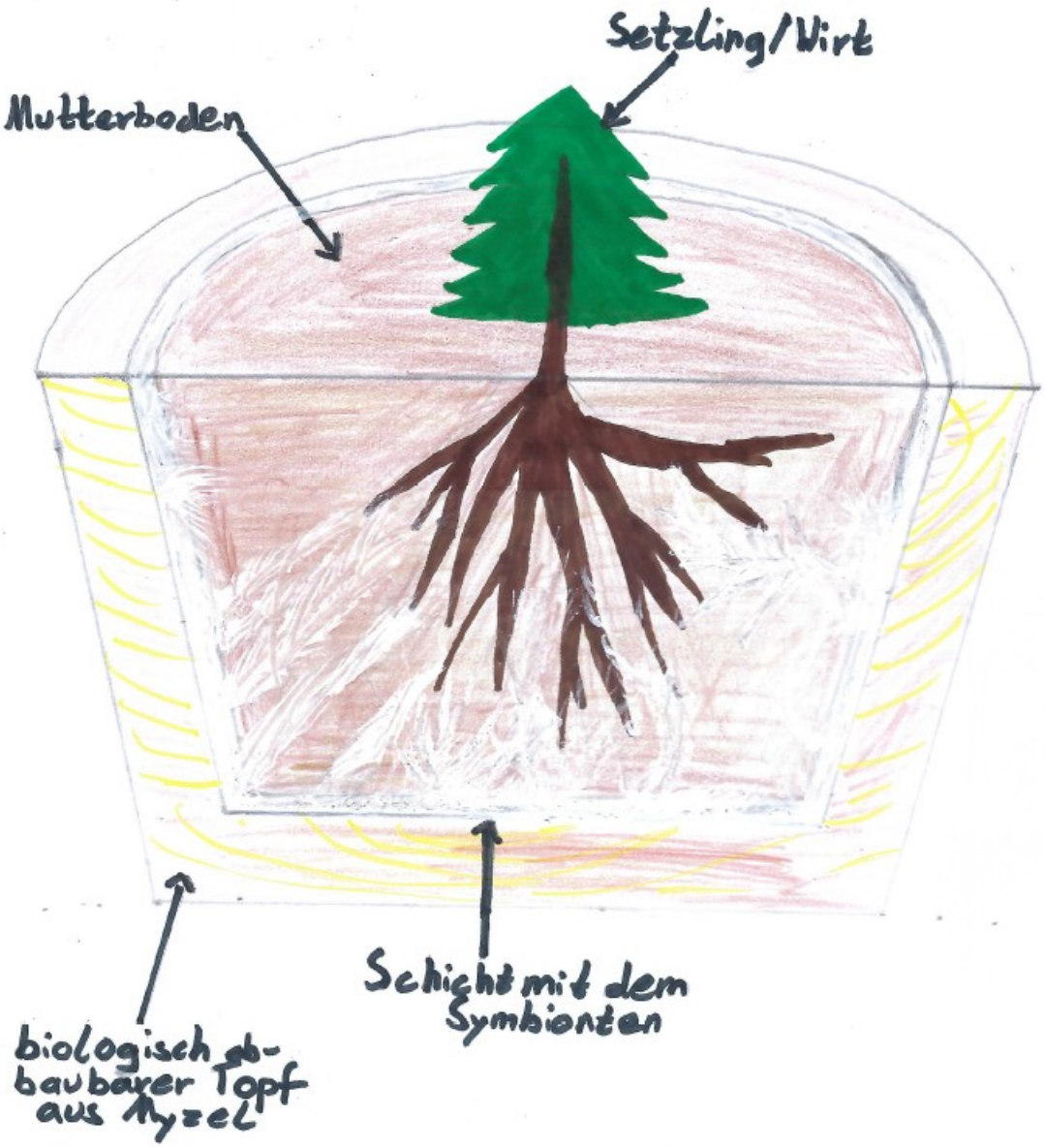
Projekt:
Der Symbiose-Pflanztopf



von
Lucy Fischer

Betreuungslehrer: Herr Nebe
St. Michael Gymnasium, Bad Münstereifel

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2
Abbildungsverzeichnis 2
1. Einleitung 3
1.1. Kurzfassung 3
1.2. Ideenfindung 3
2. Umsetzung und Materialien 3
2.1. Wie kann man die Symbionten mit den Bäumen pflanzen? 3
2.2. Ein Blumentopf ohne Plastik 4
2.3. Vorgehen 4
2.4. Vorteile der Symbiose 4
2.5. Nährboden 5
2.6. Welche Pilze für den Topf? 5
2.7. Topfform 6
2.8. Welche Symbionten? 6
2.8.1. Fichten 7
2.8.2. Der Steinpilz 7
2.8.3. Douglasien/nicht heimische Bäume 7
2.8.4. Douglasien-Röhrling 8
3. Versuche und Ergebnisse 9
3.1. Beimpfung der Nährböden 9
3.2. Pilzwachstum 10
3.3. Umpflanzen in Reis 10
3.4. Umpflanzung in die Topfmaterialien 11
3.5. Umpflanzen in die Topfform 12
3.6. Andere Töpfe 13
3.7. Ergebnis des Topfes 13
4. Symbionten 16
5. Zusammenfassung 16
6. Literaturverzeichnis 17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schmetterlingstramete 6
Abbildung 2: Agarplatten 9
Abbildung 3: Reis Beimpfung 11
Abbildung 4: Versuchsergebnis "Topf" 14
Abbildung 5: Ergebnis nach dem Ofen 14
Abbildung 6: Fehlversuch 15

1. Einleitung

1.1. Kurzfassung

Ziel des Projektes ist es Bäumen zu helfen und sie resistenter gegen schädliche Umwelteinflüsse, wie beispielsweise Dürreereignisse, zu machen.
Hierzu entwickle ich einen vollständig abbaubaren Pflanztopf, der symbiontische Pilze enthält, die eine Mykorrhiza-Symbiose mit den Baumwurzeln eingehen. Dadurch kommen die Bäume an mehr Nährstoffe und Wasser. Ich möchte Bäume direkt mit dieser Grundvoraussetzung pflanzen. Zudem ist der Topf stabil und aus organischen Stoffen. Das macht ihn umweltfreundlich und biologisch abbaubar. Darüber hinaus sparen wir damit Plastik, wodurch die Umwelt unterstützt wird.

1.2. Ideenfindung

Ich gehe durch den Wald und denke an das, was ich gelesen habe: „Nur 28 Prozent aller untersuchten Bäume sind noch ganz gesund…“ (Spiegel.de, 2022). Besonders viele Bäume sterben im Moment an Dürre und es wird sich über die nächsten Jahre verschlimmern.
Irgendwas muss man doch tun können?
Ich schaue mich um und mein Blick fällt auf die Pilze. Manche sehe ich an und andere um Bäume herum. Normalerweise beachte ich sie nicht sonderlich, doch jetzt bringt es mich auf eine Idee. In Biologie habe ich etwas über Symbiose gelernt.
Das ist es! Was wäre, wenn jeder Baum mit den passenden Symbionten gepflanzt werden würde? Dann würden die Bäume resistenter gegen schädliche Umwelteinflüsse oder Naturkatastrophen, wie Dürren sein.
Doch wie kann ich das umsetzen?

2. Umsetzung und Materialien

2.1. Wie kann man die Symbionten mit den Bäumen pflanzen?

Die Überlegung war, was jeder Baum, der gepflanzt wird, gemeinsam hat. Die Schlussfolgerung war „Blumentöpfe“. Jeder Setzling ist am Anfang in einem Topf. Folglich müssten die Symbionten in den Blumentopf integriert werden.
Doch dann müsste der Blumentopf mit eingepflanzt werden. Allerdings sind diese meist aus Plastik und würden dort dann für Jahrzehnte oder sogar Jahrhunderte bleiben.
Zudem ist Plastik eins der größten Probleme für die Natur. Also musste eine andere Lösung her.
Schließlich ist es das Ziel, der Natur zu helfen und nicht ihr auch noch zu schaden.
Demzufolge war ein biologisch abbaubarer Topf erforderlich.

2.2. Ein Blumentopf ohne Plastik

Um einen biologisch abbaubaren Topf herzustellen, ist es nötig Materialien zu finden, die mehrere Eigenschaften besitzen. Offensichtlich müssen sie biologisch abbaubar sein. Dadurch begrenzt es sich auf natürliche Materialien. Zudem muss er stabil sein. Außerdem sind weitere Bedingungen, dass ausreichend von den benötigten Materialien verfügbar sind und die Herstellung realistisch machbar ist.
Schon wieder ist die Lösung Pilze.
Um genau zu sein das Myzel. Myzelien breiten sich schnell aus und verbinden sich netzartig. Dies passiert durch die Hyphen. Das sind verzweigte einreihige Fäden der Pilze, die durch Septen zellartig unterteilt werden können. Damit dringen Pilze zum Beispiel in Wurzelräume von Bäumen oder in abgestorbenes Gewebe ihrer Wirte ein (Academy, 2022).

2.3. Vorgehen

Es müssen zunächst die ausgewählten Pilze gesammelt und vermehrt werden. Dazu ist Gewebe zu entnehmen und geeignete Nährböden damit zu beimpfen. Auf diesen muss das Myzel Zeit erhalten um zu wachen, so dass anschließend geeignetes Material beimpft werden kann. Dieses wird von dem Pilzmyzel durchwachsen und schließlich in eine Topfform umgefüllt, so dass am Ende ein stabiler Topf entsteht.

2.4. Vorteile der Symbiose

Bäume, die symbiontische Mykorrhizzapilze an ihren Wurzeln haben, profitieren von einer Reihe von Vorteilen. Einer der wichtigsten Vorteile ist, dass die Pilze den Baum dabei unterstützen, Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen. Durch die Bildung von hyphalen Netzwerken, die in den Boden eingebettet sind, können die Pilze das Wurzelwerk des Baumes erweitern und damit dessen Nährstoffaufnahme erhöhen (Smith S. E., 2008)

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Mykorrhizzapilze den Baum vor Schädlingen und Krankheiten schützen können. Durch die Produktion von antimikrobiellen Substanzen und durch die Bildung von Barrieren, die es Schädlingen erschweren, in die Wurzeln einzudringen, können die Pilze den Baum vor Angriffen schützen (Chaudhary, Mycorrhizal symbiosis in plant defense against pathogens, 2017)

Auch im Hinblick auf den Klimawandel sind Mykorrhizzapilze von Vorteil, da sie dazu beitragen können, den Baum besser an trockene und nährstoffarme Bedingungen anzupassen. Durch die Erhöhung der Wasser- und Nährstoffaufnahme können die Pilze dazu beitragen, dass der Baum weniger anfällig für Trockenstress ist (Wang, 2018)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Mykorrhizzapilze eine wichtige Rolle bei der Gesundheit und dem Wachstum von Bäumen spielen und dass sie sowohl für den Baum als auch für die Umwelt von Vorteil sind.

2.5. Nährboden

Der Nährboden für das Myzel wird selbst hergestellt.
Es müssen 500 ml Malzbier zum Kochen gebracht werden, wobei sich die Flüssigkeitsmenge nicht verändern sollte. Daher muss während des Kochens immer wieder Wasser nachgefüllt werden, so dass sich der Pegel nicht verändert. Zudem muss immer wieder umgerührt werden, da ansonsten das Malzbier anbrennt und im Kochtopf anbackt. Während des Kochens entsteht eine Schaumkrone, welche mit einem Löffel abzuschöpfen ist.
Als nächstes werden zehn Gramm Agar pro 500ml hinzugefügt und dann nochmal kurz aufgekocht.
Im Anschluss wird es in Petrischalen gefüllt und steril mit Parafilm verschlossen. Schließlich müssen sie abkühlen und dann auf den Kopf gedreht werden so, dass das restliche Wasser runter in den Deckel tropft.

2.6. Welche Pilze für den Topf?

Der nächste Schritt ist Pilze zu sammeln. Für den ersten Versuch wurden Dickröhrlinge, wie zum Beispiel Steinpilze verwendet. Das Myzel wurde aus dem Internet bestellt. Doch die Ergebnisse waren nicht zufriedenstellend (mehr dazu unter ,,Pilzwachstum“). Also mussten andere Pilze verwendet werden.
Nach weiteren Forschungen wurde ein englisches Video gefunden, indem es um die Herstellung eines Kerzenhalters aus Myzel geht. Dort wurde unter anderem gesagt, dass das Myzel und das Produkt davon ähnliche Eigenschaften wie der Fruchtkörper des Pilzes haben.
Nun musste selbst in den Wald gegangen und nach Pilzen, die möglichst fest und stabil sind, gesucht werden. Da dies wichtige Eigenschaften für den Topf sind.
Wenn es um feste Pilze geht, sind die Baumpilze am auffälligsten.
Nachdem sie öfters im Wald gesehen wurden, war es notwendig mehr über sie in Erfahrungen zu bringen. Dies ergab, dass sie genau das sind, was gesucht wurde. Zusätzlich gibt es viele von ihnen und sie sind leicht zu finden (Wikipedia, 2021).
Sie wachsen meistens an Buchen, Birken und Totholz.
Baumpilze unterscheiden sich grob in zwei Gruppen: Braunfäule und Weißfäule.

Braunfäulepilze bauen ausschließlich Polysaccharide (Kohlenhydrate in denen eine große Anzahl Monosaccharide (Einfachzucker) über eine glycosidische Bindung verbunden sind) und Zellulose (der Hauptbestandteil pflanzlicher Zellwände) ab und zerstören somit die Faserstruktur im Holz. Etwa 80 Prozent des Holzes können auf diese Weise verwendet werden.

Weißfäulepilze zersetzen neben den Polysacchariden auch den Ligninanteil.
Unter optimalen Bedingungen können sie dadurch nahezu 100 Prozent des Holzes abbauen.

Baumpilze pflanzen sich durch den Fruchtkörper fort, denn diese sind die Sporenträger der Pilze. Am Ansatz des Holzes bildet es einen Myzelkern, welcher für mich bei der Extraktion von Myzel besonders wichtig ist.
Der Myzel-Aufbau des Fruchtkörpers kann sehr unterschiedlich sein. Das liegt an der unterschiedlich starken Hyphen-Verknüpfung, den Zellwandstrukturen und den unterschiedlichen Festigkeiten der Myzelschicht.

Dies ist besonders wichtig für den Topf, denn umso besser und stärker die Hyphen sich verbinden, umso stabiler wird der Topf.

Von den Baumpilzen sind mir besonders oft die Schmetterlingstramete begegnet.
Sie entsprechen allen Voraussetzungen und sind nicht giftig. Dies macht die Verarbeitung deutlich einfacher, als wenn sie es wären. Sie sind weltweit aufzufinden. Sie gehören zu den Weißfäulepilzen.
Sie wachsen das ganze Jahr über und treten meist in großen Zahlen auf. Schmetterlingstramete stehen vom Holz ab und werden 3-8 cm breit (Hifasdaterra, 2022), (Abenteuer am Wegesrand, 2022).

Abbildung 1: Schmetterlingstramete

2.7. Topfform

Jetzt wurde die Form gebraucht, in der das Myzel wachsen soll. Es muss eine Außenform und eine Negativform geben. Dadurch wächst das Myzel nur dahin, wo es auch gewünscht ist. Zudem bleiben dadurch auch die anderen Materialien an Ort und Stelle, während das Myzel noch wachsen muss. Die Größe des Innentopfes muss so sein das man einen Setzling einpflanzen kann.
Bei dem Prototyp habe wurde vorerst eine etwas kleinere Form verwendet.

Die Negativform muss ungefähr ein bis zwei cm kleiner sein wie die Außenform, damit der Topf stabil wird.
Dafür war die Verwendung von zwei Blumentöpfen die bestmögliche Lösung. Damit die Innenform sich nach Befüllung des Außentopfes nicht bewegt, wurde ein Gummiband verwendet.

2.8. Welche Symbionten?

Schließlich kam es jetzt zur Wahl der Symbionten.
Wichtig dabei ist, welche überhaupt eine Symbiose eingehen und mit welchen Bäumen.

Zuerst muss sich für den Baum entschieden werden, der unterstützt werden soll. Es gibt viele Baumarten, die diese Unterstützung gebrauchen könnten.
Entsprechend muss der passende Pilz gewählt werden.

Was ist Symbiose?
„Symbiose bedeutet das Zusammenleben von Individuen verschiedener Arten zum gegenseitigen Nutzen, beziehungsweise in gegenseitiger Abhängigkeit.
Symbiosen können zwischen verschiedenartigen Tieren, verschiedenartigen Pflanzen, Pflanzen und Tieren, Pflanzen und Bakterien auftreten“ (Pflanzenforschung, 2022).
Symbionten sind meistens die kleinere an einer Symbiose beteiligten Arten.
In unserem Fall sind es die Pilze.

2.8.1. Fichten

Die ersten Symbionten, nach denen geschaut wurde, waren die von Fichten. Denn besonders viele Fichten sterben im Moment vor allem auch an Dürren. Dies liegt daran, dass es eine flach wurzelnde Baumart ist. Dadurch leidet sie stärker als andere unter der vermehrten sommerlichen Trockenheit. Entsprechend profitiert sie auch um so mehr von der Symbiose.

,,Zudem galt die schnellwüchsige Fichte lange deutschlandweit als lukrativer „Brotbaum“ der Forstwirtschaft. Sie wurde sogar in Regionen angepflanzt, in denen sie von Natur aus nicht vorkam“ (Spektrum, 2022). Die Fichte ist die wichtigste forstliche Einkommensquelle.
Sie gehen vor allem eine Symbiose mit Steinpilzen, Fliegenpilzen und Butterpilzen ein.

2.8.2. Der Steinpilz

Der Steinpilz geht mit mehreren Bäumen eine Symbiose ein, dazu gehören Buchen, Eichen, Kiefern und auch Fichten.
Da sie mit vielen Bäumen eine Symbiose eingehen können, sind sie besonders interessant. Dadurch können sie vielfältig verwendet werden.

Die Steinpilze (Boletus) sind eine Gattung aus der Familie der Dickrohrlingsverwandten.
Ihr Fleisch ist fester als das der meisten anderen Pilze.
Die Gattung Boletus ist weltweit verbreitet. In Deutschland sind alle Arten der Gattung unter Naturschutz und dürfen nur in kleinen Mengen zum eigenen Bedarf gesammelt werden. Sie bilden mittelgroße bis große Fruchtkörper und ihr Stiel ist bis zu 20cm groß (Wikipedia, 2022).

2.8.3. Douglasien/nicht heimische Bäume

Es wurde auch nach Symbionten geschaut, die mit nicht heimischen Baumarten eine Symbiose eingehen. Denn es wäre eine besonders große Unterstützung für diese Bäume, wenn sie in Deutschland eingepflanzt werden sollen.

Da die Douglasie der in Deutschland am häufigsten angebaute nicht heimische Nadelbaum ist, wurde sich genauer mit ihnen beschäftigt.

Aufgrund ihrer vielen positiven Eigenschaften stellt sie eine interessante Alternative zur Fichte da.
Die Douglasie zeichnet sich durch eine besonders hohe Wuchsleistung aus, bis zu 50 Prozent höher als Fichten oder Tannen.
Zudem hat sie eine geringe Anfälligkeit gegen Krankheiten und Schädlinge jeglicher Art.
Douglasien werden in Europa 50-60 Meter hoch. In Nordamerika, ihrem natürlichem Standort, fast doppelt so hoch.
Des Weiteren haben sie geringe Standortsansprüche. Gerade auf ärmeren sandigen Böden kommt die Douglasie deutlich besser zurecht als Fichten.
Zudem kommt sie auch besser mit Trockenheit klar. Sie präferiert aber feuchtere Böden und Klimata (Die Forstpflanze, 2023).

Es gibt sogar Studien zu der positiven Wirkung von Mykorrhiza-Pilzen auf die Douglasie (DGFM EV, 2020).
Es wurde nachgewiesen, dass sie umso schneller wachsen, je mehr Pilzpartner sich an ihren Wurzeln befinden. Je mehr Pilzpartner die Wurzeln einer Douglasie ummanteln bzw. umso größer dieses Pilznetzwerk ist, desto breiter fallen die jährlichen Wachstumsringe aus.
Es wurde auch beobachtet, dass sie durch den intensiven unterirdischen Austausch besser gegen Trockenheit gewappnet zu sein schienen als Bäume mit kleineren Pilznetzwerken.
Für junge Bäume war dies schon längst bekannt, doch die Beobachtungen dieser Studie bezogen sich auf ältere Bäume.

Dadurch das die Douglasien in Europa nicht heimisch sind, kommen die meisten Pilzarten, mit denen sie eine Symbiose eingeht, in Europa nicht vor (Pilzforum, 2021).

Douglasien sind in Europäischen Wäldern Fremdkörper. Sie locken zwar ein paar Pilze an ihre Wurzeln an, aber die Verbindungen sind eher schwach ausgeprägt. Deswegen bilden die heimischen Pilzarten bei ihnen entweder gar keine oder nur sehr wenige Fruchtkörper.
Dies bemerkt man sofort, wenn man in Douglasien Wälder geht.

Doch manche Pilze wurden mit dem Nadelbaum eingeschleppt. Sie sind zwar eigentlich in Amerika heimisch, doch sie gehen auch hier eine Symbiose mit den Douglasien ein.
Dazu gehört auch der Douglasien-Röhrling.

2.8.4. Douglasien-Röhrling

Der Hut von ihm hat einen Durchmesser von 2-12cm.
Sie sind in Deutschland selten aufzufinden und wenn man sie findet, dann nur an Douglasien. Wie der Name bereits sagt, sind sie von der Gattung der Röhrlinge.
Wenn man sie mit den Douglasien pflanzen würde, wäre es eine große Hilfe für die Bäume, gerade weil es so wenige Douglasien-Röhrlinge bzw. Symbionten von ihnen in Deutschland gibt.

3. Versuche und Ergebnisse

3.1. Beimpfung der Nährböden

Zuerst wurde Steinpilzmyzel aus dem Internet bestellt. Es war nicht möglich sie selbst zu sammeln, da die Fruchtkörper zu dieser Jahreszeit noch nicht sichtbar sind.
Um Schimmel zu vermeiden ist es wichtig, das Beimpfen sehr steril durchzuführen. Deswegen wurden Handschuhe und eine FFP2 Maske angezogen und alle Utensilien desinfiziert. Doch nach einer Woche war das Myzel noch nicht gewachsen. Zudem war an einigen Platten Schimmel. Diese mussten weggeschmissen werden. Auch nach zwei Wochen war immer noch nichts gewachsen.
Also stimmte etwas mit dem Nährboden oder dem Myzel nicht, denn sie sollten nach zwei Wochen zu mindestens ein bisschen gewachsen sein.
Mittlerweile waren auch schon ein paar Steinpilze im Wald zu finden.
Nach dem Erstellen von neuen Agar-Platten wurden Pilze gesammelt.
Zu einem Röhrlinge und zum anderen harte Baumpilze, wie Schmetterlingstramete. Jetzt musste beim Beimpfen ein wenig anders vorgegangen werden:

- Es waren ganze Pilze und nicht nur das Myzel.
- Die Pilze hatten Kontakt mit dem Waldboden und somit viele Verunreinigungen und Bakterien an sich. Diese durften natürlich nicht mit auf die Nährböden.
- Da es bei den vorherigen Versuchen zu viele Platten mit Schimmel gab, musste noch steriler gearbeitet werden.

Demzufolge wurden wieder Handschuhe und eine FFP2 Maske angezogen. Doch dieses Mal wurde der Versuch in einer Sterilbank durchgeführt, eine Brille getragen und alles akribisch gereinigt. Die Pinzette und das Skalpell zum Extrahieren des Myzels mussten zur Sterilisierung über eine Flamme gehalten werden.
Aufgrund des Kontakts mit dem Waldboden, wurden die Pilze halbiert und das Myzel aus der Mitte extrahiert.
Am Ende waren 14 Platten beimpft. Fünf mit Steinpilz und Neun mit Schmetterlingstrameten.
Schließlich wurden sie wieder mit dem Parafilm verschlossen. Gelagert wurden sie bei Raumtemperatur im Dunkeln.

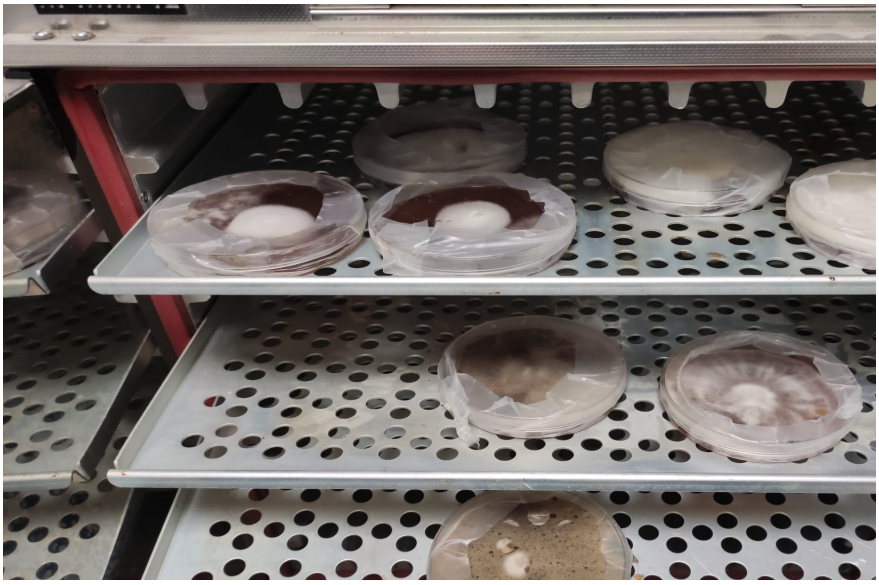


Abbildung 2: Agarplatten

3.2. Pilzwachstum

Nach einer Woche waren die Platten mit Baumpilzen bereits stark gewachsen.
Bei den Steinpilzen zeigten sich noch keine Ergebnisse. Es wurde nun klar, dass es nicht am Nährboden, sondern den Steinpilzen lag. Trotzdem behielt ich ein paar Steinpilzplatten. Dies zeigte auch noch mal das die Baumpilze eindeutig schneller wachsen und somit besser für den Topf geeignet sind.
Nach zwei Wochen hatte sich das Myzel der Baumpilze auf der ganzen Platte ausgebreitet. Überraschenderweise waren einige Steinpilze auch gewachsen. Also wuchs das Steinpilzmyzel, wenn auch eindeutig langsamer.
Wie wachsen Pilze überhaupt?
Der größte lebende Organismus der Erde ist ein Pilz. Es wird von Experten vermutet, dass es bis zu fünf Millionen Pilzarten gibt. Die Mehrheit davon sind Hyphenpilze. Sie werden so sogenannt, da die Hyphen, wie bereits erwähnt, im Boden weitläufige Geflechte bilden.
Was wir immer als Pilze sehen, sind nur die Fruchtkörper der Pilze.
Das Wachstum findet ausschließlich in den Spitzen statt. Die Hyphen können sich Kilometer weit ausbreiten. Dies funktioniert dadurch, dass die Baumaterialien auf Schienen durch die Pilzzellen transportiert und an deren äußeren Spitzen verbaut werden. Anders als bei Wachstumsprozessen mittels Zellteilung, wächst die Hyphe durch die Ausdehnung der Spitzen.
Bei einem Durchmesser von drei Mikrometern können Hyphen mehr als einen Mikrometer pro Minute wachsen. Deswegen sind sie auch so wichtig für andere Pflanzen. Sie spielen eine große Rolle bei der Nährstoffaufnahme von Pflanzen. Für jeden Meter Pflanzenwurzel gibt es einen Kilometer symbiotischer Pilzhyphen, die die Pflanzen mit Nährstoffen versorgen.
Das Myzel wächst nicht kontinuierlich, sondern in kurzen Schüben. Die Wachstumsschübe werden durch die Calciumkonzentrationen am Hyphenende gesteuert. Ist die Konzentration gering startet die Transportphase (KIT, 2017).

3.3. Umpflanzen in Reis

Nun mussten die Myzelien in Reis umgepflanzt werden. Natürlich musste alles wieder steril passieren. Nach dem Kochen des Reises musste er in ein Becherglas umgefüllt und mit Alufolie abgedeckt werden. Bevor der Reis beimpft werden konnte, musste er abkühlen. Eine zu hohe Hitze schadet dem Myzel. Nach Sterilisierung von jeglichen Utensilien war alles bereit. Die Umpflanzung wurde erneut in der Sterilbank durchgeführt.
Mit einer Pinzette und einem Skalpell, musste das Myzel vorsichtig von dem Agar-Boden getrennt werden.
Es klebte bereits an ihm und ließ sich nur schwer lösen. Schließlich wurden mehrere Stellen des Reises beimpft. Dann musste das Becherglas wieder mit Alufolie verschlossen werden.

Nach einer Woche hatte sich das Myzel bereits im Reis ausgebreitet und netzartig verbunden. Glücklicherweise war kein Schimmel entstanden.

Weshalb Reis?

Reis enthält wichtige Nährstoffe für das Myzel, wie zum Beispiel Kalium. Es enthält auch Vitamine, Mineralien und Ballaststoffe. Zudem wird der Reis als eine der vier Materialien des Topfes gebraucht. In Folge dessen ist es praktisch das Myzel im Reis wachsen zulassen, da es dort schnell wächst und der beimpfte Reis direkt in den Topf gemischt werden kann.

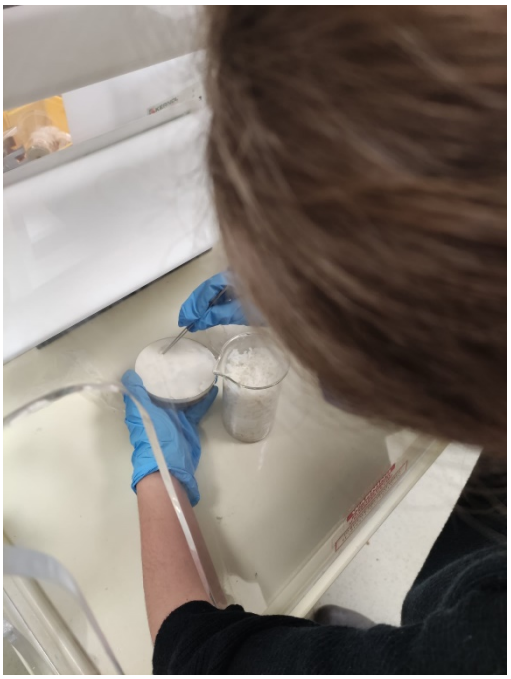


Abbildung 3: Reis Beimpfung

3.4. Umpflanzung in die Topfmaterialien

Es gibt vier Materialien, aus denen der Topf ist.

Das erste Material ist Stroh. Es ist besonders gut für den Topf, da es eine eigene Struktur hat. Das Myzel kann zudem gut um das Stroh herum wachsen. Je mehr unterschiedliche Strukturen im Topf sind, desto besser verzweigen sie sich.
Das Stroh ist länglich und faserig, also perfekt, um den Topf stabiler zu machen.
Dadurch entsteht ein eigenes Netz, schon bevor das Myzel wächst.
Der Topf soll stabil sein, deswegen ist es wichtig Materialien zu verwenden, welche von allein ineinander verzweigt sind.

Das zweite Material ist Sägespäne. Diese machen den Topf elastischer und geben ihm Volumen. Das Myzel kann gut um die Späne wachsen und sie somit zusammenhalten.
Zudem ernährt sich das Myzel von Holz, da es das Myzel von Baumpilzen ist und diese sind Xylobionten.
Ich habe im Wald Eichenholz gesammelt und die Späne dann selbst gehobelt.
So konnte ich sichergehen, dass kein Fichtenholz dabei ist, da kein Harz vorhanden sein darf.

Das dritte Material ist der Reis. Wie bereits erwähnt ist er wichtig als Nährstoff für den Pilz. Doch er ist nicht nur dafür wichtig. Wird der Reis verteilt, wächst das Myzel zu diesem hin.
Es möchte den Reis essen, also wächst es schneller und breitet sich im Topf aus. Dadurch kann sichergestellt werden, dass der ganze Topf mit Myzel durchwachsen ist.

Das vierte Material ist natürlich das Myzel. Dieses hat sich mittlerweile im Reis ausgebreitet. Also wird es samt dem Reis in die anderen Materialien gemischt und wächst dann durch sie hindurch.

Auch bei der Vermischung der Materialien muss alles steril sein. Da Stroh und Späne schlecht mit Wasser gekocht werden können, müssen sie anders sterilisiert werden. Die bestmögliche Option ist ein Wasserdampfkocher bzw. Schnellkochtopf.
Die Materialien kommen in ein Becherglas. Dieses wird mit Alufolie bedeckt und in den Wasserdampfkocher gestellt. Dann wird um das Becherglas etwas Wasser gefüllt. Schließlich wird es gekocht. Wenn es fertig ist, muss zuerst der Druck durch ein Ventil abgelassen werden. Zuvor sollte es nicht geöffnet werden. Anschließend muss es abkühlen. Nun wird das Glas, welches mit Reis und Myzel gefüllt ist, in den Sterilkasten gestellt und alle Utensilien mit Desinfektionsmittel gereinigt. Dann werden die Stellen im Reis, die am stärksten mit Myzel bewachsen sind, in die Materialien gegeben. Doch es sollte nicht der ganze Reis hinzugefügt werden, da die Gesamtmasse ansonsten zu matschig wird und verklumpt.
Schließlich muss alles vermischt und dann mit Alufolie gut verschlossen werden.

3.5. Umpflanzen in die Topfform

Nun wurden die Materialien in die Topfform geben. Dieses Mal konnte es nicht im Steril Kasten durchgeführt werden, da es nicht genug Platz dort drin gibt.
Trotzdem wurde wie immer alles vorher gereinigt, sowie Handschuhe, eine Brille und eine FFP2 Maske getragen. Auch der Topf musste desinfiziert werden. Doch bevor die Materialien mit dem Myzel dort eingefüllt wurden, musste sich das Desinfektionsmittel verflüchtigen, damit es das Myzel nicht abtötet.

Da die Negativform auf dem Boden aufliegt, würde sie zu stark auf das Myzel drücken. Deswegen wurde ein kleiner Stock, als Abstandshalter, zwischen den Formen verwendet.

Jetzt ging es an das Umfüllen. Zuerst mussten die mit Myzel durchwachsenen Materialien vermischt werden. Dann wurden die Stellen entnommen, die besonders viel Myzel enthielten und auf den Boden der Form gelegt.
Möglichst viel Späne kam auf den Boden, da das Stroh und der Reis für die Ränder praktischer sind. Zudem wächst das Myzel dann schneller zu den Rändern, um zum Reis zu kommen.
Der Boden ist ungefähr zwei cm hoch. Schließlich wurde der Stock in die Mitte des Bodens platziert. Danach musste etwas Reis an die Topfwände geklebt werden. Dadurch das der Reis klebrig ist hielt er gut an den Rändern. Dann wurde die Negativform vorsichtig eingesetzt.
Das Problem war, das die Ränder noch nicht ganz ausgefüllt waren. Da die Lücke am Rand zwischen Außen- und Innenform nur wenige cm groß ist, war es schwer sie

zu befüllen. Was aber gut funktionierte, war das Stroh in die Ränder zulegen und dann ein bisschen Späne hinzuzugeben. Dies wurde mehrere Male wiederholt, bis der Rand ausgefüllt war.

Zudem musste darauf geachtet werden, das Myzel überall in der Form zu verteilen.
Da der Stock verhindert, dass die Negativform den Boden zu sehr belastet, konnte um die Formen ein Gummiband platziert werden. Dadurch verrutschte die Negativform nicht. Dann wurde es mit Alufolie bedeckt und bei Raumtemperatur wachsen gelassen.

Die restlichen Materialien, die noch im Becherglas waren, mussten auch wieder mit Alufolie bedeckt werden, um das übrige Myzel darin nochmal wachsen zulassen.

3.6. Andere Töpfe

Während der erste Topf wuchs, wurde versucht weitere Töpfe herzustellen.
Diese sollten nur aus Reis und Myzel bestehen. Denn diese Version wäre etwas leichter herzustellen wie die Erste.
Zudem wurden auch andere Formen versucht, um auszuprobieren, ob diese auch funktionieren. Also musste wieder Reis gekocht und gewartet werden, bis dieser abkühlt. Während dessen wurden mehrere Bechergläser und Schüsseln vorbereitet. Jeweils eine groß und eine kleinere. Die Kleinere sollte wieder die Negativform sein.
Es wurde wieder alles desinfizierte und Handschuhe, Brille und eine FFP2 Maske angezogen.
Jetzt wurden die großen Formen befüllt und mit Alufolie verschlossen.
Aufgrund von Platzmangel, konnte dies nicht im Sterilkasten durchgeführt werden. Der nächste Schritt, wurde wieder in diesem durchgeführt.
Es wurden einige der übrigen Baumpilzplatten genommen und die mit Reis gefüllten Formen nacheinander beimpft.
Dann mussten die Negativformen vorsichtig eingesetzt, mit Alufolie verschlossen und mit Hilfe eines Gummibandes befestigt werden.
Dann wurden sie wachsen gelassen.
Schließlich wurde nach der ersten Topf-Version geschaut, die bereits eine Woche gewachsen war.

3.7. Ergebnis des Topfes

Damit der Topf beim Entfernen der Negativform nicht aus Versehen beschädigt wird, wurde er langsam und vorsichtig entnommen. Doch es gab keine Widerstände oder Probleme beim Rausnehmen.

Der Topf war bereits nach einer Woche mit Myzel durchwuchert. Auch die Ränder vielen nicht ein oder zerbröselten. Der Topf wurde aber noch nicht entnommen, da das Myzel noch über die Ferien wachsen sollte.

Abbildung 4: Versuchsergebnis "Topf"

Nach drei Wochen war der Topf bereits komplett durchwachsen und ziemlich stabil. Jetzt musste er nur noch in den Ofen, um die Pilze abzutöten.

Abbildung 5: Ergebnis nach dem Ofen

Die anderen Töpfe, welche nur aus Reis bestanden, waren alle komplett mit Schimmel befallen.

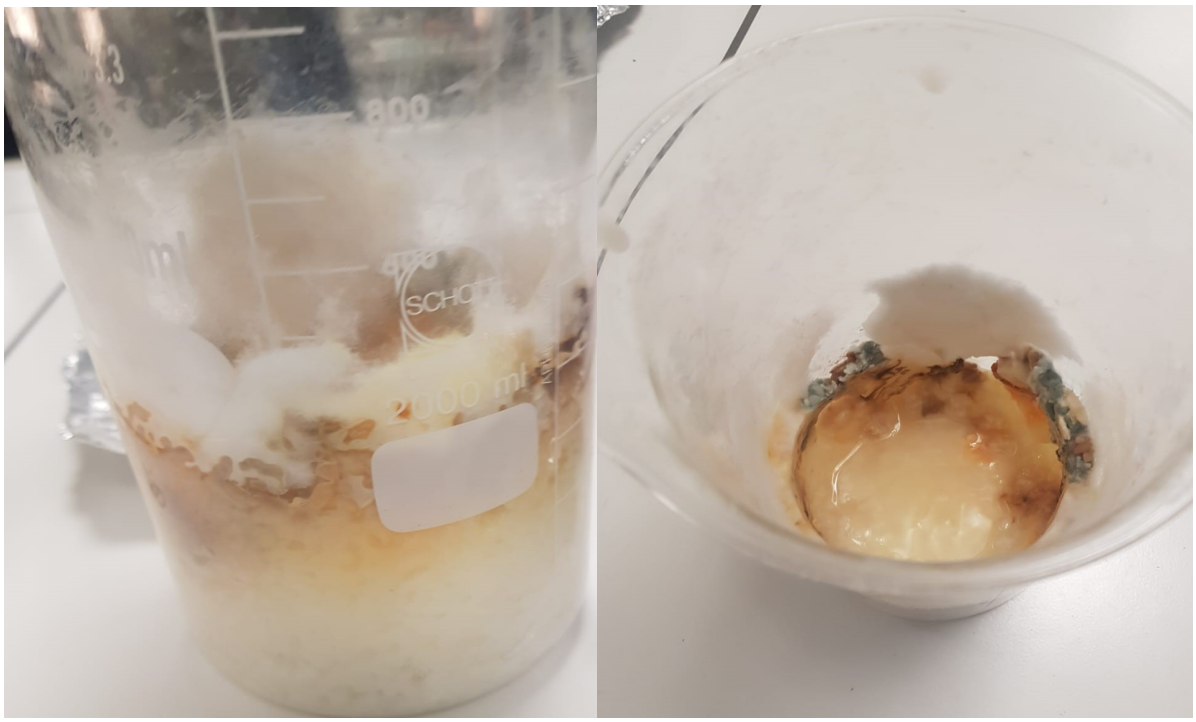


Abbildung 6: Fehlversuch

Daher konnte nur die erste Version des Topfes verwendet werden.

4. Symbionten

Die Entscheidung fiel vorerst auf die Kombination von Steinpilzen und Fichten.
Während der Zeit, in der die Töpfe erstellt wurden, sind die Steinpilze weiter gewachsen. Sie haben sich bereits auf einem Teil der Platte ausgebreitet.
Jetzt müssen sie aus den Agar-Platten entnommen werden, um damit dann die Innenseite des Topfes zu beimpfen. Wegen dem Malzbieragar hält der Steinpilz auch besser am Topf.
Dann wird in den Topf Erde gegeben und der Setzling eingesetzt.
Schließlich kann man den Topf pflanzen und die Wurzeln des Setzlings verbinden sich mit den Symbionten.

5. Zusammenfassung

1. Durch den biologisch abbaubaren Topf ist es möglich die Symbionten zusammen mit dem Setzling zu pflanzen. Zudem kann damit das sonst verwendeten Plastik für den Topf eingespart werden.
2. Die Symbionten unterstützen die Bäume bei der Nährstoff und Wasser Aufnahme. Dadurch sind sie resistenter gegen Umweltkatastrophen, wie Dürren und wachsen schneller.
3. Sie erschweren es Schädlingen in die Wurzeln einzudringen. Dadurch schützen sie den Baum vor Angriffen, welche im Moment besonders viele Bäume belasten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Symbiose-Pflanztopf eine umweltfreundliche, nachhaltige und effiziente Möglichkeit ist, heimischen so wie nicht heimischen Pflanzen zu helfen und sie resistenter gegen die negativen Folgen des Klimawandels zu machen.

6. Literaturverzeichnis

Abenteuer am Wegesrand. (1. 1 2022). Von https://www.abenteuer-am-wegesrand.at/vitalpilz-schmetterlingstramete/ abgerufen

Academy, F. (Regisseur). (2022). *DIY: How to make a flower pot from mushroom Mycelium* [Kinofilm].

Chaudhary, V. B. (2017). Mycorrhizal symbiosis.

Chaudhary, V. B. (2017). Mycorrhizal symbiosis in plant defense against pathogens. *Microorganisms*, S. 33.

DGFM EV. (1. 1 2020). Von https://www.dgfm-ev.de/news/klimawandel-vitalere-baeume-durch-mykorrhiza-pilze abgerufen

Die Forstpflanze. (1. 1 2023). Von https://www.die-forstpflanze.de/douglasie-pseudotsuga-menziesii/?gclid=EAIaIQobChMI-JGykvzC_AIVQoKDBx0ogg_cEAAYASAAEgItHfD_BwE abgerufen

Die Forstpflanze. (1. 1 2023). Von https://www.die-forstpflanze.de/douglasie-pseudotsuga-menziesii/?gclid=EAIaIQobChMI-JGykvzC_AIVQoKDBx0ogg_cEAAYASAAEgItHfD_BwE abgerufen

Hifasdaterra. (01. 01 2022). Von https://hifasdaterra.de/blog/pilze/schmetterlingstramete/ abgerufen

Hifasdaterra. (01. 01 2022). Von https://hifasdaterra.de/blog/pilze/schmetterlingstramete/ abgerufen

KIT. (2017). Von https://www.kit.edu/kit/pi_2017_068_wachstumsmechanismus-der-pilze-entschluesselt.php abgerufen

Pflanzenforschung. (1. 1 2022). Von https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/lexikon-a-z/symbiose-739 abgerufen

Pilzforum. (6. 6 2021). Von https://www.pilzforum.eu/board/thread/54507-douglasien-und-ihre-pilzpartner/ abgerufen

Smith, S. E. (2008). Mycorrhizal symbiosis. *Academic Press*.

Smith, S. E. (2008). Mycorrhizal symbiosis. *Academic Press*.

Smith, S. E. (2008). *Mycorrhizal symbiosis.* Academic Press.

Spektrum. (17. 7 2022). Von https://www.spektrum.de/news/fichtensterben-in-deutschland-der-brotbaum-verdurstet/2039422 abgerufen

Spiegel.de. (01. 12 2022). Von https://www.spiegel.de/wissenschaft/nur-jeder-dritte-baum-ist-noch-gesund-a-eb7506c8-df42-4886-89ea-56d7d3c8b07e abgerufen

Wang, Y. &. (2018). Mycorrhizal symbiosis in plants under drought stress. *Plant signaling & behavior*, S. 13.

Wikipedia. (25. 09 2021). Von https://de.wikipedia.org/wiki/Baumpilz abgerufen

Wikipedia. (27. 11 2022). Von https://de.wikipedia.org/wiki/Steinpilze abgerufen