumale*)

- Mykorrhizapartner sind bei uns verschiedene Eichenarten und Rotbuchen
- Vorkommen auf alkalischen, trockenen bis frischen Böden
- Langzeitfruchter: Vom Primordium bis zum reifen Fruchtkörper vergehen 8-10 Monate
- Reifezeit: November bis Januar



Folie 19

Verschiedene Eichenarten (*Quercus spec.*) und Rotbuchen (*Fagus sylvatica*) sind die wichtigsten Lebenspartner dieser ebenfalls schwarzen, in Deutschland wildwachsend vorkommenden Trüffelart. Die **Wintertrüffel** gedeiht - wie die vorgenannte Perigord-Trüffel nur auf alkalischen, trockenen bis frische Böden. Echte Trüffeln der Gattung *Tuber* sind Langzeitfruchter, d.h. vom Babystadium bis zur völlig reifen Trüffel vergehen viele Monate. Die Haupt-Reifezeit dieser Trüffelart erstreckt sich von November bis Januar.

Sommer-Trüffel und Burgunder-Trüffel (*Tuber aestivum*)

- Sommertrüffel von Mai bis September
- Burgundertrüffel von Ende September bis Januar (April)
- Trüffeln reifen nicht gleichzeitig heran
- Witterungsverlauf und Nährstoffversorgung entscheiden über Menge und Größe
- Peridie schwarz, Gleba weiß-bräunlich geadert



Folie 20

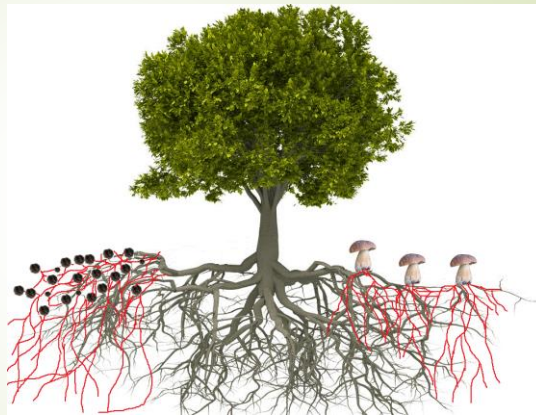
An denselben Stellen, wo man überall in Europa in den Sommermonaten von Mai bis Anfang September die Sommer-Trüffel auffindet, ist danach häufig bis Januar die Burgunder-Trüffel zu finden. Zur Erinnerung: Trüffeln sind Pilze und werden nicht etwa wie Zuckerrüben oder Kartoffeln alle zur gleichen Zeit reif. Sie entstehen zu unterschiedlichen Zeiten und reifen somit differenziert in den Trüfflieren heran. Die Wachstumsgeschwindigkeit ist, neben individuellen Unterschieden, abhängig vom kleinörtlichem Witterungsverlauf und der Nährstoffversorgung. So kann sich die Ernte schon mal bis etwa Mitte März oder April erstrecken.

Wesentliche Vorarbeit zum erfolgreichen Anbau hat die Forschungsgruppe Hypogäen (FGH) geleistet, indem sie umfangreiche ökologische Feststellungen unserer wildwachsenden heimischen Trüffeln vornahm und damit eine solide Grundlage für den Trüffelanbau in Deutschland schuf. Außen schwarz, innen verschiedenfarbig marmoriert – welche Trüffelarten man überhaupt anbauen sollte und wie man die Trüffelarten auseinanderhält, darauf kommen wir in einem späteren Abschnitt

Tuber aestivum (Sommertrüffel) und *Tuber uncinatum* (Burgundertrüffel) – nicht nur vom Aussehen der Gleba, sondern auch vom Aroma unterscheiden sich diese Trüffeln. Erst DNA-Untersuchungen belegten, dass beide Arten genetisch identisch sind. Das beide Namen nach wie vor im Handel in Gebrauch sind, soll uns aber nicht weiter stören.

Zusammenfassung

- Der eigentliche Pilz (rote Fäden im Bild), das Hyphengeflecht, breitet sich zu allen Seiten aus. So gelangt es auch tiefer als die Wurzeln reichen
- Wir unterscheiden bei den Symbionten also epigäisch (oberirdisch) wachsende Arten wie etwa Steinpilze und
- hypogäisch wachsende Arten wie die Trüffeln
- Der Baum ist befähigt gleichzeitig verschiedene Mykorrhizapartner als Nahrungslieferanten zu "beschäftigen"
- Damit herrscht ein ständiger Konkurrenzkampf unter den Pilzen.
- Für den Trüffelanbauer sind es lästige Konkurrenten, die den Trüffelertrag schmälern.



Folie 21

Mykorrhizapilze – die Nahrungslieferanten der Pflanzen

Der eigentliche Pilz – wenn wir was sehen, sehen wir ja (bislang) immer nur die Frucht (!) – dringt mit seinem ultrafeinen Hyphengeflecht (dem Mycel) von der Streuschicht bis in größere Tiefen vor und kann sich kilometerweit ausbreiten. Die Mykorrhizapilze verfügen über ein im Vergleich zur Pflanze erheblich größeres Vermögen, Mineralstoffe und Wasser aus dem Boden zu lösen. So reichen sie mit ihren hauchfeinen Zellen in tiefere Schichten, erschließen selbst da noch Nährstoffe aus dem Abbau von organischem Material für sich und den Baumpartner, wo dieser mit seinen feinsten Wurzeln niemals hinkommt oder es einfach nicht vermag. Aus der Sicht des Baumes bietet die Mykorrhizierung zusätzlich Schutz vor Wurzelschädlingen, wie etwa pathogenen Pilzen. Außerdem verbessert diese Symbiose die Trockenresistenz der Pflanzen, was vor allem an extremen Standorten von Vorteil für den Baum ist.

Es spricht einiges in der Evolution dafür, dass Pilze vor den Pflanzen das Wasser verließen und an Land gingen. Immerhin fanden sie ja Nahrung in Hülle und Fülle an den Ufern und Küsten vor: angeschwemmtes, totes organisches Material, tierischen und pflanzlichen Ursprungs. Die Pflanzen hätten wohl ohne Mykorrhizapilze das Land vermutlich nicht erobern können.

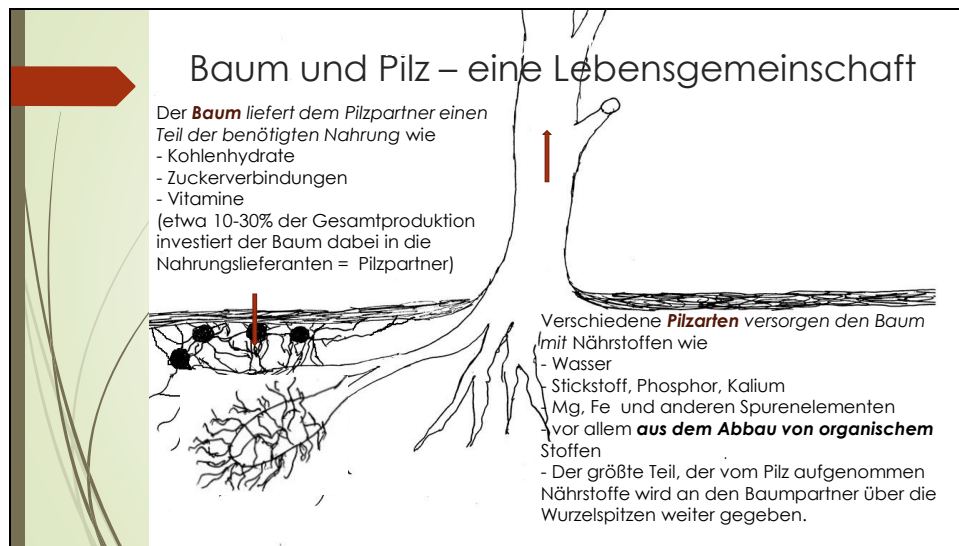
Der Austausch der Nährstoffe findet in den feinsten Wurzelspitzen des Baumes statt. Wie das geschieht und warum das Wissen darum für den Trüffelanbau eminent wichtig ist, erfahren Sie im nächsten Kapitel.

Kapitel 3 Ekto- und Endomykorrhiza



Folie 22

Der Austausch von Nährstoffen geschieht direkt in den Wurzelspitzen der Feinwurzeln.

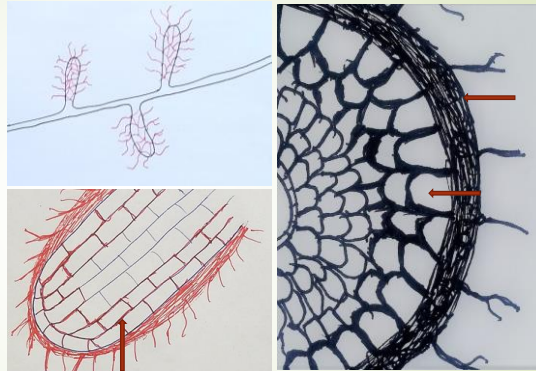


Folie 23

Der Umschlagplatz für den Austausch von Stoffen befindet sich in den feinen Wurzelspitzen. (

Ecto-Mykorrhiza

- Dargestellt ist hier die Mykorrhizierung an den Wurzelspitzen der Feinwurzeln
- Bei der Ecto-Mykorrhiza dringen die Pilzzellen (Hyphen) an der Wurzelspitze in die Zellzwischenräume ein und fächern da auf
- Im Querschnitt rechts erkennbar: Die von den Hyphen umgebenen äußeren Wurzelzellen schwellen an, um die Austauschflächen zu vergrößern. – Sie bilden das Hartig'sche Netz.
- Der "Nahrungsmittelaustausch" erfolgt durch die Zellwände hindurch
- Die Wurzelspitze wird zusätzlich von einem mehrlagigen Hyphengeflecht ummantelt
- Der Umschlagplatz für Nährstoffe in beide Richtungen ist fertiggestellt

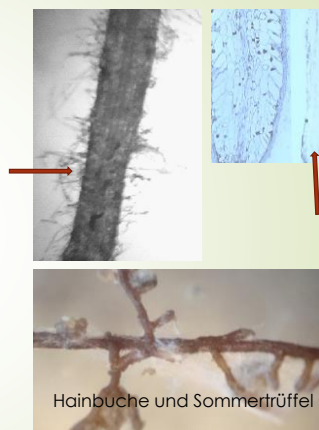


Folie 24

Pflanzen locken durch Abgabe bestimmter Aminosäuren und leicht verdaulicher Kohlenhydrate mittels Wurzelasscheidungen gezielt Mykorrhizapartner an. Im Boden befindliche Sporen werden z.B. durch Flavonoide angeregt, auszukeimen. Pilzhyphe dringen nach „Absprache mittels Botenstoffe“ in die Zellzwischenräume der Feinwurzelzellen ein. Der Baumpartner unterlässt die Ausbildung von Wurzelhaaren zu Gunsten der Symbiose. Die Anwesenheit von Pilzhyphe/Mycel stimuliert den Baum zu vermehrter Feinwurzelbildung. Nach einigen Wochen hat der Pilz mit weiteren Hyphenteilen einen Hyphenmantel um die gesamte Wurzelspitze gebildet. Die baseballförmige Wurzelspitze (ca. 0,3 x 1,2 mm) selbst ist mit etwas Übung mit bloßem Auge als deutliche Verdickung erkennbar. Über die Bodenhyphe (bis zu 800x so lang wie die Wurzeln) nimmt der Pilz in größerer Entfernung und Tiefe Nährstoffe auf, die dem Baumpartner sonst verschlossen blieben.

Ektomykorrhiza Hainbuche & Sommertrüffel

- Stehen keine Mykorrhizapartner zur Verfügung nehmen Pflanzen über Wurzelhaare Mineralien, also ihre Nahrung, auf.
- Die Pflanze unterdrückt die Ausformung von Wurzelhaaren, sobald sich Hyphen von Mykorrhizapilzen nähern und man sich über chemische Botenstoffe verständigt und geeinigt hat
- Das durch ein Mikroskop aufgenommene Bild oben rechts zeigt im rechten Teil eine normale, links daneben eine mykorrhizierte Wurzelspitze maßstäblich gleich im Querschnitt.
- Deutlich sind bei der Mykorrhiza die vergrößerten Wurzelzellen erkennbar.
- Bild unten: Wurzelspitzen mit Hyphenmantel und Hyphengeflecht - Mykorrhiza der Sommertrüffel (*Tuber aestivum*) an Hainbuche (*Carpinus betulus*)



Folie 25

Bei der qualitativen und quantitativen Qualitätskontrolle mykorrhizierter Bäumchen untersucht man makro- und mikroskopisch den Wurzelbereich. So lässt sich bei selbst herangezogenen oder gekauften Bäumchen feststellen, ob die Mykorrhizierung stattgefunden hat, aber auch um welche Pilzart es sich handelt. Untersucht werden u.a. die

Form, Farbe und Oberflächenstruktur des Hyphenmantels mit Rhizomorphen und Bodenhyphen.

Bäume sind in der Lage, so genannte Läuferwurzeln (das sind die Spährupps der Bäume) auszusenden, um neue Nahrungsquellen zu finden. Diese Fähigkeit nutzen wir durch die Anlage von „Trüffelnestern bzw. Trüffelfallen“. Näheres dazu in einem späteren Kapitel. Erste Nachweise von Ekto-Mykorrhiza sind auf etwa 60 Mio. Jahre (Tertiär) datiert. Vermutlich sind Ektomykorrhizen weitaus älter, nämlich mit Auftauchen der Kieferngewächse. Später dann der Buchenartigen in der Kreidezeit etwa vor 130 Mio. Jahren.

Endo- und Ektomykorrhiza

- Unter einer Endo-Mykorrhiza (rechts) versteht man eine Verbindung zwischen Pflanze und Pilz mit Eindringen der Hyphen in die Zellen der Wurzel, also intrazellulären Wuchs.
- Die Hyphen erweitern sich in den Zellen zu Vesikeln (rundlich Form) oder aufgefächert zu Arbuskeln.
- Man spricht daher auch von VA-Mykorrhiza.
- Im Gegensatz zur Ekto-Mykorrhiza fehlt hier eine externe Hülle aus Hyphengeflecht um die Wurzelspitzen herum.
- Das Hartig'sche Netz dagegen ist eine Pilzstruktur der Ekto-Mykorrhiza.
- Endo-Mykorrhiza ist bei >90% der Landpflanzen zu finden. Vorwiegend handelt es sich um Glomeromyceten.

Ektomykorrhiza

Endomykorrhiza

Folie 26

Neben Ekto- und Endomykorrhiza gibt es noch eine Zwischenform. Diese wird als Ekt-endo-Mykorrhiza bezeichnet. Bei der **Endomykorrhiza** wiederum werden weitere Mykorrhizatypen bzw. -formen wie arbusculäre Mykorrhiza, vesikuläre Mykorrhiza, Ericaceae – Mykorrhiza, arbutoide Mykorrhiza, monotropoide Mykorrhiza, Orchideen – Mykorrhiza, morchelloide Mykorrhiza etc. unterschieden.

Die Pilzhyphen lösen durch bestimmte Enzyme die Zellwand, nicht aber das Plasmalemma der Zelle auf. In dem Maße wie die Hyphen eindringen und sich verzweigen, weicht diese Haut zurück. Dadurch wird eine größere Austauschfläche erzielt.



Zusammenfassung

- Lesen Sie unbedingt auch die zusätzlichen Erläuterungen im **Begleit-/Arbeitsheft**.
- Röhrlinge, Rißpilze, Lorcheln, Fäblinge, Täublinge und Trüffeln sind Ekto-Mykorrhizapilze
- Erstere sind damit auch potentielle Konkurrenten der Trüffeln, wenn es um die Vergabe der Plätze im Wurzelbereich des Partnerbaumes geht
- Fazit: Bei einer geplanten Anpflanzung mit „Trüffelbäumchen“ sollten daher Feststellungen und Überlegungen, sowie Maßnahmen vorangehen, um die Konkurrenz von Ekto-Mykorrhizapilzen klein zu halten. Am besten gelingt dies auf Flächen, die vorher nur von Endo-Mykorrhizen besiedelt waren.
- Wenden wir uns nun den essbaren Trüffeln sowie deren mögliche Baumpartner zu...

Folie 27

Was nutzt uns nun dieses Wissen? Baum- bzw. Pflanzenarten wie Obstbäume, Esche, Ahorn, Olivenbäume, Apfelsinen oder Wein machen nur Endomykorrhiza. Mit solchen Baumarten funktioniert Trüffelanbau nicht. Eine derzeit als Wiese oder Acker genutzte Fläche birgt keine Ekto-Mykorrhizen, ist daher interessant für den Trüffelanbau. In einem abgeholzten Wald dagegen befindet sich diese Konkurrenten reichlich. Hier ist fraglich, ob sich die ausgepflanzten Trüffelmykorrhizen gegenüber der allgegenwärtigen Übermacht durchsetzen können. - Erst kürzlich haben tschechische Trüffelforscher nachgewiesen, dass *Tuber aestivum* in der Lage ist, zusätzlich mit einigen endomykorrhizafähigen Bäumen bzw. Pflanzen eine Assoziation zu begründen. Vermutlich ist diese zusätzliche Partnerschaft für das Wachstum des Pilzes förderlich.

Kapitel 4 Trüffelarten für den Anbau

Trüffelarten
für den Anbau

Von der Natur zur Kultur



Folie 28

Symbiosepartner der Trüffeln sind im Prinzip alle zur Ekto-Mykorrhiza befähigten Baum- und Straucharten. Im Übrigen hängt es u.a. vom Alter des Baumpartners ab, ab wann und wie lange dort welche Mykorrhizapilze in welchen Mengen fruktifizieren. Das gilt auch für Trüffeln.

Trüffeln oder Hypogäen?

- Pilzarten, die ihre Fruchtkörper unterirdisch (hypogäisch) ausbilden, werden allgemein als „Trüffeln“ bezeichnet. Der Fachmann dagegen spricht von Hypogäen
- Diese Hypogäen sind in der Systematik der echten Pilze den Klassen der Basidio- Asco-, Zygo- oder/und Glomeromyceten zugeordnet
- Während versierte Trüffelsucher mit ihrem Hund gelegentlich auf die winzigen Fruchtkörper der Zygomyceten und Glomeromyceten stossen, hat der Trüffelanbauer mit Hypogäen durchweg aus den beiden ersten Klassen zu tun.
- Unterscheiden wir also zunächst Basidio- und Ascomyceten um uns dann einen ersten groben Überblick der bei uns vorkommenden Hypogäen zu verschaffen...

Folie 29

**Basidio- und Ascomyceten
Morphologische Unterschiede**

Basidiomyceten
(Sporenständerpilze)

Ascomyceten
(Schlauchpilze)

Folie 30

Die Bezeichnung der Pilzklassen erfolgt nach der Stätte der Sporenproduktion. Das Fruchtlager der Champignons besteht aus Lamellen. An der gesamten Lamellenoberfläche befindet sich die Fruchtschicht, in der die s.g. Ständerzellen, die Basidien eingebettet sind. Die Sporen reifen außerhalb dieser Spezialzellen heran. Bei den Ascomyceten dagegen entwickeln sich die Sporen innerhalb von schlauchähnlichen Zellen, den Asci. Das ist beispielsweise bei den oberirdisch fruktifizierenden Morcheln und Becherlingen der Fall. Hier

bedeckt die Fruchtschicht die Oberfläche des Fruchtkörpers. Bei den unterirdisch wachsenden Trüffeln finden wir eher sack- bis ballonförmige Asci in den Fruchtkörpern vor.

Folie 31



Grobüberblick: Hypogäen (Trüffeln)

Ascomyceten (Schlauchpilze)

- Schwarze und Weiße Trüffeln (**Tuber**)
- Balsamtrüffeln (Balsamia)
- Weißtrüffeln (**Choiromyces**)
- Morcheltrüffeln (Hydnotria)
- Blasentrüffeln (Genea)
- Hirschtrüffeln (Elaphomyces)
- Wüstentrüffeln (**Terfezia**)
- Löchertrüffeln (Geopora)
- Hohltrüffeln (Hydnocystis)
- u.v.a.m.

Basidiomyceten (Ständerpilze)



- Steppentrüffeln (Gastroporiales)
- Wurzeltrüffeln (Rhizopogon)
- Morchelinge (Gautieriales)
- Erdnußartige (Hymenogaster)
- Laubtrüffeln (Octavianina)
- Schwanztrüffeln (Hysterangium)
- Schleimtrüffeln (Melanogaster)
- Heidetrüffeln (Hydnangium)
- Wollnüsschen (Sclerogaster)
- u.v.a.m.

Soeben haben wir erfahren, dass alles was an Pilzfruchtkörpern unterirdisch wächst man im deutschen Sprachgebiet als Trüffeln, bzw. Hypogäen bezeichnet. Wissenschaftlich gesehen unterscheiden wir - wie diese Aufstellung präsentiert - zwischen Hypogäen der Ascomyceten und Basidiomyceten. Von den insgesamt in Europa vorkommenden rund 300 Trüffelarten werden solche aus den Gattungen Tuber und Terfezia angebaut. Von einigen nationalen und regionalen Ausnahmen abgesehen, sind es hauptsächlich Trüffeln dieser Gattungen, die auf den Märkten dieser Welt gehandelt werden. Die wollen wir uns nun genauer anschauen.

In Südeuropa z.B. im Alentejo in Portugal und Andalusien in Spanien werden auf regional Märkten auch andere Hypogäen wie Weißtrüffeln (Choiromyces), Tirmania (Wüstentrüffel) und Wurzeltrüffeln (Rhizopogon) letztere beispielsweise auf La Palma angeboten. In Ungarn ist die Ungarische Süßtrüffel (Mattirolomyces) eine nationale Spezialität.

...im **Handel** befindliche Trüffelarten

„Schwarze“ Trüffeln

- **Tuber melanosporum** (Perigord-Trüffel)
- **Tuber aestivum** (Sommertrüffel)
- **Tuber uncinatum** (Burgundertrüffel)
- **Tuber brumale** (Wintertrüffel)
- **Tuber mesentericum** (Teertrüffel)
- **Tuber macrosporum** (Großsporige Trüffel)
- **Tuber indicum** (Chinesische Trüffel)
- **Tuber himalayensis** (Himalaya-Trüffel)

„Weiße“ Trüffeln

- **Tuber magnatum** (Weiße Trüffel)
- **Tuber borchii** (Frühlingstrüffel)
- **Choiromyces magnusii** (Weißtrüffel)
- **Terfezia arenaria** (Elegante Wüstenröhrl)
- **Mattirolomyces terfezioides** (Süßtrüffel)
- **Tuber oregonense + T. gibbosum** (USA)
- **Tuber sinensis** (Weiße Chinatrüffel)
- **Terfezia spec.** (Wüstenröhrl)
- **Tirmania spec.** (Wüstenröhrl)

Folie 32

Mit dieser zusätzlichen Auflistung kommen wir den wirtschaftlich interessanten, im Handel erhältlichen Trüffeln einen großen Schritt näher. Auf die drei wichtigsten in vielen europäischen Ländern angebauten Trüffelarten konnten wir schon kurz eingehen: Perigord-Trüffel, Sommer- bzw. Burgundertrüffel und vereinzelt auch die Wintertrüffel sowie *Tuber magnatum* (Weiße Trüffel). Dass es sich bei den jetzt noch üblichen Handelsbezeichnungen *Tuber aestivum* (Sommertrüffel) und *Tuber uncinatum* (Burgundertrüffel) um genetisch identische Arten handelt, fand Christine Weden aus Schweden erst vor wenigen Jahrzehnten heraus. - Die Entscheidung welche Trüffelart man nun selbst anbaut, wollen wir jetzt Schritt für Schritt weiter vorbereiten. Getreu dem Motto „von der Natur zur Kultur“ müssen wir dazu erst einmal diese Trüffeln selbst und ihre natürlichen Lebensansprüche etwas genauer kennen lernen.

Kleine Trüffelnkunde...

- Das Äußere einer Trüffel also die „Haut“ bezeichnen wir als Peridie
- Das gesamte Innere ist die Gleba
- Diese Gleba unterteilen wir in hellere und dunklere Bereiche: Die Adern
- In den dunkleren Adern befinden sich ballonförmigen Zellen (Asci) in denen die Sporen heranreifen
- Die Ungarische Süßtrüffel (*Mattirolomyces terfezioides*) gehört von der Systematik her zu den Wüstenröhrl. Obwohl sie in einigen Regionen in Ungarn angebaut wird, behandeln wir sie in diesem Lehrfilm nicht weiter.



Folie 33

Wie die Bezeichnung Wüstenröhlchen schon andeutet, sind die verschiedenen Arten vorwiegend im südlichen und östlichen Mittelmeerraum, sowie im nördlichen und westlichen Afrika anzutreffen. In den warmen Trockengebieten in Ungarn wachsend ist diese Trüffelfart für allerlei Süßspeisen eingesetzt bei den Einheimischen recht beliebt. Sie wird daher mit dem ansässigen wichtigsten Lebenspartner, der Robinie bzw. Scheinakazie (*Robinia pseudoacacia*) kultiviert. – Ergebnisse stehen noch aus.

Tuber melanosporum (Perigord-Trüffel)

- **Peridie:** feinwarzig
- **Gleba:** sehr dunkle, fast schwarz
- **Adern:** sehr schmale, weißlichen Luftadern
- **Sporen:** Außerordentlich dunkel, elliptisch mit feinen Stacheln – ohne Netzstruktur
- **Mykorrhizapartner:** Steineichen, Flaumeichen und Zerreichen, sowie Hopfenbuche, Hainbuche und Haselnuß
- **Boden:** stark kalkhaltige, ± lehmige Böden mit pH-Wert von 7,3 bis etwa 8,5
- **Natürliche Verbreitung:** Mittelmeerraum bis zum Schwarzen Meer. Die Art kommt bei uns wild wachsend nicht vor
- **Besonderheit:** thermophil (wärmeliebend)
- **Hauptreifezeit:** Dezember bis März



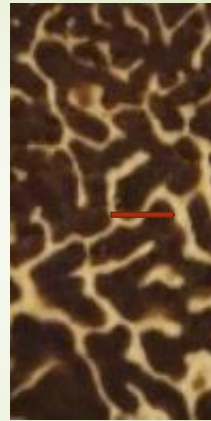
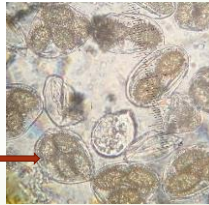
Folie 34

Das Äußere dieser Trüffelfart besteht aus einer feinwarzigen, schwarzen Peridie, das Innere aus einer auffallend dunklen Gleba mit sehr schmalen, weißlichen Luftadern. Die reifen, stets lang-elliptischen Sporen sind noch bei 400x Vergrößerung außergewöhnlich dunkel, fast schwarz. Die Sporenoberfläche ist von feinen Stacheln besetzt. In den ballonförmigen Asci befinden sich zumeist 2-5 Sporen. Steineichen, Flaumeichen und Zerreichen, sowie Hopfenbuche, Hainbuche und Haselnuß sind die wichtigsten Mykorrhizapartner dieser begehrten Trüffelfart. Melanosporum bevorzugt stark kalkhaltige, lehmige Böden mit pH-Wert von 7,3 bis etwa 8,5. Außer in Europa ist sie weltweit von Neuseeland, über Australien und Tasmanien, Nordwestamerika und Chile die am häufigsten angebaute Trüffelfart. Hauptreifezeit auf der nördlichen Erdhalbkugel: Dezember bis Mitte März

Tuber melanosporum ist die berühmteste der „schwarzen Trüffeln“. Sie ist eine wärmeliebende, im südlichen Europa verbreitete Art. Sie kommt von Spanien über Südfrankreich, Italien, Ungarn, Kroatien, Serbien, Albanien, Mazedonien, Rumänien und Bulgarien bis nach Griechenland überall in den Kalkgebieten wildwachsend vor. Obwohl sie in Deutschland wildwachsend noch nicht nachgewiesen werden konnte, wurde sie bereits erfolgreich angebaut und erste Trüffeln geerntet.

Tuber brumale (Wintertrüffel)

- **Peridie:** feinwarzig
- **Gleba:** dunkel
- **Adern:** breite, weißliche Luftadern
- **Sporen:** nicht sehr dunkel. Elliptisch mit feinen Stacheln
- **Boden:** kalkhaltige, lehmige Böden mit pH-Wert $\geq 7,0$
- **Besonderheit:** Nicht so deutlich thermophil wie *Melanosporium*, wächst auch bei uns, wird hier nicht so groß wie in Südeuropa
- **Mykorrhizapartner:** Rotbuche, Hainbuche, Stieleichen und Haselnuß
- **Hauptreifezeit:** November bis Februar



Folie 35

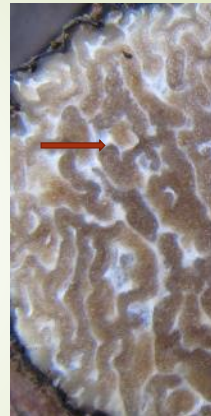
Die **Wintertrüffel** (*Tuber brumale*) ist eine wärmeliebende, verbreitete Art. Sie kommt wildwachsend viel weiter nördlich in Europa als *Tuber melanosporum* vor. In Deutschland ist sie schon aus älterer Zeit bekannt und wurde jüngst von Mitgliedern der FGH bislang in mehreren Bundesländern nachgewiesen. Mit bis zu etwa 4 cm Durchmesser erreicht sie bei uns nicht ganz die Größe wie in den südeuropäischen Ländern, wo sie schon mal 10 cm Ø oder mehr erreichen kann. Ähnlich der Perigord-Trüffel besitzt sie eine feinwarzige, schwarze Peridie. Die bei Reife braunschwarze Gleba fällt durch die breiten, hellen Luftadern auf. Die reifen, ebenfalls elliptischen Sporen sind bei 400x Vergrößerung längst nicht so dunkel, wie die von *Tuber melanosporum*. Die Sporenoberfläche ist ebenfalls von feinen, aber etwas längeren Stacheln besetzt. In den ballonförmigen Asci befinden sich zumeist 2-6 Sporen. Wir konnten bislang Rotbuchen, Stieleichen, Hainbuche und Haselnuß als Mykorrhizapartner und dies jeweils auf mäßig kalkhaltigen Böden ermitteln. Angebaut wird sie – besonders die als Muskatrüffel bezeichnete Varietät - in einigen Regionen z.B. in Kampanien in Italien. Reifezeit: Mitte November bis Mitte Februar

Tuber aestivum var. uncinatum (Burgundertrüffel)

- **Peridie:** meist grobwarzig
- **Gleba:** bräunlich
- **Adern:** mittelbreite, weißliche Luftadern
- **Sporen:** breit-elliptisch mit großen Stacheln und grober Netzzeichnung
- **Boden:** kalkhaltige oder basenreiche, ± sandige bis schluffige Leimböden mit pH-Wert von $\pm 6,8$ bis 7,4
- **Besonderheit:** In Deutschland häufigster Mykorrhizapilz in den Kalkgebieten
- **Mykorrhizapartner:** Rotbuche, Hainbuche, Stieleiche, Traubeneiche, Schwarzkiefern, Linden, Baumhasel und Haselnuß
- **Verbreitung:** Die Art ist in ganz Europa verbreitet
- **Hauptreifezeit:** Sept. – Januar



Vergrößerung 400x



Folie 36

Die Burgundertrüffel (*Tuber aestivum* var. *uncinatum*) besitzt eine ebenfalls schwarze, aber auffallend grobwarzige Peridie. Bei der Sommertrüffel ist die Gleba weißlich-hell, bei der Spätherbstform, der Burgundertrüffel ist sie dagegen wie hier gezeigt deutlich dunkler und zumeist bräunlich. Die reifen, ebenfalls elliptischen Sporen sind bei 400x Vergrößerung längst nicht so dunkel, wie die von *Tuber brumale*. Auf der Sporenoberfläche sind deutlich grobe Stacheln sowie ein weitmaschiges Netz erkennbar. In den ballonförmigen Asci befinden sich zumeist 3-5 Sporen.

Neben verschiedenen Eichenarten konnten wir sie hauptsächlich und in größerer Stückzahl bei Rotbuchen, Hainbuchen und Haselnuss finden. Auf die ermittelten Bodenverhältnisse und Einfluss des Baumpartners kommen wir genauer in einem separaten Kapitel zu sprechen. Da es sich hier um eine heimische Trüffelart handelt, empfehle ich vor allem diese Art anzubauen. Die Hauptreifezeit erstreckt sich von September bis Mitte Januar - in langen, schneereichen Wintern bis April

Tuber aestivum (Sommertrüffel)

- **Peridie:** meist grobwarzig
- **Gleba:** hellbräunlich bis weißlich
- **Adern:** mittelbreite, weißliche Luftadern
- **Sporen:** breit-elliptisch mit großen Stacheln und grober Netzzeichnung
- **Böden:** kalkhaltige oder basenreiche, ± sandige bis schluffige Leimböden mit pH-Wert von ± 6,8 bis 7,4
- **Besonderheit:** Die Art ist genetisch identisch mit der Burgundertrüffel
- **Mykorrhizapartner:** Rotbuche, Hainbuche, Stieleiche, Traubeneiche, Kiefern, Linden, Baumhasel und Haselnuß
- **Verbreitung:** Die Art ist in ganz Europa verbreitet
- **Hauptreifezeit:** Juni - August



Folie 37

Tuber aestivum ist neben *Tuber rufum* (Rotbraune Trüffel) und *Tuber excavatum* (Holztrüffel) nach unseren Recherchen die am meisten in Deutschland verbreitete Ekto-Mykorrhiza-Pilzart. Sie kommt in ganz Europa vor, denn sie ist besonders gut angepasst: 29 Baumarten konnten wir bislang als Mykorrhizapartner ermitteln. Vermutlich sind es noch mehr. Das ist einsamer Rekord bei den Ekto-Mykorrhizapilzen. In Deutschland geriet sie in den Wirren der zwei Weltkriege (fast) in Vergessenheit und wurde inzwischen innerhalb weniger Jahre mehrtausendfach von ausgebildeten Trüffelsuchern und Mitgliedern der FGH überall in Deutschland nachgewiesen. – Die Hauptreifezeit ist bei uns von Ende Juni bis August

Tuber borchii (Frühlingstrüffel, Bianchetti)

- **Peridie:** glatt
- **Fruchtkörperform:** ± knollig
- **Gleba:** auffallend grob
- **Adern:** Sehr breite, weißliche Luftadern
- **Sporen:** breit-elliptisch, mit feinen Stacheln, sowie einem sehr weitmaschiges Netz
- **Boden:** Auf sauren bis mäßig kalkhaltigen Lehmböden
- **Mykorrhizapartner:** sind bevorzugt Nadelbäume wie Pinien, Zedern und Lärchen
- **Verbreitung:** Kommt bei uns wild wachsend nur vereinzelt vor
- **Hauptreifezeit:** November bis April

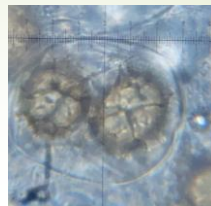


Folie 38

Obwohl diese Art schon ab November wildwachsend erscheint wird sie vermutlich aus geschäftstaktischen Gründen in Italien als Frühlingstrüffel bezeichnet. So kann diese „weiße“ Trüffel nach der Magnatum-Saison in der Zeit von Februar bis April besseren Absatz finden. Im Gegensatz zu allen anderen im Handel erhältlichen Trüffeln wächst diese Art bevorzugt bei Nadelbäumen (Pinie, Zeder und Lärche) auf ± sauren, bis alkalischen Böden. Nachgewiesen wurden Wildfunde auch bei Buche, Eiche, Linde, Haselnuss, Hopfenbuche und Pappel. Die Art ist bei uns nicht häufig.

Tuber magnatum (Weiße Trüffel, Alba-Trüffel)

- **Peridie:** glatt
- **Fruchtkörperform:** ± knollig
- **Gleba:** gelbbraunlich und feiner geadert als bei Borchii
- **Adern:** schmale, weißliche Luftadern
- **Sporen:** rund bis breit-elliptisch, großen Stacheln und grobmaschiges Netz
- **Boden:** in kalkhaltigen Böden, besonders mit Auwaldcharakter und fließendem Grundwasser
- **Besonderheit:** thermophil (wärmeliebend)
- **Mykorrhizapartner:** Haselnuß, Hainbuche, Hopfenbuche, Linden, div. Eichenarten, Pappel und Weide
- **Verbreitung:** Mittelmeerregion bis zum Schwarzen Meer
- **Hauptreifezeit:** Oktober bis Januar



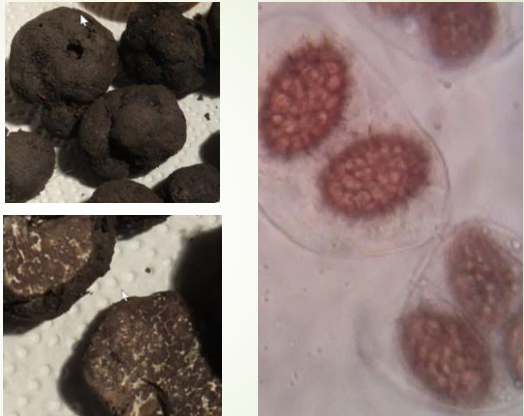
Folie 39

Die besonderen ökologischen Ansprüche machen es schwer diese Trüffelart zu züchten. Trotzdem gibt es vereinzelt in Italien und Australien Trüffelanlagen mit Tuber magnatum. Auch produktive. Gesehen haben wir bei unseren Forschungsreisen in Italien immer wieder

Anlagen, die eher für den Anbau von *Tuber melanosporum* oder genau umgekehrt geeignet wären. *Melanosporum* und *Magnatum* haben ökologisch recht unterschiedliche Ansprüche. Einziger offizieller Anbieter von mit *T. magnatum* mykorrhizierten Bäumchen scheint die Fa. Robinpepinieres in Frankreich zu sein. Sie machte auch schon mit Erfolgsmeldungen auf sich aufmerksam. Da für diese sehr intensiv riechende Trüffel Preise zwischen 3000 bis 5000 € pro Kilo in Alba im Piemont verlangt und bezahlt werden, ist verständlich, warum man das Wissen um den Anbau gern unter dem Deckel hält bzw. das Wissen nur wenige besitzen.

Tuber macrosporum (Großsporige Trüffel)

- **Peridie:** sehr feinwarzig
- **Gleba:** sehr dunkel
- **Adern:** sehr schmale, weißliche Luftadern wie bei *T. melanosporum*
- **Sporen:** dunkel, lang-elliptisch mit feinen Stacheln und Netzzeichnung
- **Böden:** mittlere kalkhaltige Böden mit pH-Wert um 7
- **Böden:** oft zusammen mit *Tuber magnatum* in Auwaldbereichen
- **Vorkommen:** bei uns beispielsweise an warmen Stellen von Leine oder Saale vorkommend
- **Mykorrhizapartner:** Hopfenbuche, Harbuche, Pappel, Weide, Linden, Eichenarten und Haselnuß
- **Haupterntezeit:** September bis November

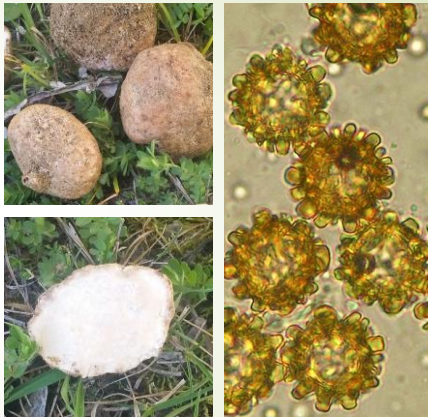


Folie 40

An ähnlichen Standorten wie *Tuber magnatum* kommt *Tuber macrosporum* vor. Das sind Lebensräume mit Auwaldcharakter und fließendem Grundwasser, einschließlich der ehemaligen Überschwemmungsgebiete. Ihr feines Aroma erinnert an *Tuber melanosporum*. Sie scheint nirgendwo häufig zu sein, ist aber ein begehrter Marktpilz, der gute Preise erzielt.

Terfezia arenaria (Elegante Wüstentrüffel)

- **Peridie:** ± glatt
- **Gleba:** weißlich bis gelblich
- **Adern:** schmale, weißliche Luftadern
- **Sporen:** dunkel, rund, grobwarzig
- **Böden:** saure, sandige Böden mit
- **pH-Wert:** unter 7,0
- **Vorkommen:** Portugal, Südsanien, Syrien, Türkei, Marokko, Tunesien
- **Mykorrhizapartner:** *Cistus spec.*, *Helianthemum spec.*, *Tuberaria guttata*
- **Haupterntezeit:** März bis Mai



Folie 41

Lebenspartner der Wüstenröffeln reichen von Mimosen, verschiedenen Zistrosen bis hin zu Arten der Sonnenröschen und Sandröschen. Wüstenröffeln sind weltweit verbreitet in warmen bis heißen, halbtrockenen und trockenen Gebieten. In Europa sind das die südlichen Regionen der Mittelmeerländer und Portugal. In diesen Gegenden werden sie regional als Speisepilze sehr geschätzt und angebaut.

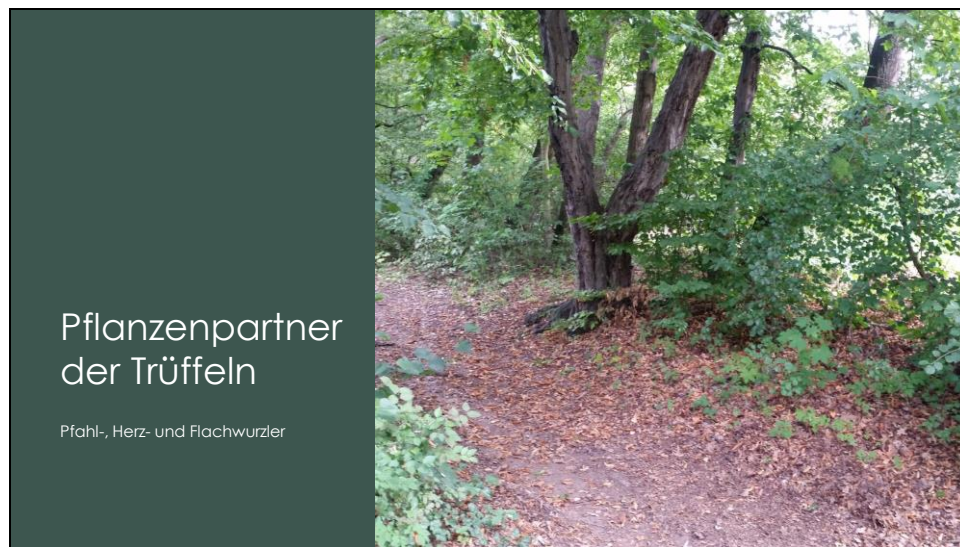
Um Mertola im Alentejo in Portugal ist die vor allem bei *Cistus ladanifer* (Lackzistrose) vorkommende Wüstenröffelart *Choiromyces magnusii* sehr beliebt. So beliebt, dass die Sucher mit Hacken gewappnet zum Saisonbeginn in die Macchien ausschwärmen, um alles einzusammeln, was sie so finden. Das führt zu dem Kuriosum, dass zum Essen überhaupt keine reifen Trüffeln mehr auf den Markt kommen. Die Trüffelsuche mit Hund ist dort nicht bekannt.



Zusammenfassung

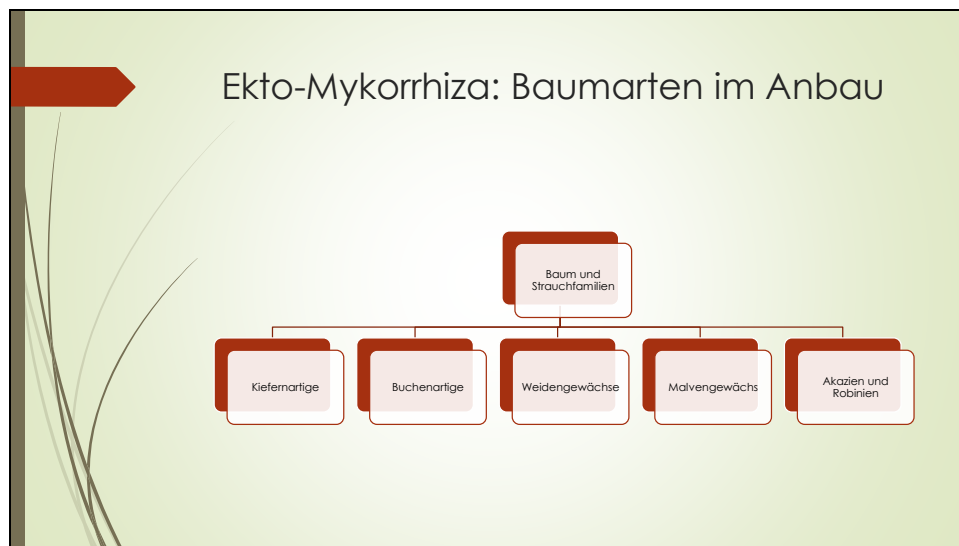
- Bis auf Muskatrüffel (*Tuber brumale* var. *moschatum*) und die Teertrüffel (*Tuber mesentericum*) haben wir die wenigen in Europa im kommerziellen Anbau genutzten Trüffeln jetzt kennengelernt.
- Sie haben erfahren, dass Trüffeln kaum makroskopisch, sondern nur mikroskopisch exakt bestimmt werden können.
- Klar ist auch geworden, dass Trüffeln unterschiedliche Ansprüche an Klima, Boden und Lebenspartner stellen sowie zu verschiedenen Erntezeiten zur Verfügung stehen.
- Nun ist es an der Zeit, sich mit den potentiellen Lebenspartnern der Trüffeln, den Bäumen und Sträuchern auseinanderzusetzen.

Kapitel 5 Baum- und Strauchpartner



Folie 43

Zwischen Ekto- und Endo-Mykorrhiza hatten wir bereits unterschieden. Das hilft uns hier jetzt weiter, denn die potenziellen Symbiosepartner der Trüffeln finden wir nur in bestimmten Pflanzenfamilien.



Folie 44

Kirsch- und andere Obstbäume, Oliven-, Apfelsinen und Mandelbäume, Walnuss, Weinreben, Weißdorn, Esche oder Ahorn gehören zu Pflanzenfamilien, deren Arten nur zur Endo-Mykorrhiza befähigt sind. Daher finden wir dort auch keine Steinpilze, Pfifferlinge oder Trüffeln. - Die zukünftigen Lebenspartner für den Trüffelanbau finden wir nur in den Gruppen der Kiefernartigen, Buchenartigen, Weiden- und Malvengewächse bzw. bei Akazien und Robinien.

Eukalypten machen ebenfalls Ekto-Mykorrhiza. Da sie bei uns in Verbindung mit Trüffelanbau keine Rolle spielen, werden sie hier auch nicht weiter angesprochen.

Folie 45

Kiefernartige (Pinaceae)

- Fichte, Tanne, diverse Kiefernarten wie Waldkiefer und Schwarzkiefer, Douglasien, Zedern und Lärchen haben zum Teil ihre ganz speziellen Trüffel- bzw. Hypogäenarten
- Verwendung im Anbau finden Tuber borchii, aber auch Tuber aestivum und Tuber melanosporum.
- Nicht ekto-mykorrhizafähig scheinen z.B. Wacholder, Zypressen, Lebensbaum und Elbe zu sein.
- Welche Mykorrhizaformen diese außer vesikulärer Mykorrhiza nutzen, ist noch nicht hinreichend bekannt. Kratzstellen von Kaninchen und Eichhörnchen deuten jedenfalls daraufhin, dass es auch hier Hypogäen geben dürfte.



Tuber borchii, Tuber aestivum und Tuber melanosporum mit Kiefern

Folie 46

Zedern und Kiefern

- Im Anbau findet man Zedern (rechts) mit T. melanosporum
- oder die Österreichische Schwarzkiefer mit T. aestivum
- Deutlich zu sehen ist hier, dass diese Baumart sehr viel Platz beansprucht.
- Als Pfahlwurzler kann es zu Problemen bei sehr flachgründigen Böden kommen.
- Auf dieser Trüfflere herrschen statt der Burgundertrüffel Butterpilze bei den Kiefern vor.



Österreichische Schwarzkiefer mit Tuber aestivum



Zeder mit Tuber melanosporum

Buchenartige (Fagales)

- Die Rot-Buche, umgangssprachlich als Buche bezeichnet, ist ein in weiten Teilen Europas heimischer Laubbaum, aus der Gattung der Buchen.
- Zu den Buchengewächsen gehört außerdem die Gattung der Eichen mit Arten wie Stieleiche, Traubeneiche und Flaumeiche, sowie den südeuropäischen Arten Zerreiche, Kermeseiche, Steineiche und Korkeliche.
- Edel-Kastanie und Birkengewächse mit diversen Birkenarten, Hainbuche, Haselnuß, Haselbaum und Hopfenbuche kommen ebenfalls als Lebenspartner für den Anbau von *T. aestivum* infrage.
- Generell kann ein Baumleben in drei große Abschnitte gegliedert werden: Jugendphase, Reifephase und Altersphase.
- Nicht in allen Lebensphasen des Baumpartners kommt es zur Fruchtkörperbildung der Trüffel.



Folie 47

Hasel, Hainbuche, Buche und Eiche

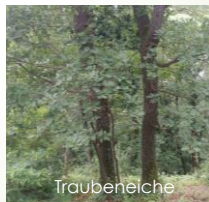
- Unten Trüffeln und oben Haselnuss, so wünscht sich das mancher Trüffelpacker. Wie das zu bewerkstelligen ist, lernen Sie in den nächsten Kapiteln kennen.
- Die Hainbuche sollte in keiner Trüffelplantage fehlen, erscheinen dort doch die ersten Trüffeln.
- Von Jungbäumen bis Altbäumen, auch bei Rotbuchen scheinen sich die Burgundertrüffeln besonders wohl zu fühlen.
- Bei reinen Stieleichenbeständen im Jungstadium waren keine Burgundertrüffeln nachweisbar.
- Nur dann, wenn eine der vorstehenden Baumarten in der Nachbarschaft vorkam. Anders scheint das bei den Traubeneichen zu sein.



Hasel



Hainbuche



Traubeneiche



Rot-Buche

Folie 48

Weidengewächse (Salicaceae)

- Pappeln und Weiden sind artenreiche Gattungen. Wegen der Tendenz zur Bastardbildung ist es oft schwer, die Art zu zuordnen. Beiden Gattungen sind zweihäusig – d.h. es gibt männliche und weibliche Pflanzen
- Die Zitterpappel (*Populus tremula*) kommt als einzige Pappelart natürlich außerhalb der Flussaue vor. Mit Birke und Salweide bildet sie oft Pioniergehölze.
- Diese Gattungen sind ekto- und endomykorrhizafähig, für den Anbau von *Tuber aestivum* allerdings weniger geeignet.
- Beim Anbau von *Tuber magnatum* sollte man an wild wachsenden Stellen versuchen zu ermitteln, ob es sich um weibliche oder männliche Pappeln bzw. Weiden handelt.



Folie 49

Pappel und Weide

- Die wichtigsten Partner von *Tuber magnatum* scheinen Baumarten der Auwälder zu sein; Weiden und Pappeln.
- Die Weide links ist übrigens vom parasitisch lebenden Schwefelporling befallen.
- Die Silberpappel dagegen wird häufiger vom Südlichen Schüppling befallen.
- Welchen Einfluss das auf das Trüffelwachstum hat, ist nicht bekannt.



Folie 50

Malvengewächse (Malvales)

- Innerhalb der Familie der Malvengewächse bilden Linden (*Tilia*) eine Gattung mit über 20 Arten.
- Wir treffen sie am häufigsten innerorts in Parkanlagen und als Alleebaum an.
- Sommerlinde und Winterlinde (*Tilia platyphyllos* und *T. cordata*) sind Partner von *Tuber aestivum*, *Tuber magnatum*, *Tuber borchii*, *Tuber melanosporum* und *Tuber macrosporum*.
- Im Handel werden sie kaum mal als mykorrhizierte Bäumchen angeboten.



Folie 51

Zistrosengewächse (Cistaceae)

- Zu den Malven-Artigen gehört außerdem die Familie der Zistrosengewächse (Cistaceae).
- Neben *Tuber melanosporum* und *Tuber aestivum* sind vor allem Wüstenröllchen der Gattungen *Tirmania*, *Choiromyces* und *Terfezia* bei Zistrosen (*Cistus ladanifer*, linkes Bild) sowie
- Sonnenröschen (*Helianthemum*) und
- Sandröschen (*Tuberaria guttata*, rechtes Bild) anzutreffen.
- In Israel, Syrien, Tunesien, Marokko, Spanien und Portugal werden Wüstenröllchenarten mit *Cistus* angebaut.



Choiromyces magnusii
bei Lack-Zistrosen



Terfezia arenaria
bei Sandröschen

Folie 52

Akazien und Robinien

- Bei den Hülsenfrüchtlern sind nur wenige Baumarten als Mykorrhizapartner zu finden und zwar in der Familie Fabaceae die Art Robinie pseudoacacia.
- Hier wurden *Mattirolomyces* und *Terfezia* nachgewiesen.
- Aus der Familie der Mimosen sind es die Arten *Acacia erioloba*, *A. nebeclada* u.a. bei denen verschiedene Wüstenröllchen wachsen.



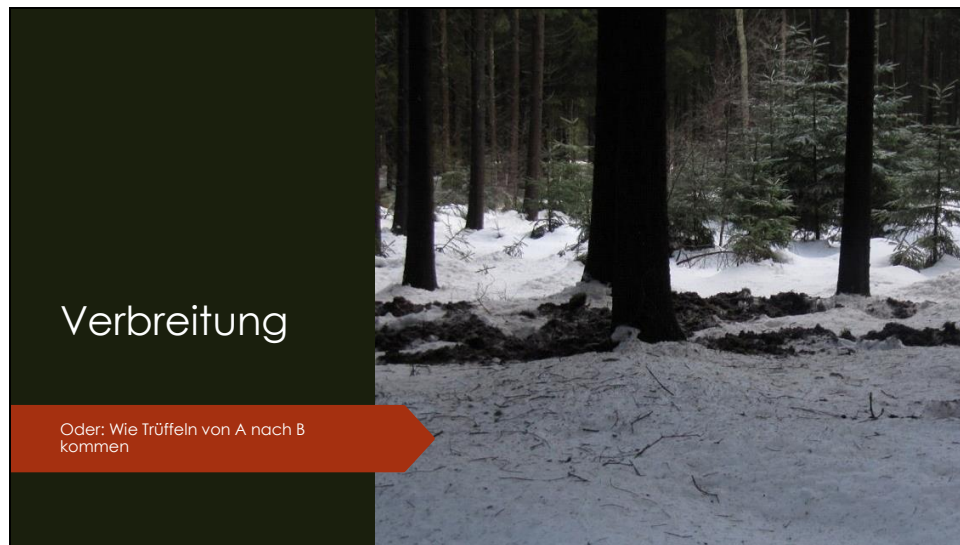
Folie 53

Zusammenfassung

- Spätestens wenn Sie erfahren haben, wie die Mykorrhizierung erfolgt kommt man auf die Idee, dies auch mit nicht genannten Bäumen zu versuchen.
- Aber: Obstbäume, Weißdorn, Schlehe, Weinreben, Olivenbäume, Mandelbäume, Ahorn, Esche, Roßkastanie, sowie Eberesche und andere Laubbäume, Sträucher und Pflanzen machen Endo-Mykorrhiza.
- Da man unter diesen Bäumen weder Trüffeln noch andere Mykorrhizapilze jemals gefunden hat macht es auch keinen Sinn, die Mykorrhizierung zu versuchen.
- Allein zu wissen, dass bestimmte Baumarten fähig sind Ekto-Mykorrhiza zu machen, reicht noch lange nicht hin, erfolgreichen Anbau zu etablieren.
- Es gilt also im Vorfeld nach dem Motto „von der Natur zur Kultur“ darauf zu achten, bei welchen Baumarten die höchste Produktivität bei wild wachsender Trüffeln der gewünschten Trüffelart festzustellen ist. Wenn sie dies berücksichtigen, sind Sie schon einen wesentlichen Schritt weiter.
- Das ist aber noch nicht alles. Vielmehr ist jetzt noch zu beachten, ab welchem Jahr und wie lange bei welcher Baumarten mit welchen Trüffeln mykorrhiziert Trüffeln zu erwarten sind. Schließlich wollen sie nicht erst 50-60 Jahre warten, bis die ersten Trüffeln auf ihrem Anwesen wachsen.
- Genau in diesem Punkt können Sie den Baumschulenbetreibern nicht grenzenlos trauen. Sie sollten sich daher eine unabhängigen Forschungsgruppe mit erfahrenen Trüffelfindern anschließen, um neueste Erkenntnisse in Erfahrung zu bringen sowie eigene Recherchen durchführen.

Folie 54

Kapitel 6 - Verbreitung



Folie 55

Wie Trüffeln sich ausbreiten, also von A nach B kommen, schauen wir uns nun an. Hier war eine Rote Wildschweine unterwegs, um Hirschtrüffeln zu suchen und zu fressen.

Natürliche Verbreitung

- Um gefunden zu werden entwickeln Trüffeln bei beginnender Reife einen arttypischen Aromamix und geben diesen zum Teil über mehrere Wochen ab
- Versuche zeigten, dass Schnecken noch in einer Entfernung von 200m (!) den Geruch wahrnehmen und gezielt darauf reagieren
- Die Sporenverbreitung, also der Transport der Sporen von A nach B, erfolgt durch Tierfraß.
- Die unverdauten Asci mit den Sporen darin werden mit dem Kot an anderer Stelle ausgeschieden
- Meine eigenen Untersuchungen ergaben, dass wie bei den Zygomyceten belegt, die Sporen auskeimen, sobald eine ektomykorrhizafähige Wurzel in die Nähe der Spore gelangt und über Wurzelausscheidungen die Auskeimung initiiert.

Diese Nachtschnecke frisst gerade an einer Burgundertrüffel.

Folie 56

Die chitinhaltigen Asci- und Sporenwände werden nicht verdaut, sondern nach Verzehr mit dem Kot irgendwo an anderer Stelle ausgeschieden. Dort können sie alsbald oder irgendwann auskeimen, ein neues Mycel entwickeln und ihren Partnerbaum finden. Vermutlich können die Trüffelsporen 10, 15, 20 oder noch mehr Jahre im Boden unbeschadet liegen, bis in ihrer Nähe die Botenstoffe eines ektomykorrhizafähigen Baumes sie aus dem Dornröschenschlaf erweckt...

Beteiligte Lebewesen

- **Menschen**, Hunde, Schweine, Füchse, Rotwild, Rehwild, Dachse, Bären
- **Nagetiere** wie Kaninchen, Eichhörnchen, Ratten, vor allem Rötel-, Gelbhalsmäuse und Siebenschläfer, aber auch Wühlmäuse
- **Schnecken** – vor allem Nacktschnecken
- **Insekten** und ihre **Larven** fressen so ziemlich alles – auch Trüffeln. Die Löcher in den Trüffeln rechts stammen von Maden des Trüffelskäfers
- **Vögel**, die solche Insekten, deren Larven, aber auch Mäuse und andere Nagetiere fressen



Folie 57

Sehr oft wird vergessen, dass wir Menschen zur Sporenverbreitung von Trüffeln seit Jahrtausenden beigetragen haben. Das hat sich in verschiedenen Regionen in den letzten 150 Jahren grundlegend geändert, als man begann mehr und mehr Toiletten zu benutzen. – Vor allem Hunde sind an der Verbreitung der Trüffeln beteiligt. Also nicht ärgern, wenn Ihr Hund mal wieder eine Trüffel auffrisst, er trägt so auf natürliche Art zur Verbreitung durch Neuansiedlung an anderer Stelle bei. Nagetiere wie Kaninchen, selbst Eichhörnchen, Ratten und Mäuse verschmähen die Leckerbissen nicht. Außerdem verteilen die reichlich vorkommenden Nacktschnecken über ihren Kot die Trüffelsporen in größerer Entfernung, als mancher denkt. Insekten und ihre Larven fressen so ziemlich alles. Das merkt man spätestens dann, wenn die gefundene Trüffel vermadet ist. Obwohl Vögel kaum riechen können, tragen sie indirekt zur Verbreitung bei, da sie gerne die mit Sporen vollgepumpten Insektenlarven aus den Trüffeln herauspicken.



Trüffelfliegen + Trüffelskäfer

- Seit Beginn unserer Aufklärungsarbeit konnten wir innerhalb kurzer Zeit mehrere Trüffelskäferarten nachweisen und bestimmen. Sie sind für das ungeübte Auge nicht einfach zu entdecken
- Angetroffen haben wir Trüffelskäfer hauptsächlich im späten Herbst und Winter
- Man muss schon damit rechnen, dass es sie gibt. Sobald Licht auf die frei gekratzte Stelle trifft, buddeln sie sich sofort wieder ein.
- Manchmal sind sie ohne Trüffel im Boden zu finden. Ein sicheres Zeichen dafür, dass es hier vor kurzer Zeit noch Trüffeln gab oder ganz in der Nähe gibt.
- Die mit Sporen prall gefüllten Fliegen- und Käfermaden werden von Vögeln gefunden und gefressen.

Folie 58

Gern gesehene Gäste in den Trüffelanlagen sind sie nicht. Mehr dazu im Kapitel 20 über die Pflege und Wartung der Truffière.

Eigene Ermittlungen

- Ohne den Bild- oder Videonachweis durch Wildbeobachtungskameras hätte man kaum für möglich gehalten, wieviel Tierarten eine Trüffelstelle am Tage oder in der Nacht aufsuchen
- Neben den abgebildeten konnten wir allein an dieser 100 m² Monitoringstelle Wildschweine, Dachse, Marder, Hasen, Kaninchen, Eulen, Ansehn, Fuchs, Mäuse, Igel und Hunde nachweisen
- Insgesamt 24 Beobachtungskameras kamen seit 2011 zum Einsatz...
- Spektakulärster Fall war eine Wildschweinrotte die häufiger durch eine gute Truffiere zum nächsten Wasserloch marschierte. Keine Sau kümmerte sich um die Trüffeln.
- Wildschweine haben wir bundesweit nicht als Fresser von *Tuber aestivum* ermitteln können. Sie scheinen verschiedene Hirschrüffelarten zu bevorzugen.



Folie 59

Schnecken und Insektenlarven wurden nicht nur auf ihren Mageninhalt, sondern auch deren Kot überprüft. So kontrollierten wir außerdem den Kot von Mäusen. - Wer sich dieses gewaltige Verbreitungspotenzial der Hypogäen bewusst macht, kann sich leicht ausrechnen, dass im Laufe der Jahre auf diese natürliche Art und Weise auf der eigenen Trüffelanlage auch andere Trüffeln sich ansiedeln.

Kaninchenkot

- Ein sicherer Nachweis, wer an der Verbreitung tatsächlich beteiligt ist, erfolgt durch lichtmikroskopische Untersuchungen von Kot.
- Dass diese Kratzspuren Kaninchen hinterließen, hielt eine Beobachtungskamera fest.
- Eingesammelt wurden die an solchen Stellen rumliegenden Kaninchenkötter
- Durch die Untersuchungen waren mehrere Trüffelarten nachweisbar.
- Vor allem auch Mäuse sind im Nahbereich an der Sporenverbreitung beteiligt.



Folie 60

Immer wieder lagen Trüffeln oben auf der Streuschicht bei mir auf dem Grundstück, ohne eine Ahnung zu haben, wie das geschieht. Wer das macht. Erst durch den Einsatz einer

Wildbeobachtungskamera konnten Eichhörnchen entlarvt werden. Mehrfach wurden sie beim Ausbuddeln und Verschleppen erwischt. Schönster Nachweis gelang mir in Portugal mit der Kleingefleckten Ginsterkatze. Leider sind auch diese Videosequenzen durch Diebstahl meines Notebooks während einer Forschungsreise durch Italien in Rom verloren gegangen.



Zusammenfassung

- Wildschweine, Schnecken und Kot. Sie fragen sich, was das alles mit Trüffelanbau zu tun hat?
- Genaue Kenntnisse welche Tiere an der Verbreitung der Hypogäen wie beteiligt sind, versetzen Sie in die Lage, geeignete Vorkehrungen zu treffen, um die Einschleppung unerwünschter Konkurrenten auf Ihrer Trüffelanlage zu unterbinden.
- Wenn, weil Sie nicht aufpassen, nach einer gewissen Zeit der überwiegende Teil der Mykorrhizen Fremdpilze sind, erreichen Sie Ihre Produktionsziele nicht.
- Sind die „Schadpilze“ erst mal da, bekommt man sie auch nicht wieder weg.

Folie 61

Warum ist die Verbreitung mittels Tiere so erfolgreich? Eine mögliche Antwort lautet: „Sporenbomben“, statt dünn verteilt. Wir wissen nun, wie die reifen Sporen In der freien Natur von A nach B kommen. Bevor wir diesen Fragen weiter nachgehen, wollen wir zunächst noch klären, wie die Vermehrung erfolgt

Kapitel 7 – Vermehrung – Sexualität – Entwicklungszyklus

Von der Spore
bis zur reifen
Trüffel...

Entwicklungszyklen



Folie 62

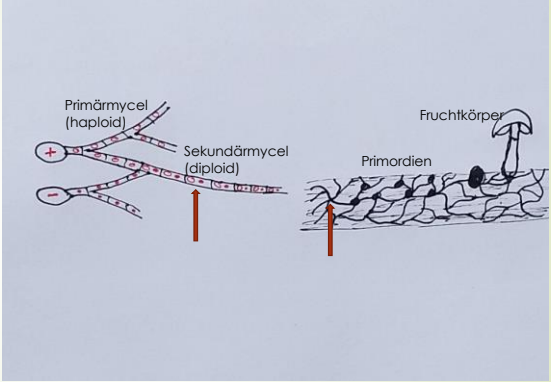
Im Gegensatz zu den entwicklungsgeschichtlich jüngeren und damit höher entwickelten Basidiomyceten, bilden Ascomyceten nach der Sporenkeimung lediglich ein Primärmycel mit einem Zellkern (+ oder -) aus. Dieses haploide Mycel entspricht dann dem Paarungstyp A oder B welches auch als MAT-1 oder MAT-2 bezeichnet wird. Aber eben kein Sekundärmycel mit zwei verschiedenen geschlechtlichen Kernen in jeder Hyphe (diploid). Ascomyceten sind demnach heterotallic. Sie leben sozusagen als Junggesellen. Mikroskopisch ist das übrigens nicht unterscheidbar, wohl aber mit einer DNA-Untersuchung feststellbar.

In der Praxis bedeutet das, dass zur Fruchtkörperbildung an der Stätte der sexuellen Vermehrung sich gegensätzliche Paarungstypen in der Truffière befinden und treffen müssen, sonst gibt es keine Trüffeln. So - das jetzt alles der Reihe nach. Schritt für Schritt

Folie 63

Entwicklungsgang Basidiomyceten

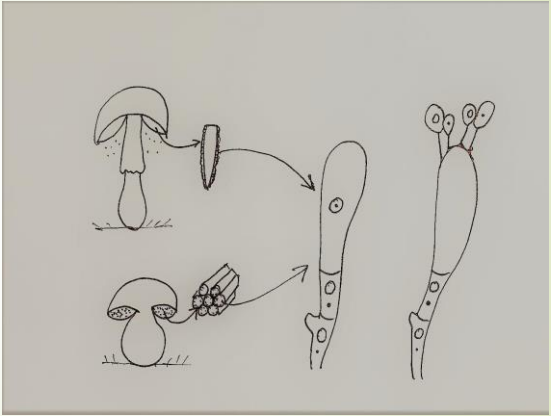
- Die auskeimenden Sporen ($\varnothing \pm 10\mu$) bilden das Primärmycel. In jeder Hyphe ist ein Zellkern (haploid).
- Treffen sich zwei Mycelien einer Art mit unterschiedlichem Geschlecht, vereinen sie sich zu einem Sekundärmycel.
- In jeder Zelle befinden sich nun zwei verschieden geschlechtliche Kerne (diploid).
- Die Hyphen des Sekundärmycels durchwachsen das Substrat in alle Richtungen, wo es Nahrung gibt und verzweigen sich dabei.
- Die Fruchtkörperbildung kündigt sich durch Mycelverdichtung an. Dort bilden sich alsbald Primordien.
- In zwei bis drei Wochen nehmen die Primordien an Größe zu und reifen schließlich zu Fruchtkörpern heran.



Folie 64

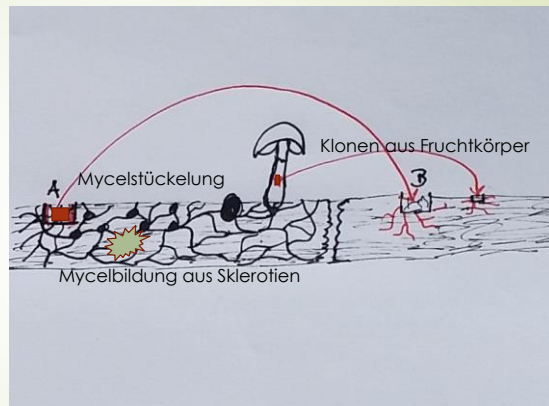
Sexuelle Vermehrung

- Die Lamellenflächen bzw. Die Innenseite der Röhren bei Röhrlingen sind von einer Fruchtschicht überzogen.
- Diese besteht vorwiegend aus Basidien.
- In diesen Endzellen findet die Kernverschmelzung statt.
- Als Produkt dieses Sexualaktes werden zumeist vier Kerne geboren.
- Diese wandern aus den Basidien heraus, um sich außerhalb an sterigmatischen Sporen auszubilden.
- Die Sporenverbreitung erfolgt bei Reife durch die Luft.



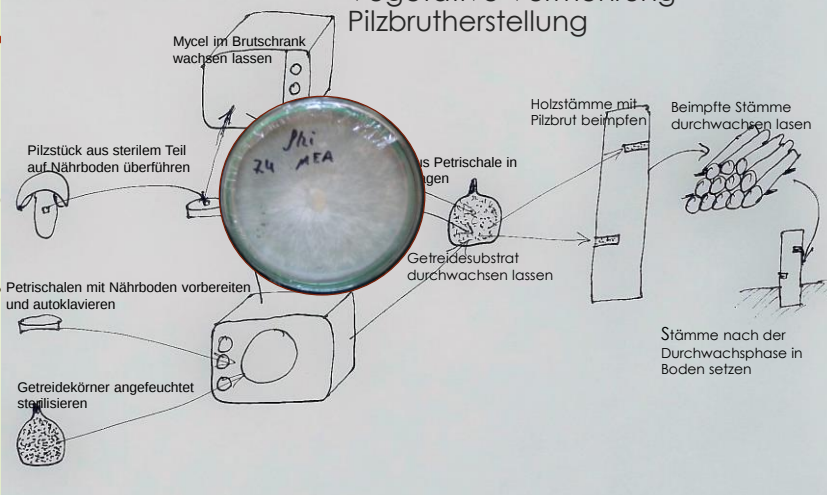
Vegetative Vermehrung

- Darüber hinaus sind Pilze befähigt, sich vegetativ zu vermehren.
- Angedeutet ist hier, wie ein Teil des Mycels bei A herausgenommen und mit etwas Substrat nach B verfrachtet wird. – Es wächst dort weiter.
- Das lässt sich auch aus einem beliebigen Teil des Fruchtkörpers anstellen
- Im Pilzanbau erzeugt man so unter sterilen Bedingungen Pilzbrut.
- Pilze sind zu dem in der Lage Sklerotien zu bilden. Das sind Dauermycelien, um schlechte Zeiten überbrücken zu können.



Folie 65

Vegetative Vermehrung - Pilzbrutherstellung



Folie 66

In die Petrischale eine in Wasser gelöste Mischung aus Malzextrakt und Agar-Agar als Nährboden geben. Nach Sterilisation im Autoklav (abgekühlt auf Zimmertemperatur) ein steriles Pilzstück aus dem Innern eines Fruchtkörpers nehmen und auf dem Nährboden platzieren. Im Brutschrank mit geregelter Temperatur (bei etwa 20°C) wächst Mycel direkt aus dem Pilzstück und erobert die gesamte Petrischale in ein bis drei Wochen. Roggenkörner als grobes Substrat mit etwas Wasser in Einmachgläser oder hitzebeständige Kunststoffbeutel füllen und sterilisieren

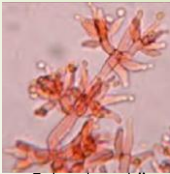
Das erkaltete Substrat mit drei bis vier kleinen Mycelstückchen aus der Petrischale beimpfen. – Ist dies nach etwa 1-3 Wochen vom Mycel erobert, haben wir einsatzbereite Pilzbrut. Die Pilzbrut wird zum Beimpfen in frische Sägeschnitte der Holzstämmen gedrückt und mit Klebeband gegen Fressfeinde geschützt. Die beimpften Stämme an schattigem Platz stapeln bis das Mycel das Holz durchwachsen hat. Zur Einleitung der Erntephase Holzstämmen in Boden setzen, damit sich ein Bodenmycel bilden kann.

Vegetative Vermehrung

- Durch einfache Abschnürung am Ende der Hyphen können einige Basidio- und viele Ascomyceten – außer auf sexuellem Weg – asexuelle Sporen bilden: Konidien
- Die Funktion dieser Konidien sporen ist bei den Trüffeln noch nicht restlos geklärt
- Möglicherweise spielen sie eine Rolle bei der Einleitung der Primordienbildung



Pachyphloeus



Tuber borchii



Tuber



Ruhlandiella

Folie 67

Aus einem Vortrag von Matthew E. Smith (USA) Teruel 2013

Zusammenfassung

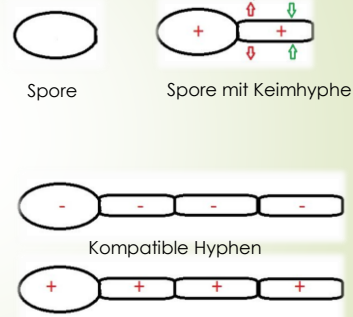
Primärmycel,
Sekundärmycel,
Mycelstückelung,
Sklerotien und
Konidien

- Auskeimende Sporen einer Art bilden das Primärmycel. Trifft es auf einen kompatiblen Partner, bilden sie ein Sekundärmycel mit nun zwei verschieden geschlechtlichen Kernen.
- Das Sekundärmycel ist in der Lage, Fruchtkörper zur sexuellen Vermehrung aufzubauen. Die dort sexuell erzeugten Sporen werden durch den Wind verbreitet.
- Sie erfuhren außerdem, dass Pilze in der Lage sind aus allen Teilen heraus neues Mycel zu entwickeln, sich also vegetativ zu vermehren. Dies wird unter Laborbedingungen genutzt, um Pilzbrut herzustellen.
- Pilze sind zusätzlich in der Lage durch Bildung von Sklerotien (Dauermycelien auch als Nährstoffdepot bezeichnet) lange Zeiten ungünstiger Lebensbedingungen zu überdauern. Sind die Umweltparameter wieder lebensfreundlich, wächst daraus neues Mycel.
- Schließlich sind sie in der Lage, asexuell Konidien sporen durch einfache Abschnürung zu bilden.

Folie 68

Wie ist das bei den Ascomyceten?

- Die Sporen der Ascomyceten haben eine Größe von etwa $30 \times 15 \mu$
- Wie bei den Basidiomyceten werden nach dem Auskeimen Enzyme durch die Zellwand nach außen abgegeben, um Nahrung aufzuschließen. Auf umgekehrtem Weg erfolgt die Nahrungsaufnahme
- In jeder neu gebildeten Hyphe (Zelle) befindet sich nach Teilung ein Zellkern (haploid). Die Gesamtheit dieser Hyphensystems kennen wir bereits als Primärmycel.
- Die Kennzeichnung mit + oder - bezeichnet die unterschiedlichen Paarungstypen. Auch A und B sind als Bezeichnung gebräuchlich
- In diesem Entwicklungsstand ist das Mycel der Trüffeln bereit und befähigt, eine Mykorrhiza einzugehen, jedoch keine Fruchtkörper aufzubauen.

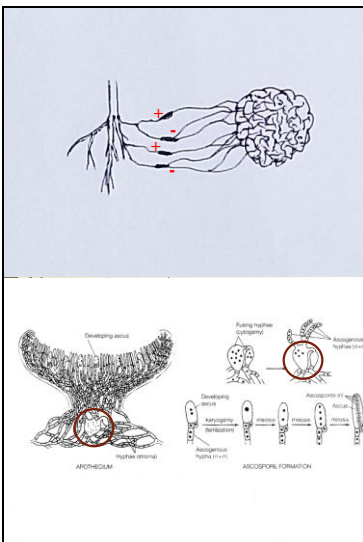


Folie 69

Miteinander „kompatible Hyphen“ bezeichnet das genetische Verhalten von Primärmycelien, die miteinander fusionieren können, aber in einer späteren Phase als das bei Basidiomyceten der Fall ist. Die Fruchtkörper der Ascomyceten sind aus einkernigen Hyphen (haploid) aufgebaut, im Gegensatz zu den Basidiomyceten. Ein zweikerniges Sekundärmycel (diploid) entsteht hier erst aus den Gametangien heraus.

Primordien- und Sporenbildung

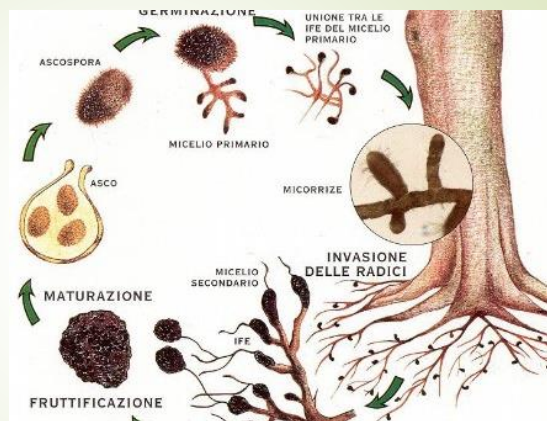
- Kompatible Primärmycelien (+ und -) erschaffen nach Mycelverdichtung gemeinsam einen Fruchtkörper (Primordium, oben links)
- Im Fruchtkörper bilden sich Endhyphen zu Geschlechtszellen, so genannten Gametangien um und legen sich aneinander.
- Nach Auflösung der Berührungsfläche wandert der männliche Kern in die weibliche Geschlechtszelle.
- Aus dieser heraus entwickeln sich jetzt zweikernige Hyphen, also ein Sekundärmycel. Direkt daraus wiederum entwickeln sich die Asci.
- In den Asci selbst findet nach Kernverschmelzung und Meiose noch eine postmeiotische Mitose statt, so dass schließlich 8 Sporen in einem Ascus entstehen.



Folie 70

Entwicklungszyklus - allgemein -

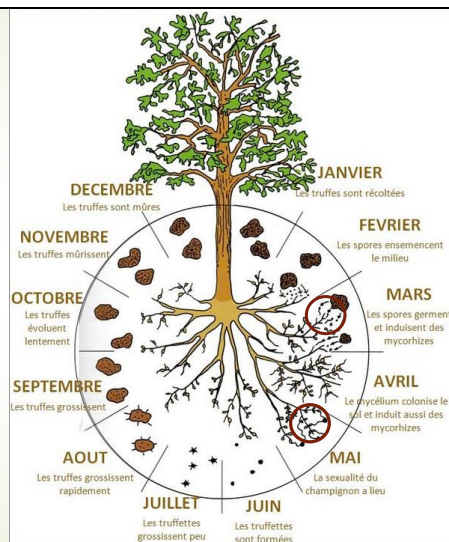
- Diese Grafik der **Italiener** zeigt, etwas ungenau, wie aus den Mykorrhizen heraus über das Hyphensystem junge Trüffeln heranwachsen.
- Nach Zerfall der reifen Trüffel verbleiben die Asci mit den Sporen im Boden
- Dort keimen sie zu einem Primärmycel aus und gehen eine neue Mykorrhiza ein



Folie 71

Entwicklungszyklus Tuber melanosporum

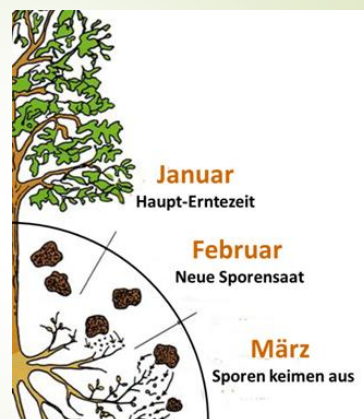
- Das Schaubild der **Franzosen** deutet an, wie nach der Hauptreifezeit nicht entnommene Trüffeln zerfallen und dann im zeitigen Frühjahr auskeimen.
- Verschiedengeschlechtliche Paarungstypen bilden gemeinsam etwa ab Mai Fruchtkörperansätze, die sogenannten Primordien.
- Im weiteren Verlauf des Jahres wachsen diese Primordien zu immer größeren Fruchtkörpern heran, bis sie nach gut einem halben Jahr erkennbar zu reifen beginnen.
- Die Hauptreifezeit erstreckt sich von Mitte Dezember bis Mitte März



Folie 72

Entwicklungszyklus: I. Quartal Tuber melanosporum

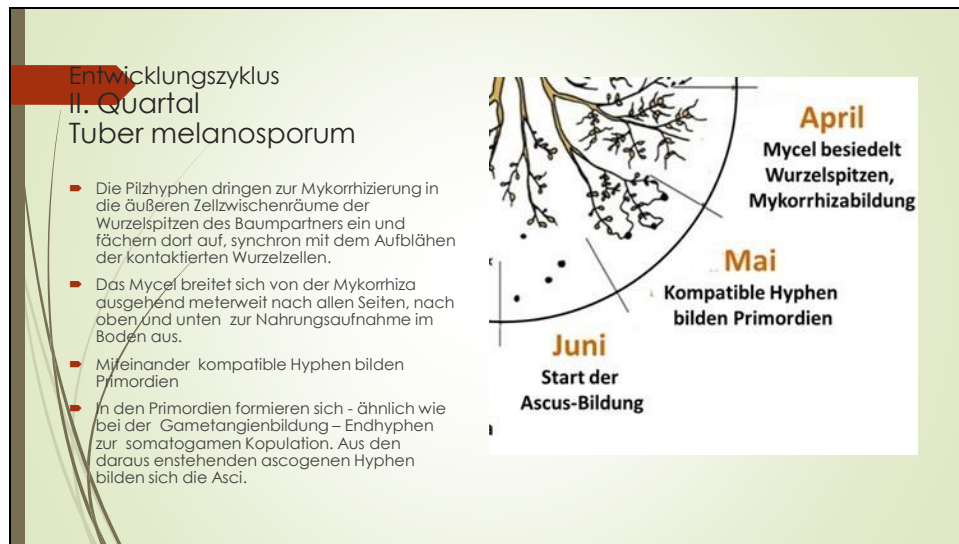
- Nicht gefressene oder nicht entnommene reife Trüffeln erfrieren, trocknen ein oder verfaulen an Ort und Stelle
- Nicht so die durch den Ascus geschützten Sporen. Diese bleiben trotz Frost, Trockenheit oder Fäulnis intakt und über Jahre keimfähig
- Die Sporen keimen nach einer gewissen Lagerzeit in Wurzelnähe aus, vermutlich ausgelöst durch Wurzelabscheidungen des Baumes. Darauf deuten eigene Versuche der FGH hin
- Botenstoffe des Baumes locken die Pilzhypen an, diese wachsen gezielt in Richtung der Wurzelspitzen



Folie 73

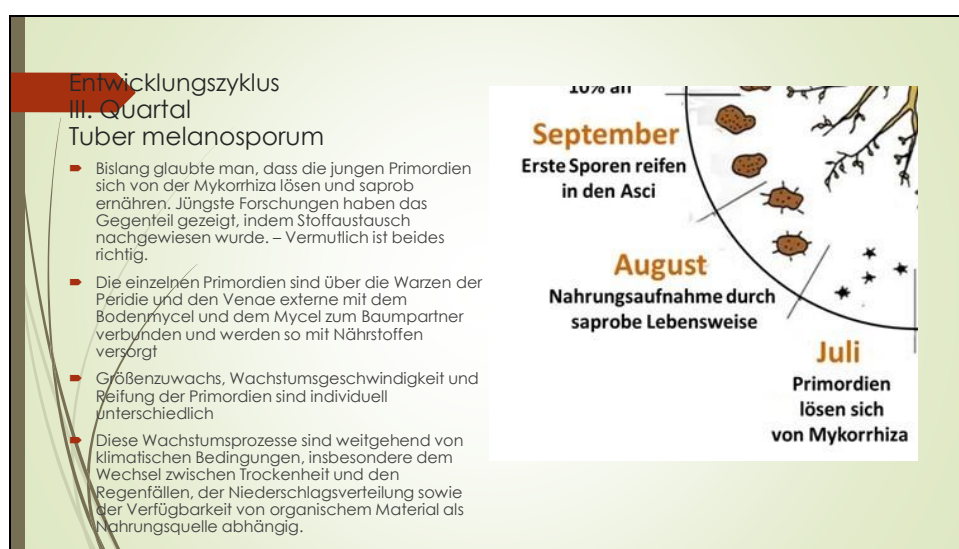
Warum schauen wir uns das jetzt noch genauer an? Ganz einfach: Erst solide Kenntnisse zum Entwicklungszyklus eröffnen Ihnen die notwendigen Einsichten zur aktiven Produktionssteuerung. Spätestens wenn ich Ihnen Dave und Stuart vorstelle, werden Sie sich daran erinnern.

Folie 74



Die Primordienbildung kann ich durch Bewässerung fördern und unterstützen. Der Bildungsprozess lässt sich verlängern, so dass es zur Produktion einer größeren Individuenzahl kommt. Die richtige Bewässerung in dieser Zeit verhindert darüber hinaus, dass Primordien im "Babystadium" mangels Nahrung wieder absterben.

Folie 75



Entwicklungszyklus IV. Quartal Tuber melanosporum

- Die ersten Asci wurden nach eigenen Felduntersuchungen mit Tuber aestivum ca. 5-6 Monate vor der vollen Reife gebildet.
- Zwei bis drei Monate vor der absoluten Reife sind erst 5-10 % der Sporen reif
- Etwa einen bis zwei Monate vor der endgültigen Sporenreife geben die Trüffel mehr Aromastoffe ab (Erntebeginn)
- Diese flüchtigen Aromastoffe sind nicht identisch mit dem Geruch der Gleba, also dem Fruchtfleisch
- Trüffeln reifen nicht gleichzeitig. Die Reifeprozesse in einer Trufflere verteilen sich über mehrere Monate.
- Entnommene Trüffeln reifen nicht weiter

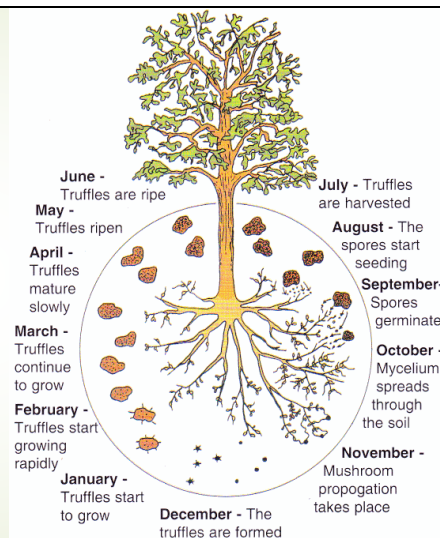


Folie 76

Mit den ersten, reifenden Trüffeln besteht immer die Möglichkeit bei der Ernte, versehentlich auch unreife Trüffeln einzusammeln. Auch wenn Hunde sie anzeigen, denen fehlt noch das Aroma. Sie sind also wertlos. Verständlich ist sicherlich auch, dass man nicht alle Trüffeln erntet, sondern zum Fortbestand und Erneuerung der Mykorrhizen immer einige Trüffeln im Boden belässt.

Entwicklungszyklus Tuber aestivum (Sommertrüffel)

- Dieses Schaubild der **Spanier** deutet an, wie nach der Hauptreifezeit ab Anfang September nicht entnommene Sommertrüffeln zerfallen und danach die freigesetzten Sporen auskeimen.
- Die Primordienbildung erstreckt sich von November bis Anfang Dezember.
- Im weiteren Verlauf des Jahres wachsen diese Primordien zu immer größeren Fruchtkörpern heran, bis sie nach gut einem halben Jahr erkennbar zu reifen beginnen.
- Die Hauptreifezeit erstreckt sich von Mitte Juni bis Ende August



Folie 77

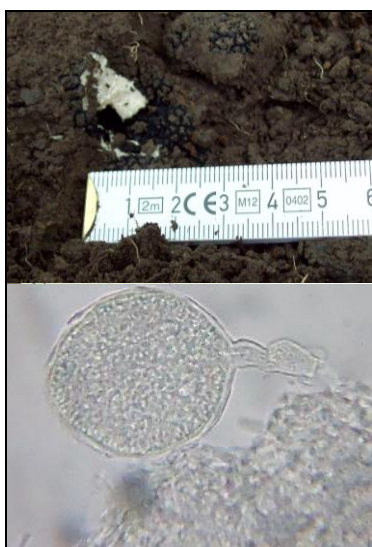
Vorstehend der Entwicklungszyklus unserer heimischen Trüffelart: Tuber aestivum. – Den sollten Sie verinnerlichen. Erst wenn es über das Verstehen zu den notwendigen Einsichten kommt, folgen daraus notwendige Handlungen zur Produktionssteuerung!

Folie 78



Eigene Untersuchungen zum Entwicklungsgang erfolgten über sechs Monate von März bis August 2014 auf meiner Trüffelanlage. Die Trüffeln wurden bei den Probenentnahmen vom Mycel nicht gelöst, sondern verblieben über diesen Zeitraum für Untersuchungszwecke unbewegt in der Erde.

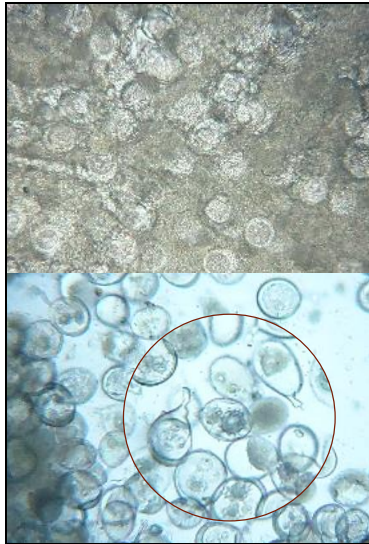
Folie 79



Entwicklungszyklus I

- Die durch einen Hund im März angezeigten Trüffeln besaßen einen Reifegrad von Null Prozent, bei einem Ø von etwa drei Zentimeter.
- Der Zeitpunkt der Primordienbildung wurde auf November/Dezember 2013 zurückgerechnet.
- Eine Probe vier Wochen später im April zeigte den ersten gebildeten Ascus
- Trotz mehrerer Präparate und intensiver Suche war kein weiterer Ascus zu finden
- Die hier sichtbar verletzte, weiße Stelle war inzwischen durch eine Ersatzperidioe verschlossen und völlig schwarz.

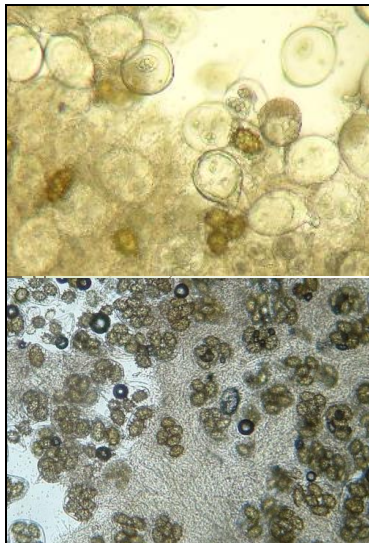
Folie 80



Entwicklungszyklus II

- Bei der Kontrolle im Mai 2014 waren schon viele Asci auszumachen
- Das Innere der Asci wurde nicht speziell untersucht. Die Meiose hat in einigen Asci offenbar stattgefunden.
- Im Juni dann hatten sich in wenigen Asci nach der Mitose einige erste Sporen gebildet.
- Die Aufnahme spiegelt die deutlich differenzierten Entwicklungsstände in den Schläuchen wider.
- Die Oberflächenstruktur beginnt sich bei den ersten Sporen auszuprägen.

Folie 81



Entwicklungszyklus III

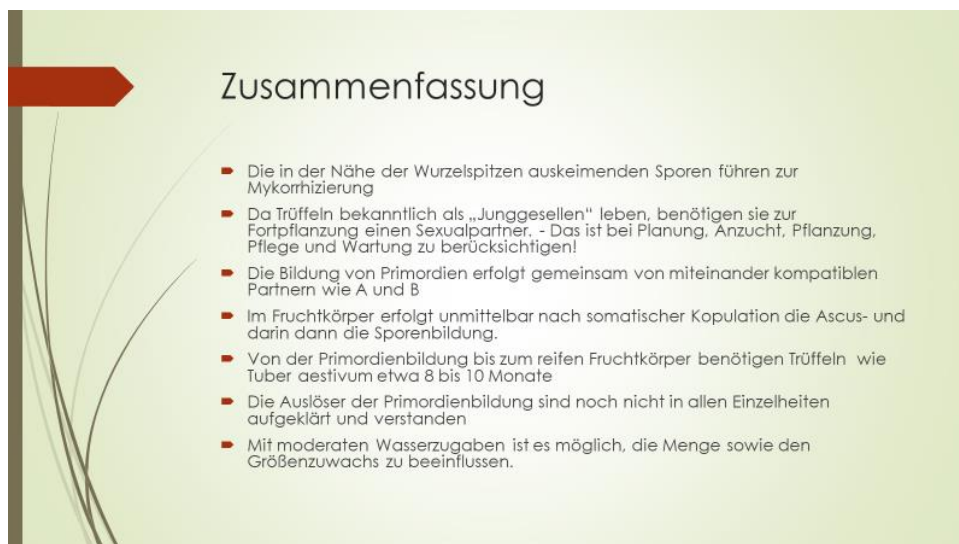
...inzwischen sind vier Monate der Beobachtung vergangen

- Im Juli erreichte der Reifegrad der kontrollierten Trüffel etwa 10 %.
- Die Ornamentierung der Sporen mit langen Stacheln und einer groben Netzstruktur ist bei den dunklen, ± reifen Sporen gut erkennbar.
- Mitte August 2014 wies die Sommertrüffel einen Reifegrad von nahezu 100% auf.
- Die Beobachtung konnte nicht fortgesetzt werden, weil Nacktschnecken begonnen hatten, die reife Trüffel aufzufressen.



Folie 82

Ich appelliere eigene Beobachtungen anzustellen und diese in einer Zeitachse ähnlich wie hier darzustellen. Zusammen mit dem Witterungsverlauf (Regen, Schnee, Luft- und Bodentemperaturen etc.) und den eigenen Pflegemaßnahmen entwickeln Sie nach und nach ein verlässliches Gefühl für die Produktionssteuerung.



Folie 83

Kapitel 8 – Mykorrhizierung von Sämlingen

Folie 84

Mykorrhizierung von
Sämlingen mit
Trüffelsporen

Von der Natur zur Kultur

Auswahl der Trüffelart. Entscheidung über Baumpartner. Ekto-Mykorrhiza, Verbreitung, Sexualität und Vermehrung - Was können wir aus dieser Informationsfülle schlussfolgern? - Sporen von reifen Trüffeln müssen nicht um zu keinem erst durch den Magen-Darm-Trakt von irgendwelchen Tieren, sondern können direkt in Feinwurzelnähe platziert werden. Dabei ist es egal, ob sie vorher getrocknet oder eingefroren waren. Auf andere wichtige Grundinformationen der vorangestellten Kapitel kommen wir immer wieder zurück. – Das Bild zeigt Christine Robin aus Frankreich, die mit ihrer Baumschule „Robinpepinieres“ und einer Jahresproduktion von 250.000 Trüffelpäumchen (Stand 2010) weltführend ist. Wir dagegen fangen erst mal ganz klein an. Jetzt.

Folie 85

Truffière von Rolf Hinz im Périgord

Von den Fehlern anderer lernen

- Geschäftstüchtige Franzosen legten bis weit in die 1990er Jahre im großen Stil „Trüffelpflanzungen“ an, indem sie Eichenhaine aus direkt im Acker ausgelegenen Samen hochzogen und sich dabei allein auf die natürliche Ansiedlung durch Tiere verließen.
- Diese „Trüffler“ im Périgord wurden mit Wohnhaus darauf an gutgläubige und gutbetuchte Ausländer verkauft.
- Gérard Chevalier revolutionierte mit einer neuen Idee den Trüffelanbau in den 1970er Jahren, indem er Trüffelsporen und steril gezogene Jungbäume unter kontrollierten Bedingungen zusammenbrachte.
- Diese inzwischen in vielen Ländern angewandte und von uns mehrfach optimierte Methode wird hier vorgestellt.

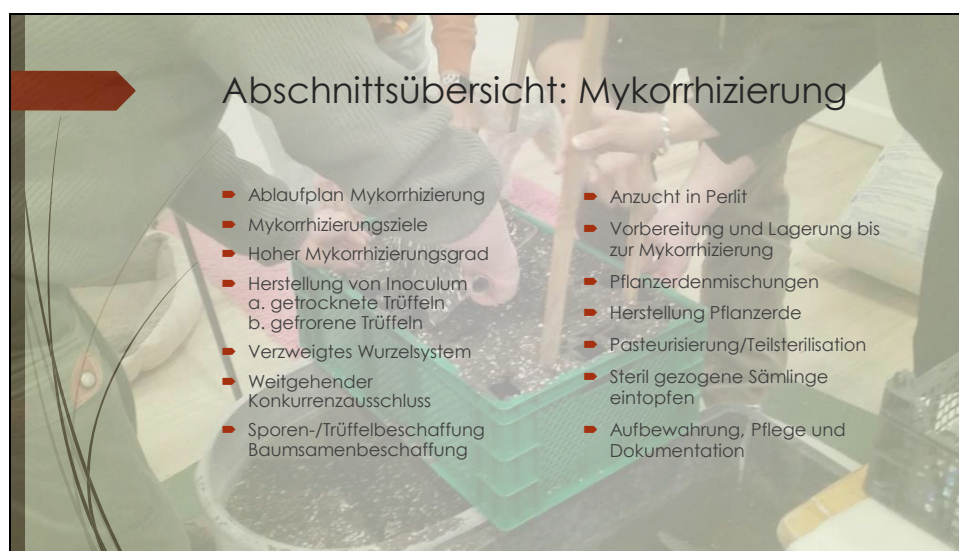
Gérard Chevalier

Dr. Rolf Hinz (ein Geologe) - mit über 90 verschiedenen, von ihm **ohne** Hund gefundenen Hypogäenarten hatte er sich in dem späten 1980er Jahren in Deutschland einen Namen als Trüffelfinder gemacht. Seinen Lebensabend wollte er mit der „Erforschung von *Tuber melanosporum*“ im Zentrum der bekanntesten, französischen Trüffelregion, dem Perigord verbringen. Dazu erwarb er eine etwa zwei ha große „Trüffelanlage“ mit Wohnhaus, angelegt wie oben beschrieben. Gekauft direkt vom Präsidenten des dortigen Trüffelverbandes.

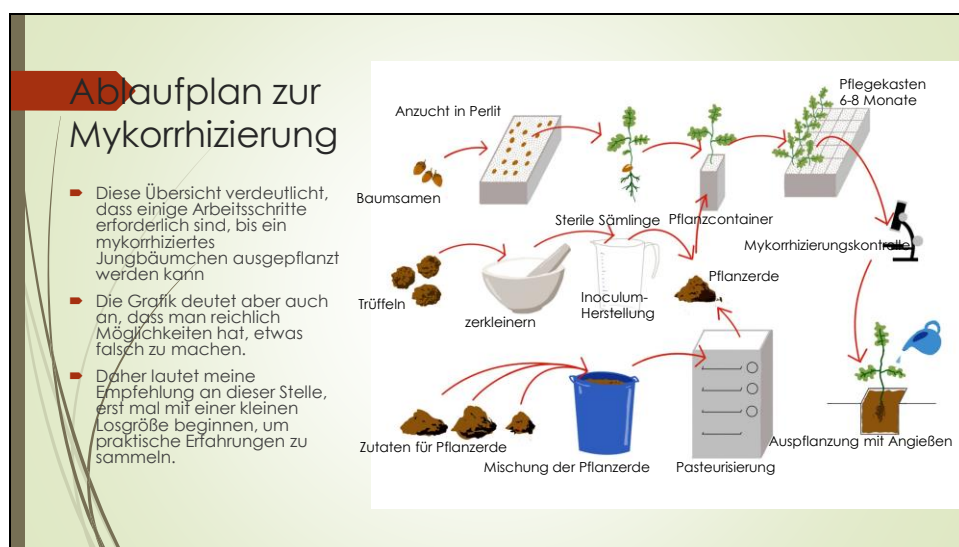
Produktivität: Null

Wir verlassen uns nicht auf die zufällige, natürliche Verbreitung und Ansiedlung durch Tiere, sondern siedeln die von uns bestimmten Trüffelarten nach der erfolgreichen Methode von Chevalier gezielt so an, dass wir die Möglichkeit der Kontrolle und Einflussnahme haben.

Folie 86



Folie 87



Hier nun in Kurzform was wir nach und nach immer ausführlicher besprechen wollen:

Mit Baumsamen z.B. Eicheln in Perlit sterile Sämlinge heranziehen, Trüffeln im Mörser zerkleinern und auf Vermiculit als Trägermaterial übertragen (=Inokulum), Zutaten für Pflanzerde zusammenstellen, mischen, pasteurisieren und nach dem Erkalten Inokulum untermischen, steril gezogene Sämlinge damit in Pflanzcontainer eintopfen, 6-8 Monate im Pflegekasten im Gewächshaus heranziehen, nach Mykorrhizierungsprüfung erfolgt Auspflanzung – und ab hier das alles jetzt ausführlicher.

Was
wollen
wir
wie
und
warum
erreichen?

Mykorrhizierungsziele

- 1. einen hohen (100%) **Mykorrhizierungsgrad**
- 2. ein stark **verzweigtes Wurzelsystem**
- 3. weitgehender **Konkurrenzausschluss**

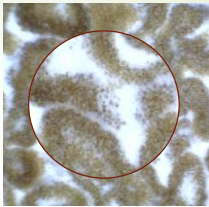
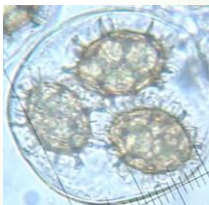
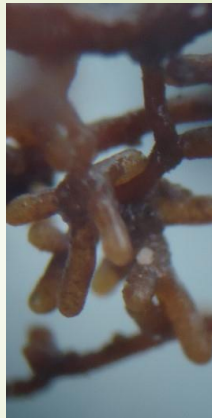
Folie 88

Bevor jeder einzelne Arbeitsschritt erläutert wird, müssen wir überlegen und festlegen was wir überhaupt und wie wir das erreichen wollen. Nur so ist Erfolgskontrolle möglich. Nur so ist Erfolg steuerbar. Wir definieren daher zunächst unsere Mykorrhizierungsziele wie folgt: 1. hoher Mykorrhizierungsgrad 2. stark verzweigtes Wurzelsystem und 3. weitgehender Konkurrenzausschluss

Wichtiger Hinweis: Dokumentieren Sie in der Praxis ab hier jeden einzelnen Arbeitsschritt in Wort und Bild. Die Lebenserfahrung sagt: Die Erinnerung trübt. Um aber im Herbst im Rahmen einer Mykorrhizierungskontrolle einen Soll-Ist-Vergleich machen zu können, benötigen Sie Fakten. Keine Glaubensbekenntnisse!

Ziel 1: Hoher Mykorrhizierungsgrad

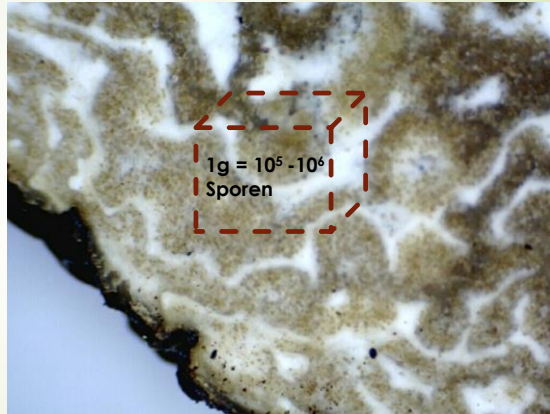
- Um das zu erreichen ist es notwendig, eine statistisch ausreichende Anzahl an reifen Sporen
- gleichmäßig im gesamten Pflanzsubstrat so zu verteilen,
- dass die derzeitigen und zukünftigen Wurzeln des Baumpartners überall im gesamten Pflanzcontainer direkt und unmittelbar auf Sporen treffen
- Ein Blick nach links oben auf die Gleba zeigt uns: Jeder dieser kleinen schwarzen Punkte ist ein Ascus mit jeweils 3-5 reifen Sporen darin

Folie 89

Impfstoff herstellen = Inoculum

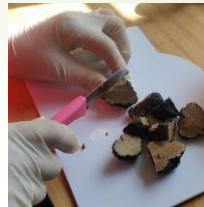
- Die Keimrate von Trüffelsporen ist sehr gering. Sie exakt zu ermitteln ist noch nicht gelungen.
- Versuche mit unterschiedlichen Sporenmengen jedoch ergaben eine Empfehlung, pro Sämling für einem 450ccm Pflanzcontainer 1g der reifen (!) Trüffel einzusetzen.
- Das entspricht ± 100.000 bis etwa 1.000.000 Sporen.
- Bei größeren Pflanztöpfen sind entsprechend mehr Sporen einzubringen.
- Tipp: Inoculum (Impfstoff) erst unmittelbar vor der Verwendung herstellen



Folie 90

Herstellung und Einsatz von Inoculum aus tiegefrorenen Trüffeln

- Gefrorene Trüffel** (Beispiel unten links: 25g für 25 Sämlinge) langsam auftauen lassen
- Stückeln und mit Pürierstab unter Zugabe von sehr, sehr wenig Wasser penibel pürieren, nach und nach mit Wasser verdünnen
- Zerkleinerte Trüffel nach und nach in 0,5l Vermiculit (Körnung 1-3mm) sorgfältig und klumpenfrei einmischen bis alles wieder feinkrümelig ist
- Inoculum aufteilen: 0,375 l in vorbereitete, trockene und pasteurisierte Pflanzerde (ca. 15 l bei Verwendung von 450ccm Containern) gut verteilt einmengen
- 0,125 l Inoculum direkt beim Eintopfen je ein Esslöffel (5ccm) direkt im Wurzelbereich pro Sämling zugeben
- Eingetopfte Sämling angießen, Pflanzerde nachfüllen, erneut angießen und mit Perlit oder Kalkspit abdecken



Folie 91

Sorgfältig (!) arbeiten

- Bei der Inoculumherstellung wird oft geschludert, daher hier noch einmal die wichtigsten Details:
- Frisch aufgetaute Trüffeln enthalten genug Wasser, um sie sehr fein zu pürieren. (Bild unten links)
- Erst danach in kleinen Schritten Wasser zugeben und weiter pürieren, bis eine dünnbreiige Masse, quasi eine "dicke Trüffelsuppe" entsteht. (Bild oben)
- Die zerschlagenen Stückchen der schwarzen Peridie sind hier deutlich zu erkennen, während die einzelnen Schläuche mit den reifen Sporen darin von einander getrennt, das Sporenwasser milchig-blaßgrau-bräunlich färben.
- Die sorgfältige Mischung mit Vermiculit erfolgt nun stufenweise, um die aus der Gieba gelösten Asci auf möglichst alle Vermiculitstücke zu verteilen.
- Dokumentieren sie ihre Arbeit in einem Mykorrhizierungsprotokoll



Folie 92

Herstellung und Einsatz von Inoculum aus getrockneten Trüffelscheibchen

- Beispiel für 100 Sämlinge: Trüffelscheibchen abwägen (Trockenmasse von 25 g entspricht ursprünglich ca. 100 g Frischpilz)
- Trüffelscheibchen im Mörser sorgfältig zerstoßen bis alles richtig feinpulverig ist
- Pulverisierte Trüffel nach und nach sehr sorgfältig in 2 l Vermiculit (Körnung 1-3 mm) aufstreuen und einmischen
- 1,5 l Inoculum in pasteurisierte, trockene Mischung Pflanzerde (ca. 60 l bei Verwendung von 450 ccm Containern) gut verteilt einmengen
- Von den 0,5 l Inoculum direkt beim Eintopfen je ein Esslöffel à 5 cm³ direkt im Wurzelbereich des Sämlings zugeben, Erde andrücken
- Eingetopfte Sämlinge angießen, Pflanzerde nachfüllen, erneut angießen und mit Perlit oder Kalksplit abdecken



Folie 93

Getrocknete Trüffeln können Sie über Jahre aufbewahren. Die Sporen bleiben keimfähig. Wenn Sie nicht unmittelbar nach Anfertigung alles verbrauchen, den Behälter mit Inoculum beschriften! Das hilft Irrtümer zu vermeiden. Arbeiten Sie nur mit einer Trüffelart am Tag, sonst sind Verwechslungen vorprogrammiert! Reinigen Sie sämtliche Gerätschaften sorgfältig unter fließendem Wasser, bevor Sie diese erneut für die Inoculumherstellung verwenden.

Haben Sie es bemerkt?

- Wie man einen **hohen Mykorrhizierungsgrad** erreicht, haben Sie soeben erfahren: Nur reife Trüffeln und sorgfältigste Verteilung der Asci.
- In den zwei beispielhaften, kompletten Anwendungsanleitungen sind die zuvor definierten Mykorrhizierungsziele vermischt und damit ± untergegangen
- Wir müssen aber nicht nur wissen **wie**, sondern auch **warum** es so gemacht wird. Schauen wir nun genauer auf die anderen Mykorrhizierungsziele

Folie 94

Ziel 2: stark verzweigtes Wurzelsystem

- Wenig Nährstoffe in der Pflanz Erde fördern ein stark verzweigtes Wurzelsystem.
- Ggf. Wurzelkürzung vornehmen, das fördert die Wurzelverzweigung
- Die Bildung von Mykorrhizen durch viele, gut verteilte Sporen im Pflanzsubstrat und deren Hyphen in der Pflanz Erde regen zusätzlich die Feinwurzelbildung an
- Förderlich zur Wurzelverzweigung sind eckige, hohe Pflanzcontainer mit Innenrillen.
- Austritt der Wurzeln aus dem Pflanzcontainer bei der Anzucht durch Bodenabstand verhindern
- Die junge Pflanze lernt so, dass die Mykorrhizierung positiv für sie ist.



Folie 95

Viel Wurzeln, viel Mykorrhizen

- Ein stark verzweigtes Wurzelsystem ermöglicht sehr viele Feinwurzeln.
- Wurde bis hier alles richtig gemacht, gibt es auch eine Menge Mykorrhizen, da egal wo die Wurzeln hinkommen sie überall auf Sporen treffen.
- So lernen sich hier quasi im „Kindergarten“ schon die möglichen Sexualpartner der Zukunft kennen
- Auch wenn sich einige Wurzeln nach Auspflanzung erneuern, das bringt insgesamt eine Menge Trüffelmycel von verschiedenen Geschlechtern Individuen an den Auspflanzort



Folie 96

Ziel 3: Weitgehender Konkurrenzausschluss

- Unser Ziel ist hier, anhaftende Schimmelpilz-, Mykorrhizapilz- oder Myxomycetensporen und/oder bzw. Mycel von Fremd-pilzen zu entfernen
- Saatgut der Bäume a. Eiche, Bucheckern, Haselnüsse etc. vor dem Einbringen in Perlit gut mit Leitungswasser säubern, kurz mit Wasserstoffperoxid (< 1 %) desinfizieren, erneut mit Leitungswasser abspülen
- b. Anzucht in sterilem Substrat wie reinem Perlit oder reinem Vermiculit
- c. Wasserzugaben in der Mykorrhizierungphase nur mit Leitungswasser. Nicht Regenwasser, da darin Fremdsporen enthalten sind.



Folie 97

Fremdsporen und Fremdmycel beseitigen

- Saatgut/Sporen der Trüffeln
 - a. Die Trüffeln nach mikroskopischer Kontrolle äußerlich sorgfältig unter fließendem Leitungswasser mit einer Bürste reinigen und ggf. kurz mit Wasserstoffperoxid (<1%) desinfizieren, danach mit Leitungswasser abspülen
 - b. Verwendung nur von gesunden aber hochreifen, keinesfalls matschigen oder von lebenden Tieren befallene Trüffeln
- Pflanzerde
 - Diese bei etwa 80°-85°C zwei Stunden pasteurisieren wie hier rechts in hitzebeständigen Autoklavierbeuteln bzw. Kochbeuteln im Küchenherd gezeigt
- Die Pflanzerde im Pflanzcontainer mit dem eingesetzten Sämling gegen Sporen- und Samenanflug mit Kalksplit oder Perlit abdecken



Folie 98

Trüffelbeschaffung

- Ausreichende Menge inkl. Reserve zu günstigem Preis am Ende der Hauptsaison einkaufen
- Bedarf: 1 g reife Trüffel pro Sämling
- Beispiel: 1000 Bäumchen entsprechend 1 kg reife Trüffel + Reserve 100 % = 2kg Bestellmenge
- Zustand: reif, sauber, aber nicht matschig, vermodet oder angeschimmelt
- Trüffelart sofort mikroskopisch bei Erhalt auf Art und Reifegrad kontrollieren, wiegen, desinfizieren, einfrieren und beschriften/dokumentieren
- Einkaufszeit: Ende der Hauptreifezeit



Folie 99

Lagerung bis zur Inoculumherstellung

- **Getrocknete Lagerung**
 - hauchdünne Scheiben mit Trüffelhobel schneiden
 - schonend trocknen z.B. auf Dörrex oder Fensterbank bis sie rascheltrocken sind
- Aufbewahrung im Schraubglas oder in Folie, Vakuum verpackt/verschweißt, dunkel und kühl lagern, mit Beschriftung
- **Gefrorene Lagerung**
 - In Scheiben, Stückchen oder auch ganze Trüffeln einfrieren
 - Aufbewahrung im Gefrierbeutel verpackt/verschweißt im Gefrierschrank, beschriftet



Folie 100

Baumsamenbeschaffung

- Samen zur Anzucht z.B. von Hainbuchen kann man im Herbst selbst direkt vom Baum sammeln.
- Bewährt hat sich bei Eicheln oder Haselnüssen Planen auszulegen oder
- Bestellung im einschlägigen Fachhandel im Spätherbst.
- Für Aufforstungen kann es in Ihrer Region Beschränkungen geben. Welche das aktuell sind, erfahren Sie im Fachhandel



Folie 101

Stratifiziertes Saatgut (im Handel erhältlich) ist vorbehandelt. Damit ist eine hohe Keimrate zu erwarten.

Sterile Anzucht der Sämlinge

- Anzuchtkisten am Boden durchbohren, damit überflüssiges Wasser ablaufen kann
- 10-12 (15) cm hoch mit Perlit befüllen
- Soviel Leitungswasser zugeben, wie das Perlit aufnehmen kann
- Die Samen darin dicht auslegen
- Mit einer etwa 2 cm dicken Schicht Perlit bedecken und erneut gießen
- Perlit zwischenzeitlich wie hier rechts zu sehen befeuchten, um so den Verlust durch Verdunstung auszugleichen



Folie 102

Anzucht in Perlit

- Bei der Produktion von größeren Mengen kann es zweckmäßig sein, die Samen zeitlich unterschiedlich auszulegen
- Bei Aufbewahrung im Schuppen mit feinmaschigem Draht abdecken, um Freßfeinde wie Mäuse oder Vögel abzuhalten
- Nicht dem Regen aussetzen oder mit Regenwasser befeuchten, da so ein Eintrag von Fremdsporen erfolgt
- Perlit zwischenzeitlich befeuchten, um den Verlust durch Verdunstung auszugleichen
- Mitte März bis Mitte Mai ist eine günstige Zeit, die Sämlinge in Pflanzcontainer umzupflanzen



Für die ersten Versuche Sämlinge heranzuziehen, reicht ein Mini-Gewächshaus aus dem Gartenhandel



Folie 103

Vermiculit und Perlit

Vermiculit

- Ist ein Aluminium-Eisen-Magnesium-Silikat (Glimmermaterial bei 800 – 1000 °C expandiert)
- Keimfrei, pH-Wert neutral (pH 7)
- lockert den Boden, nimmt Wasser auf und ist trotzdem durchlüftend,
- Größe 1-3mm für Inokulumherstellung
- Größe 3-8 mm eher für Substratmischungen
- Verwendung auch pur als Kultursubstrat, Stecklingsvermehrung, Bewurzelungssubstrat
- Begünstigt die Keimung von Sporen, vermutlich durch Tätigkeiten von Mikroorganismen
- Bezug: Internet, 100 l Sack

Perlit

- Das aus vulkanischem Naturgestein durch Glühen bei etwa 1000°C hergestellte Substrat ist um das etwa 20-fach aufgebläht.
- Das Material dient wie Vermiculit im Gartenbau zur mineralischen Verbesserung gärtnerischer Erden.
- Größe 2-6 mm für Sämlingsanzucht
- Die Substrate werden durch Beimischung von Perlit optimal belüftet, sind besser wiederbenetzbar und haben ein höheres Wasserspeichervolumen.
- Wie Vermiculit ist es pH-neutral.
- Bezug: Baustoffhandel (Wärmedämmung)

Folie 104

Vermiculit und Perlit bestehen aus ultrahoch erhitzten Natursteinen. Sie sind dadurch keimfrei und gleichzeitig pH-neutral. Sie finden Verwendung als Dämmstoffe im Hausbau, im Gartenbau zur besseren Durchlüftung von Pflanzsubstraten, sowie zur Verbesserung der Wasserspeicherefähigkeit.

Diverse

Pflanzerdenmischungen

- 50% Torf und 50 % Vermiculit (Körnung 3-8mm) + Kalk, um den pH-Wert auf über 7,0 zu bringen
- 33% Torf + 33% Perlit + 33 % Kompost + Kalk
- 25% Rendzina + 25 % Torf + 50 % Vermiculit + ggf. Dolomit oder Kalk
- 20 Lössboden + 30% Blumenerde + 50 % Vermiculit + ggf. Dolomit/Kalk
- u.v.a.m.



Folie 105

Die Mischungen in den traditionellen Trüffelanbauländern sind recht unterschiedlich. Wichtig ist bei der ganzen Angelegenheit, sich immer wieder die definierten Mykorrhizierungsziele vor Augen zu führen.

Herstellung der

Pflanzerde

- Mischung von Hand im Mörtelimer mit Litereinteilung, bei größeren Mengen im Betonmischer
- Keine Düngerzugaben!
- **Standardmischung** für *Tuber aestivum*:
50 - 75 % Rendzina oder Ackerboden
- 25 - 40 % Blumenerde
- 10 - 25 % Perlit (3-6mm)
- ggf. Dolomit/Kalk



Folie 106

Die Zusammenführung der Zutaten und Mischung ist in kleineren Mengen im Mörtelimer mit Litereinteilung gut zu bewältigen. Bei größeren Vorhaben nehmen Betonmischer die Arbeit ab. Mineralischer Dünger gehört weder in das Pflanzsubstrat noch in die spätere Trüffelanlage.

Die Standardmischung für *Tuber aestivum* besteht zu etwa 50 % aus Rendzina oder Erde von der zukünftigen Trüffelanlage, 25 % Blumenerde, sowie um die Wasserspeicherfähigkeit des Substrats zu verbessern, aus 25 % reinem Perlit. Blumenerde besitzt zumeist einen pH-Wert zwischen 5,3 und 6,5. Daher muss man durch Zugabe von gewöhnlichem Gartenkalk (ggf. Dolomit/Kalk) den pH-Wert auf etwas über 7,0 pH bringen

Alternativen: Statt Rendzina kann es Pararendzina, kalkhaltige Braunerde, Löß oder am besten, gleich Erde vom Ort der Auspflanzung sein. Statt Blumenerde wäre feingesiebter Kompost einsetzbar und statt Perlit kann reines Vermiculit mit Körnung 3-6mm zum Einsatz kommen. Die prophylaktische Zugabe von Kalk kann nicht schaden.

Zusätzliche Möglichkeit: Nachdem die pasteurisierte Pflanzerde erkaltet ist, wird das Inoculum sehr sorgfältig eingemischt und in die Pflanztöpfe gegeben. Die gereinigten Samen werden zum Auskeimen nicht auf Perlit gebracht, sondern gleich zu zweit in die Pflanzcontainer (div. Forschungseinrichtungen in Spanien) gedrückt. Eine andere Arbeitsvereinfachung wird von einer spanischen Trüffelbaumschule praktiziert, die die in Perlit eben ausgekeimten Eicheln mit der Wurzel in die vorbereiteten Pflanzcontainer einstecken, statt die Wurzelverzweigung abzuwarten und dann einzutopfen.

Pasteurisierung der Pflanzerde – warum?

- Bestandteile der noch zu mischenden Pflanzerde wie Löß, Rendzina, Pararendzina, Kompost oder Blumenerde, -egal, die darin enthaltenen
- Konkurrenz-Pilzsporen,
- Schimmelpilzsporen,
- Sporen von Myxomyceten und
- Primär- bzw. Sekundärmycelien
- sollen durch längeres Erhitzen weitestgehend abgetötet werden, ohne aber sämtliche Mikroorganismen zu zerstören



Stikkenofen



Folie 107

Egal welche Bestandteile wir als Pflanzerde verwenden: Ob Erde der zukünftigen Trüffelanlage oder wie hier eine fertige Mischung, Ziel der Pasteurisierung ist die potenzielle Pflanzen- und Pilzkonkurrenz klein zu halten. Dazu werden z.B. im Backofen bei etwa 80 - 85°C die in den Zutaten befindlichen Unkrautsamen, Sporen der Ekto-Mykorrhizapilze, Sporen von Schimmelpilzen und Myxomyceten sowie das im Boden enthaltene Mycel oder Sklerotien durch Erhitzen weitestgehend abgetötet. – Im Gegensatz zur Sterilisation, bei der alle Mikroorganismen zerstört würden. In Portugal beispielsweise erfolgt beim Anbau von Wüstentrüffeln die Sterilisation der Pflanzerde für 90 Minuten bei 121°C im Autoklav.

Pasteurisierung womit?

■ Für professionellen Großeinsatz z.B. in Trüffelbaumschulen

- Stikkenofen
- Autoklave
- Erddämpfer

Nicht nur für den Einsteiger und/oder Hobbyanbauer

- Backofen
- Mikrowelle



Folie 108

Für den Profi kommen der eben gezeigte Stikkenofen, größerer Autoklave oder wie rechts im Bild Erddämpfer zum Einsatz. Kleinere Mengen sind auch in Autoklavierbeuteln im handelsüblichen Backofen zu bewältigen.

Eine besonders simple Lösung ist die Nutzung der Sonnenenergie, indem kleinere Mengen in schwarzen Bausackfolien in der prallen Sonne aufgeheizt werden. Spanische Trüffelbauern verteilen die Pflanzeerde auf dem Betonboden in einem Folientunnel. Die für die Pasteurisierung erforderliche Temperatur von rund 85°C wird vermutlich erreicht. – Sicherer und damit besser ist die Steuerung mit Technik.

Steril gezogene Sämlinge eintopfen

- Falcontainer (450 cm³) in quadratische Form falten
- Schwach angefeuchtete Pflanzeerde zu 1/3 einfüllen, mit quadratischem Holzstab etwas andrücken
- Sämling der Anzuchtbox entnehmen und in Pflanztopf halten
- Mit der lockeren Pflanzeerde auffüllen (ggf. zusätzliches Inoculum direkt an die Wurzeln geben) und leicht mit den Fingern im Container festdrücken
- Gut mit Leitungswasser angießen (2x) und mit weiterer Pflanzeerde bis kurz unter dem Rand auffüllen, erneut angießen
- Mit Kalksplit oder Perlit abdecken



Folie 109

Rundtöpfe haben sich nicht bewährt, da sich die Wurzeln zu einem "Dutt" drehen, statt Verzweigungen und in deren Folge Feinwurzeln zur Mykorrhizierung auszubilden. Viereckige Faltcontainer (eine patentierte Erfindung von www.Robinpepinieres.com) mit mehreren vertikal verlaufenden Innenkanten zwingen die Wurzeln sich zu verzweigen. Die Faltmöglichkeit wiederum erleichtert jederzeit eine schonende Sichtkontrolle der Wurzel- und Mykorrhizaentwicklung. Durch die quadratische Ausführung ist eine platzsparende Aufbewahrung in Kisten gewährleistet.

In der FGH verwenden wir ähnliche Faltcontainer mit 430 ccm Fassungsvermögen der Fa. Acudam in Spanien: <http://www.acudam.com/es/agricultura/contenedor-para-trufas>

Pflanzen eintopfen

- Bei dieser rationelleren Methode wurden zunächst 6x12 = 72 Pflanzcontainer in die Pflanzkiste gestellt und mit Dachlatten fixiert,
- die mit dem Inokulum vermischte Pflanzerde von einer Arbeitsplatte direkt von oben eingefüllt,
- die Sämlinge mit einem Pflasterstift in die einzelnen Container eingebracht,
- leicht angedrückt und mit Pflanzerde aufgefüllt



Folie 110

Mit der Bezeichnung Bäckerkiste, Gemüsebox oder einfach Lagerbox finden Sie im Internet geeignete, unten offene Pflanzkisten wie hier verwendet.

Aufbewahrung und Dokumentation

- Dokumentation nicht nur per Foto: Führen Sie ein Pflanztagebuch
- In den Pflanzencontainer verbrachte sehr junge Sämlinge mit Beschriftung auf Schlaufenetiketten nach der ersten Wasserzugabe
- 14 Tage später: Die Hasel- und Eichensämlinge haben sich prächtig entwickelt
- Die Abdeckung der Pflanzerde mit kleinen Kalksteinchen oder Perlit verhindert ein wenig die Konkurrenzbesiedlung durch das Auskeimen von angefliegenen Samen und Sporen während der Anzuchtphase



Folie 111

Copyright by www.zoofachschule.de

MYKORRHIZIERUNGSPROTOKOLL

Ort, Datum

Insektenherstellung

Herstellung der Trüffeln: Fundament: Jahr:

Zustand der Trüffeln: ☐ ohne Mängel ☐ angefahren ☐ teilweise vermodert ☐ ohne Befall ☐ angefault

Aufgetaute Trüffeln unter fließendem Leitungswasser sauber gebürstet ☐

Gefrorene Trüffeln unter fließendem Leitungswasser sauber gebürstet ☐

Frische Trüffeln unter fließendem Leitungswasser sauber gebürstet ☐

Trüffeln nicht unter fließendem Leitungswasser sauber gebürstet ☐

☐ zusätzlich desinfiziert ☐ nicht desinfiziert ☐ anderes Vorgehen:

Mikroskopische Anspülung: ☐ erfolgt ☐ nicht erfolgt ☐ Trüffelfalt:

Mikroskopische Kulturübertragung: ☐ erfolgt ☐ nicht erfolgt ☐ Belegzahl: #

Stückzahl: Gesamtgewicht: Abwägung/Verdacht:

Umgewicht: 75, 100, 200 andere: Line-Beschriftung:

Mengenberechnung für Leinwand: g/Trüffel

Trägermaterial: ☐ Vermiculit ☐ Perlit ☐ Körnung: 1-2 ☐ 1-3 ☐ andere:

Mischung Vermiculit und Spornwasser: ☐ per Hand ☐ Mixer ☐ andere:

Gesamtmenge Insekten in Liter: Stückzahl/Probe: ja/nein Bearbeitet/Hersteller:

Sämlingsansucht

Sämling: Herkunft: ☐ gesammelt ☐ gekauft ☐ gekauft Art: 1. 2.

☐ mit Leitungswasser gereinigt ☐ umgewaschen ☐ desinfiziert ja/nein:

Ansaatmethode: ☐ Perlit ☐ Vermiculit ☐ Ansaatbehälter: 1. 2.

Sämlingsgröße/Entstehungszeitpunkt: ☐ nur Wurzel ☐ Wurzel + Keimblätter ☐ Wurzel + Blätter

Wurzelbehandlung: ☐ ohne ☐ beschritten ☐ gekaut ☐ in Insekten gekaut ☐ andere:

Gesamtmenge: Pflanzende: Insekten (z.B. 17 x 2 + 34) = 41 Insekten pro Pflanzende:

Bezeichnung/Hersteller: Zeitliche Pflanzhöhe:

Pflanzenmischung

☐ Rendine ☐ Anzeerde ☐ Wälderde ☐ Gartenerde ☐ Blumenerde

Zusatzstoffe: ☐ Perlit ☐ Vermiculit ☐ Kalk ☐ vor Pasteurisierung ☐ nach Pasteurisierung

Mengenangaben:

Pasteurisierungsumgebung: Temperatur: Dauer: ☐ nicht pasteurisiert

Vorankommt ☐ Einkulturgang ☐ An/Wurzel: Einblüher ☐ An/Wurzel: Einblüher ☐ An/Wurzel: Einblüher

Bezeichnung/Hersteller:

Tätigkeiten nach Eingliederung

Aufbewahrung: ☐ indoor ☐ outdoor ☐ Angießen/Einschäumen: ja/nein: Liter/Ansaatfläche

Kennzeichnung:

Zusammenfassung

- Nur saubere und desinfizierte Samen, Trüffeln und Geräte verwenden
- Trüffelart und Reifegrad vorher kontrollieren
- Arbeitshinweise zur Erreichung der Mykorrhizierungsziele Schritt für Schritt einhalten
- Meine Empfehlung: Um erste praktische Erfahrungen zu sammeln trainieren Sie alle Arbeitsschritte mit einer kleinen Menge von mindestens 10 bis maximal 100 Stück aus
- Halten Sie schriftlich und in Bildern fest, was Sie tatsächlich wie gemacht haben
- Nur so ist eine spätere Kontrolle und exakte Steuerung möglich
- Benutzen Sie das nebenstehende **Mykorrhizierungsprotokoll** zur Dokumentation

Folie 112

Kapitel 9 - Aufbewahrung, Pflege und Wartung bis zur Auspflanzung



Folie 113

Hier werfen wir einen Blick in die Anzuchthalle der größten spanischen Trüffelbaumschule INOTRUF bei Teruel in der Nähe von Valencia, um einiges zur Aufbauorganisation für die eigene Planung herauszulesen. Die monatelange Anzucht - bis zur perfekten Mykorrhizierung - ist nicht problemfreie Aufbewahrung, sondern bedeutet laufende Kontrollen und umsichtige Betreuung. Die Gestaltung der richtigen Aufzuchtumgebung erleichtert und unterstützt die Züchtung. Sie vereinfacht den Pflegeaufwand und ermöglicht gezielte Behandlung der Schützlinge unter kontrollierten Bedingungen. Und das aus gutem Grund unter Ausschluss der Öffentlichkeit. Jedenfalls im Idealfall.

Optimierung der Arbeitsabläufe

- Die Eicheln werden bei Inotruf (oberes Bild links im Hintergrund) nicht in Perlit bis zur Keimblattbildung rangezogen. Man lässt sie zum Teil sogar frei liegend keimen.
- Mit Pfahlwurzelbildung werden sie mit dieser in die vorbereiteten Pflanzcontainer gesteckt. - Das spart Arbeitszeit und Personal.
- Vorbereitet dazu sind Pflanzcontainer mit Pflanzerde und Inoculum, fein abgedeckt mit Kalksplit. - Die so eingebrachten Eicheln haben einige Tage später die Keimblätter entwickelt.
- Damit die Pfahlwurzeln keinen "Dutt" bilden aber im Pflanzgefäß bleiben, müssen diese unten offen sein und genügend Bodenfreiheit (Bild rechts unten) haben.

Eicheln mit PfahlWurzel

Unten offen und Bodenfreiheit

Eicheln mit Keimblättern

Folie 114

Ausstattung, Pflege und Aufbewahrung

- Dieses Hightech-Gewächshaus ist mit automatischer Berieselung, Belüftung, Temperatursteuerung, Beschattung und anderen Raffinessen ausgestattet
- Bei einer Jahresproduktion von etwa 60.000 Trüffelbäumchen sind verschiedene Altersstadien gut erkennbar
- Damit es nicht zu Verwechslungen kommt, werden in dieser Anzuchthalle nur Baumarten, die mit *Tuber melanosporum* mykorrhiziert sind, herangezogen. Andere Trüffelarten befinden sich in einem separaten Gewächshaus



Folie 115

Gewächshausanbau am Wohnhaus

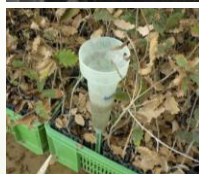
- Diese Lösung entwickelte ein spanischer Trüffelpauer in der Nähe von Lleida unweit von Barcelona indem er direkt an seinem Haupthaus ein Gewächshaus anbaute
- Gute Durch- und Belüftung durch hohe Bauweise und selbstöffnende Fenster mindern die Überhitzungsgefahr
- Die nach NW ausgerichtete Lage bietet ausreichende Besonnung, aber zusätzlich auch technische Beschattungsmöglichkeit
- Hier ist eine zeituhrgesteuerte Beregnungsanlage, sowie einfache Temperatur- und Wassermessung installiert
- Nach unten offene Anzuchtkästen stehen weit vom Boden auf einem Metallgestell



Folie 116

Trüffelanbau – das ist gesteuerte Natur

- Hohes Gewächshaus - gute Luftzirkulation,
- helle Aufbewahrung ohne direkte Sonneneinstrahlung
- Beschattung- und Belüftungsmöglichkeit, um irreparable Hitzeschäden zu vermeiden
- Einfache Temperaturkontrolle durch Maximum-Minimum-Thermometer
- Bewässerung mittels automatischer Berieselungsanlage
- Regenmesser an verschiedenen Stellen, um die tatsächlichen Niederschlagsmengen am Rand und in der Mitte der Pflanzkisten zu erfassen



Folie 117

Hier die Ideen eines anderen Trüffelpbauern: Ein sehr hohes Gewächshaus mit guter Luftzirkulation, das ist die Überlebensgarantie für die kostbaren Trüffelbäume in den heißen Sommermonaten

Mykorrhizierung sphase

- UmbraFlor in Umbrien und Micoverde im Piemont – zwei Baumschulen in Italien.
- Eine Zertifizierung der Bäumchen findet in Italien durch verschiedene Universitäten statt, wenn der Mykorrhizierungsgrad mit der gewünschten Trüffelart mindestens 30% beträgt und zudem die Mykorrhizen von Fremdpilzen nicht mehr als 10 % ausmachen und keine andere Trüffelarten anwesend sind
- Mit der von mir vorgestellten, über Jahre mehrfach optimierten Methode ist ein Mykorrhizierungsgrad von 80-85 % zu erwarten
- Rechts die einfachste Aufbewahrungsart in der Mykorrhizierungsphase: Dachlatten auf dem Boden, darüber eine rostfreie Baumatte, auf der Nordseite des Geräteschuppens unter dem Überdach im Garten mit jeweils 24 Stück im Kunststoffalkorb





Folie 118

Etwa sechs Monate dauert die Mykorrhizierungsphase. Micoverde im Piemont und UmbraFlor in Umbrien - zwei Baumschulen in Italien. Im Gegensatz zu Spanien oder Frankreich dürfen in Italien nur Trüffelbäume verkauft werden, die vorher von einer unabhängigen Stelle z.B. Universität auf Qualität der Mykorrhizierung untersucht und für ausreichend gut empfunden worden.

Wie dem auch sei: Eine Zertifizierung findet statt, wenn der Mykorrhizierungsgrad mit der gewünschten Trüffelart mindestens 30% beträgt und zudem die Mykorrhizen von Fremdpilzen nicht mehr als 10 % ausmachen. Die Feststellung einer anderen Trüffelart, aber auch schlechter Wuchs, unzureichendes Wurzelwachstum, Drehwurzeln (Dutt) etc. lassen eine Zertifizierung nicht zu. – Die von mir in diesem Lehrfilm vorgestellte, ausgefeilte und vielfach optimierte Methode einschließlich Gerätschaften berücksichtigt die in verschiedenen Ländern ermittelten Fehlerquellen, so dass ein Mykorrhizierungsgrad von 80 bis 85 % zu erwarten ist. – Rechts haben wir die einfachste Form der Aufbewahrung in der Mykorrhizierungsphase: Rostfreie Baumatte auf Dachlatten gelegt, auf der Nordseite unter dem Dach des Geräteschuppens im Garten zu jeweils 24 Stück im Kunststoffalkorb.

...weitere Ideen

- Im Gegensatz zu anderen Ländern, hat man in Spanien das Wissen über die Mykorrhizierung an die Trüffelbauern zumindest teilweise weitergegeben.
- Mit der Produktion und dem Verkauf von ein paar tausend Trüffelbäumchen im Jahr haben diese eine weitere Einnahmequelle für sich entdeckt.
- Einfachste Aufbewahrung: Pflanzpaletten auf Baustahl unter dem Scheunendach



Folie 119

Australische Ideen

- Dieser australische Trüffelbauer – wir werden Dave noch näher kennen lernen – will jetzt seine Trüffelbäumchen selbst heranziehen.
- Er hat sich für eine individuelle Einzelwasserversorgung entschieden
- Heizung im Winter und Belüftung im Sommer, nebst automatischer Schattierung
- An der Rückwand des Gewächshauses ist eine mit Wasser betriebene Anlage montiert, die zur Absenkung der Raumtemperatur durch Verdunstungskühlung führt.

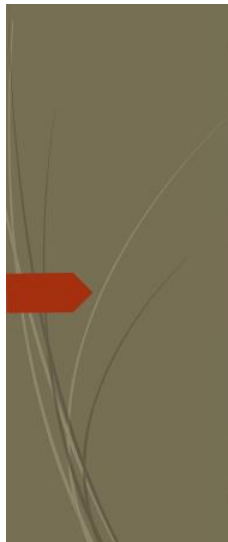


Folie 120

Zusammenfassung

- Pflege, das ist nicht einfach nur ein paar Kisten mit Sämlingen im Frühjahr irgendwo hinstellen und bis zum Herbst warten:
- Verhindern Sie den Wurzelaustritt aus dem unten offenen Pflanzcontainer, indem man mindestens 5 cm Bodenfremheit gewährt
- Immer wieder gießen, aber dem Pilz und den Pflanzen regelmäßig mehrwöchige Trockenperioden verordnen
- Statt jede Pflanze einzeln zu gießen, kann man eine ganze Kiste für ein bis zwei Minuten in ein Wasserbad stellen. Das geht nicht nur schneller, sondern ist wirkungsvoller.
- Unternehmen Sie frühzeitig etwas gegen Mehltau und andere Schädlinge wie Schnecken, Mäuse, Läuse etc.
- Denken Sie an Temperaturregulation durch Beschattung und Luftzirkulation
- Regeln Sie den Lichteinfall
- Bei einer Auspflanzung im Frühjahr oder Sommer müssen die Pflanzen schrittweise an das direkte Sonnenlicht gewöhnt werden,
- Protokollieren Sie alle Pflegemaßnahmen in Wort und Bild mit Datum.
- Sie benötigen das als Arbeitsgrundlage für das nächste Mal, um Schwachstellen zu ermitteln und die Ablauforganisation zu optimieren.

Folie 121



Ende Teil I

Draußen macht uns die Natur vor, wie wir etwas in Kultur nehmen: Bevor wir im nächsten Lehrfilm dazu sehr intensiv auf natürliche Fundstellen mit bis dahin geschultem Blick schauen, müssen wir uns noch etwas vorbereiten. So wollen wir zunächst herausfinden, ob uns die Mykorrhizierung geglückt ist, lernen, den Boden auf Eignung zu überprüfen und erfahren, welche Klimafaktoren wir zur aktiven Produktionssteuerung nutzen können.