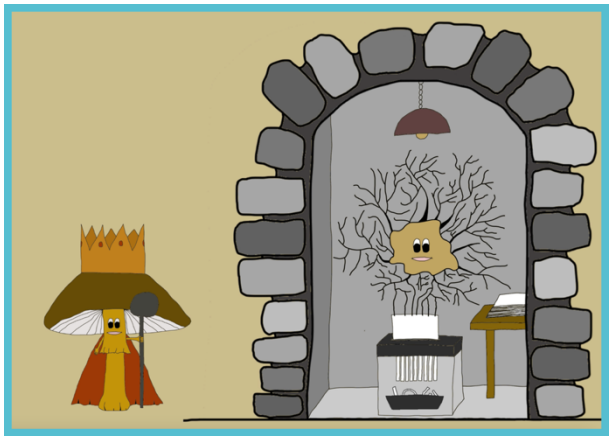
Einseitig

WWW.KNIFFELIX.DE

BEGLEITMATERIAL ZUR EXPERIMENTIERWEBSITE WWW.KNIFFELIX.DE ZUM THEMA

Das unterschätze Reich: Der Pilz und sein Myzel



FÖRDERER

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat

Förderkennzeichen 281A813B21

KOOPERIERENDES FORSCHUNGSINSTITUT

TECHNISCHE BIOKATALYSE TUHH

www.technical-biocatalysis.com

Infinite Roots®

www.infiniteroots.com

ZIELGRUPPE

Alter ab 12-99+

Einzelinteressierte
Schulklassen
StudentInnen
Kooperierende

TUHH
Technische Universität Hamburg

www.kniffelix.de ist die kostenlose Mitmach-Experimentierwebsite, erstellt von der Nachwuchsinitiative KinderForscher an der TUHH. Ziel der Initiative ist Wissenschaft, Technik und Forschung allgemeinverständlich für jeden zugänglich zu machen: Vom Alltag, über das Experimentieren zur Forschung und Berufsorientierung.

Kniffelix.de ist ausgezeichnet mit dem
Seitenstark Gütesiegel für empfehlenswerte digitale Kindermedien.

Dieses Material von KinderForscher an der TUHH
steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung
– nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0,
siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Autoren:
Frida Meyer-Mandik[1], Gesine Liese[1]
Hamburg 2025

KinderForscher an der TUHH
Am Irrgarten 3-9, Gebäude Q, 21073 Hamburg
Tel. (040) 428784082
gesine.liese@kinderforscher.de
julia.husung@kinderforscher.de
www.kinderforscher.de

Eine Arbeitsgruppe von
Prof. Dr. Andreas Liese
[1]Institut für Technische Biokatalyse
Denickestr. 15, Gebäude K, 21073 Hamburg
Tel. (040) 428783218
liese@tuhh.de
www.technical-biocatalysis.com

Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung vom
Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) Förderzeichen 281A813B21

Inhaltsverzeichnis der Begleitunterlagen

Seite

Wissensbox I: Evolution und Systematik der Pilze 4

- Was ist biologische Systematik?
- Was unterscheidet Tiere, Pflanzen und Pilze?
- Blick in die Zelle
- Sonstige Unterschiede

Wissensbox II: Die Vielfalt der Pilze.....7

- Wie kann man die Pilze ordnen?
- Welche Pilzarten gibt es?
- Wodurch wird ein Pilz zum Feind?

Wissensbox III: Lebenszyklus.....10

- Was ist ein Pilz?
- Wie wächst ein Pilz?
- Wie paaren sich Pilze?
- Wann bildet sich ein Fruchtkörper?

Wissensbox IV: Ernährung der Pilze und deren Nutzen.....13

- Wie ernähren sich Pilze?
- Wie nehmen Pilze Nährstoffe auf?
- Wie nutzt der Mensch die Zersetzungsfunktion der Pilze?

Experiment: Pilzzucht.....16

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21

Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Wissensbox I: Evolution und Systematik der Pilze

Pilze gibt es in vielen Farben und Formen – sie wachsen im Wasser oder an Land, können nützlich oder schädlich sein. Doch hast du dich schon einmal gefragt, was Pilze eigentlich sind? Lange Zeit wurden sie zu den Pflanzen gezählt, doch heute weiß man: Sie bilden ihr ganz eigenes Reich. Aber was bedeutet das genau? Und wie unterscheiden sie sich von Pflanzen und Tieren?

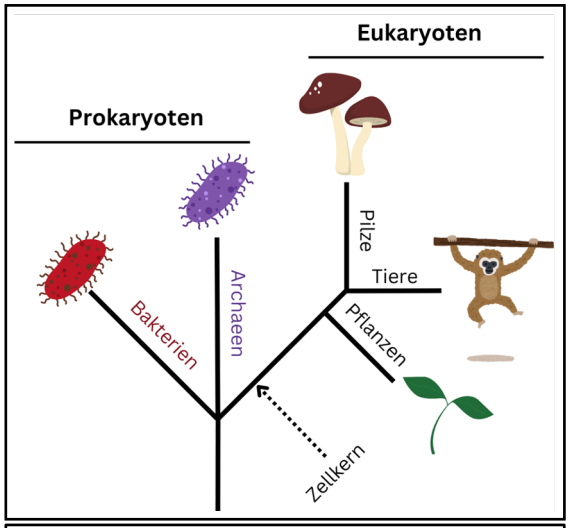


Bild 1: Vereinfachter Stammbaum des Lebens. An den Abzweigungen sieht man, wie sich aus gemeinsamen Vorfahren verschiedene Gruppen von Lebewesen entwickelt haben.

Was ist biologische Systematik?

Auf der Welt gibt es Millionen verschiedener Arten, sodass es schwer sein kann, den Überblick zu behalten. Stell dir vor, all diese Arten wären Produkte im Supermarkt, aber alles wäre zufällig in die Regale geräumt. Damit man die Lebensmittel leichter findet, werden sie in Kategorien wie Obst, Gemüse oder Milchprodukte einsortiert. Genauso funktioniert die biologische Systematik: Lebewesen werden basierend auf ihren Gemeinsamkeiten in Gruppen eingeteilt (Bild 1). Ganz am Anfang unterscheidet man zwischen Lebewesen mit Zellkern (Eukaryoten) und solchen ohne (Prokaryoten). Die Eukaryoten werden weiter in die Lebensarten Pflanzen, Tiere und Pilze unterteilt. Bis ins späte 20. Jahrhundert dachte man, dass Pilze zu den Pflanzen gehören. Heute weiß man, dass sie eine eigene Gruppe bilden und sogar enger mit Tieren verwandt sind als mit Pflanzen.

Was unterscheidet Tiere, Pflanzen und Pilze?

Die meisten Tiere kann man schon auf den ersten Blick von Pflanzen oder Pilzen unterscheiden, weil sie sich bewegen können. Aber wie kann es sein, dass die Pilze, die Pflanzen so ähnlichsehen, tatsächlich enger mit Tieren verwandt sind? Um das zu verstehen, muss man sich die Zellen genauer anschauen.

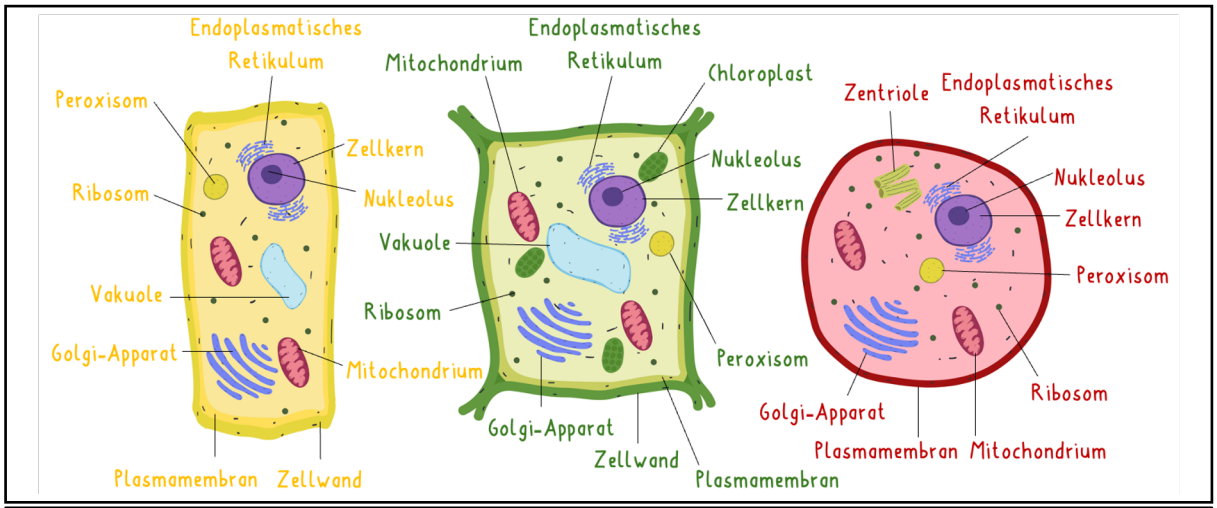


Bild 2: Zeichnung der Zellen von Pilzen (gelb), Pflanzen (grün) und Tieren (rot) mit ihren wichtigsten Bestandteilen.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21

Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Blick in die Zelle

Alle Lebewesen setzen sich aus Zellen zusammen, die von einer schützenden Membran umgeben sind. In diesen befinden sich Ribosomen, die die Aminosäuren zu Proteinketten verknüpfen (Bild 2). Eukaryoten- also Tiere, Pflanzen und Pilze – besitzen zusätzlich einen Zellkern, in dem sich ihr Erbgut, die DNA befindet. Schaut man sich die Zellstrukturen von Tieren, Pflanzen und Pilzen genauer an, erkennt man viele Gemeinsamkeiten: Sie haben Mitochondrien für die Energiegewinnung, ein endoplasmatisches Retikulum (ER), in denen eine Vielzahl der Proteine hergestellt werden, einen Golgi-Apparat, der für die Modifikation, Sortierung und den Transport der Proteine zuständig ist und Peroxisomen zum Abbau schädlicher Stoffe. Doch es gibt auch entscheidende Unterschiede. **Pflanzenzellen** haben eine Zellwand aus Cellulose, die ihnen Stabilität verleiht. Zudem besitzen sie Chloroplasten, mit denen sie Sonnenlicht zur Energiegewinnung nutzen, sowie eine große Vakuole als Flüssigkeitsspeicher. **Tierische Zellen** hingegen haben weder Zellwand, noch Chloroplasten oder eine Vakuole, dafür jedoch Zentriolen, die bei der Zellteilung eine Rolle spielen. **Pilzzellen** sind in gewisser Weise eine Mischung aus beiden: Sie haben eine Zellwand und eine Vakuole wie Pflanzenzellen, doch ihre Zellwand besteht nicht aus Cellulose, sondern Chitin – einem Stoff, der auch in Schalen von Insekten vorkommt (Bild 3A). Außerdem fehlen ihnen Chloroplasten, weshalb sie, anders als Pflanzen, keine Energie aus Sonnenlicht gewinnen.

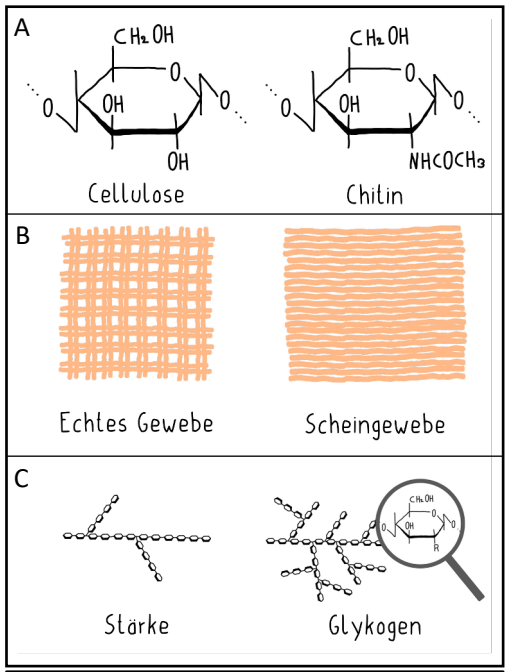


Bild 3: Wichtige Merkmale zum Vergleichen von Pflanzen, Tieren und Pilzen: A. Bestandteile der Zellwand, B. Gewebeformen, C. Speicherform von Zucker.

Tabelle 1: Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Tier, Pflanze und Pilz.

	Thema	Pilz	Pflanze	Tier
Zellunterschiede	Zellwand	Chitin	Cellulose	Nicht vorhanden
	Vakuole	Vorhanden	Vorhanden	Nicht vorhanden
	Chloroplasten	Nicht vorhanden	Vorhanden	Nicht vorhanden
Unterschiede ganzeinheitlicher Organismus	Gewebe	Scheingewebe	Echtes Gewebe	Echtes Gewebe
	Ernährung	Zersetzend	Fotosynthese	Zersetzend
	Zuckerspeicher	Glykogen	Stärke	Glykogen
	Fortbewegung	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Vorhanden

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21
Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Sonstige Unterschiede

Auch über die Zellstrukturen hinaus gibt es große Unterschiede zwischen Pflanzen, Tieren und Pilzen. Während **Pflanzen** und **Tiere** ein echtes Gewebe besitzen, in dem Zellen miteinander verbunden sind, bestehen **Pilze** aus Zellfäden, die nur lose nebeneinander liegen, einem sogenannten Scheingewebe (Bild 3B). Auch die Art der Nahrungsaufnahme unterscheidet sich: **Pflanzen** können durch Photosynthese selbst Zucker produzieren und als Stärke speichern. **Tiere** und **Pilze** müssen hingegen Zucker aus der Umwelt aufnehmen, speichern diese aber in Form von Glykogen, welches verzweigter ist als die Stärke (Bild 3C). Ein weiterer wesentlicher Unterschied zeigt sich bei der Verdauung. **Tiere** nehmen Nahrung durch den Mund auf und zersetzen sie im Körper mithilfe von Enzymen. **Pilze** hingegen scheiden ihre Enzyme nach außen aus, wodurch ihre Nahrung bereits außerhalb des Körpers zersetzt wird, bevor die Nährstoffe aufgenommen werden. Eine Gesamtübersicht der Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Tier, Pflanze und Pilz bietet Tabelle 1.

Dass Pilze enger mit Tieren als mit Pflanzen verwandt sind, konnte nicht nur anhand dieser Merkmale festgestellt werden, sondern wurde auch durch DNA-Analysen bestätigt. Vergleicht man das Erbgut von Pilzen mit Pflanzen und Tieren, zeigt sich, dass Pilze tatsächlich genetisch eher Tieren ähneln. Diese Erkenntnisse führen dazu, dass **Pilze heute als eigene Gruppe innerhalb der Lebewesen betrachtet und nicht mehr zu den Pflanzen gezählt werden**.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21
Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Wissensbox II: Die Vielfalt der Pilze

Das Reich der Pilze ist mit schätzungsweise 3,8 Millionen Arten mehr als sechsmal so groß wie das Reich der Pflanzen. Doch wie kann man all diese Arten voneinander unterscheiden?

Wie kann man die Pilze ordnen?

Früher wurden Pilze durch Sehen, Riechen und Fühlen bestimmt. Man achtete auf makroskopische Merkmale wie Farbe, Form und Geruch. Es wurde angenommen, dass Arten die sich ähnlichsehen auch nah verwandt sind. Mit der Zeit entwickelten sich neue Methoden zur Pilzbestimmung. Mikroskopie half dabei, feinere Details zu erkennen, die mit bloßem Auge nicht sichtbar sind. So konnten noch mehr Arten entdeckt und anhand ihrer äußeren Merkmale unterschieden werden. Die größte Veränderung in der Pilzforschung brachte die DNA-Analyse. Mit ihr können Forschende das Erbgut der Pilze untersuchen und so herausfinden, wie eng verschiedene Arten wirklich miteinander verwandt sind. Dabei kam Überraschendes ans Licht: Manche Pilze, die sich äußerlich zum Verwechseln ähnlichsehen, haben genetisch gesehen gar nicht so viel miteinander zu tun, wie man früher dachte. Trotz dieser Fortschritte ist es jedoch immer noch schwierig, Pilze genau nach ihrer Verwandtschaft zu ordnen, vor allem, weil viele Arten bis heute noch unentdeckt sind. Dadurch gibt es große Wissenslücken, wie sich Pilze im Laufe der Evolution entwickelt haben. Bei der Klassifizierung von Pilzen orientiert man sich deshalb häufig weiterhin an Formklassen – also an äußeren Merkmalen wie Aussehen und Form. Das ist vor allem praktisch, wenn man Pilze im Wald sammeln möchte, denn dabei zählt weniger die genetische Verwandtschaft als vielmehr die Frage: Essbar oder giftig?

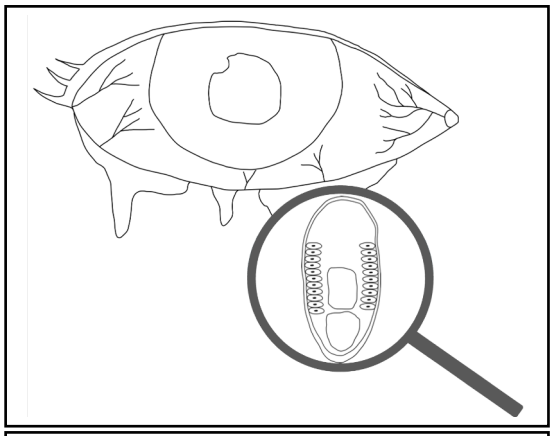


Bild 4: Mikrosporidien können Augenkrankheiten beim Menschen auslösen.

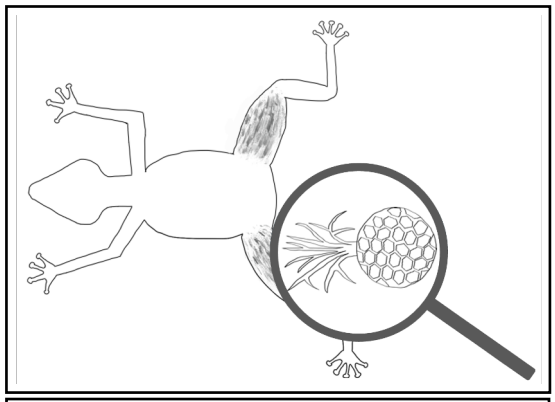


Bild 5: Der Pilz Chytrid befällt die Haut von Amphibien und führt vielfach zu tödlichen Infektionen, die ganze Arten in Australien und Südamerika aussterben lassen.

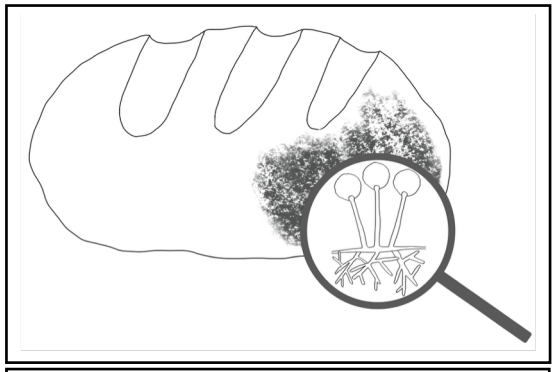


Bild 6: Der Brotschimmelpilz ist ein Pilz aus der Gruppe der Jochpilze.

Welche Pilzarten gibt es?

Basierend auf DNA-Analysen lassen sich sechs Gruppen unterscheiden.

1. **Mikrosporidien** (Bild 4): Das sind die kleinsten Pilze – und sogar die kleinsten bekannten Lebewesen mit Zellkern! Sie bestehen aus nur einer Zelle und leben als Parasiten in Tieren, manchmal auch im Menschen. Bei gesunden Menschen verursachen sie höchstens leichten

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21
Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Durchfall oder Augeninfektionen. Für Menschen mit geschwächtem Immunsystem, wie HIV-Patienten, können sie aber gefährliche Auswirkungen haben.

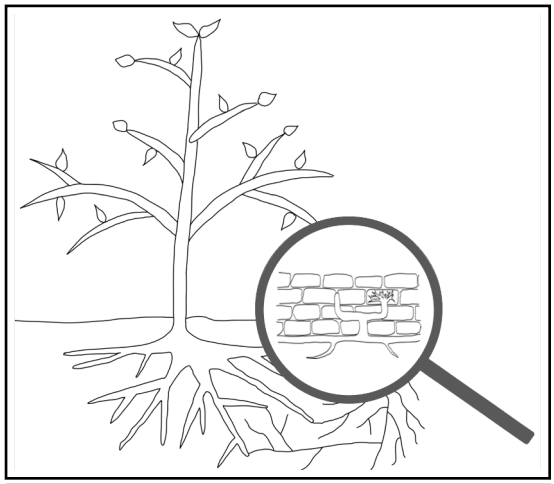


Bild 7: Ein arbuskulärer Mykorrhizapilz wächst in die Wurzeln der Pflanze bis in die Zellen und hilft ihr dabei, Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen.

2. **Töpfchenpilze** (Bild 5): Diese Pilze leben meist im Wasser. Sie sind oft einzellig und parasitisch. Ihre Sporen haben kleine Geißeln, also fadenförmige Fortsätze, mit denen sie sich im Wasser fortbewegen können. Forschende vermuten, dass alle Pilze ursprünglich solche Geißeln besaßen, da sie sich aus den wasserlebenden Vorfahren entwickelt haben. Mit der Besiedelung des Landes wurden diese jedoch überflüssig und gingen im Laufe der Evolution bei den meisten Pilzgruppen verloren. Ein schwerwiegendes Beispiel für eine Wirkung von Töpfchenpilzen ist das Massensterben von Amphibien in Australien und Südamerika – die Tiere dort wurden von einem Töpfchenpilz befallen.
3. **Jochpilze** (Bild 6): Sie leben fast ausschließlich an Land und können ein Geflecht aus fadenförmigen Zellen, das sogenannte Myzel bilden. Anders als bei anderen Pilzgruppen sind diese Fäden nicht durch Zellwände getrennt. Viele Schimmelpilze, wie zum Beispiel der Brotschimmel, gehören zu dieser Gruppe.
4. **Arbuskuläre Mykorrhizapilze** (Bild 7): Mykorrhizapilze leben in enger Gemeinschaft mit Pflanzen: Sie liefern Wasser und Nährstoffe aus dem Boden und erhalten dafür Zucker von der Pflanze. Die arbuskulären Mykorrhizapilze – die größte Gruppe dieser Symbiose-Pilze – gehen besonders enge Verbindungen ein. Ihre feinen Pilzfäden dringen direkt in die Wurzeln der Pflanzen ein, um sie noch besser zu versorgen. Da sie unterirdisch wachsen und keine sichtbaren Fruchtkörper bilden, bleiben sie für uns unsichtbar.

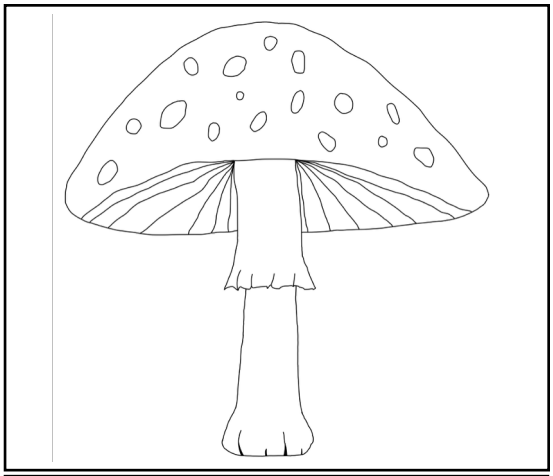


Bild 8: Der sichtbare Fruchtkörper eines Ständerpilzes.

5. **Ständerpilze** (Bild 8): Diese Pilze sind besonders bekannt, da sie die typischen Fruchtkörper im Wald bilden – von Hutpilzen über kugelförmige Boviste bis hin zu Baumschwämmen. Viele Ständerpilze leben in *Mykorrhiza*-Symbiose mit Bäumen. Andere Arten befallen Pflanzen als Parasiten, zersetzen abgestorbenes Holz oder wachsen sogar auf anderen Pilzen. Auch einige Hefepilze zählen zu den Ständerpilzen, spielen im Alltag jedoch eine weniger offensichtliche Rolle, als die Hefepilze der folgenden Gruppe.
6. **Schlauchpilze** (Bild 9)**:** Diese Pilzgruppe ist äußerst vielfältig und begegnet uns oft im Alltag. Viele **Hefepilze** gehören dazu, darunter die bekannte Bäckerhefe, die für die Herstellung von **Brot, Bier und Wein** genutzt wird. Auch einige Darmpilze zählen zu den Hefepilzen. Neben

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21
Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

den Jochpilzen sind die Schlauchpilze eine der zwei Pilzgruppen, aus denen sich **Schimmelpilze** entwickelt haben. Einige lassen Lebensmittel wie Obst verderben, während andere nützlich sind, wie der ***Penicillium*-Pilz**, aus dem Antibiotika gewonnen werden. Seltener gibt es unter ihnen auch Mykorrhizapilze, die in Verbindung mit Pflanzen leben. Dazu gehören etwa **Trüffel und Morcheln**, die unter- oder oberirdische Fruchtkörper ausbilden und als Delikatesse geschätzt werden.

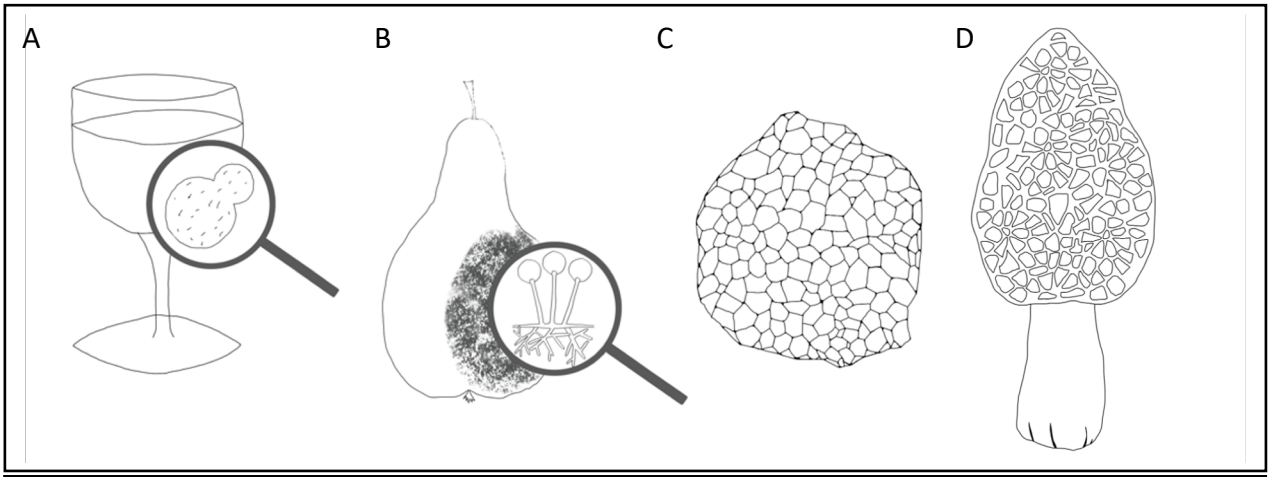


Bild 9: Verschiedene Arten von Schlauchpilzen. A: Hefepilze sorgen dafür, dass Wein Alkohol enthält. B: Schimmelpilze zersetzen altes Obst C: Trüffelpilze bilden ihren Fruchtkörper unter der Erde. D: Morcheln bilden auffällige Fruchtkörper über der Erde.

Obwohl diese Einteilung auf genetischen Analysen basiert, ist sie nicht endgültig. Die Forschung zur genetischen Vielfalt der Pilze steckt noch in den Anfängen, und zukünftige Erkenntnisse könnten die Klassifizierung weiter verändern. Diese Einteilung hilft dennoch, die große Bandbreite an Pilzarten und ihren Lebensräumen zu verstehen. Besonders Schimmelpilze zeigen, dass ähnliche Pilze ganz unterschiedliche Auswirkungen haben können – manche sind nützlich, andere schädlich. Doch was bestimmt, ob ein Pilz Freund oder Feind ist?

Wodurch wird ein Pilz zum Feind?

Pilze spielen in der Natur eine wichtige Rolle, da sie alte Materialien zersetzen und dadurch Nährstoffe freigeben. Diese Fähigkeit ist oft nützlich – aber nicht immer erwünscht. Zum Beispiel kann ein Pilz, der Holz abbaut, ein Problem werden, wenn er sich in Gebäuden ausbreitet und die Bausubstanz zerstört. Noch beunruhigender ist der Gedanke, dass manche Pilze sogar Gewebe oder Organe von Tieren befallen und abbauen können. Auch im menschlichen Körper kann ein Ungleichgewicht durch Pilze entstehen. Hefepilze sind ein natürlicher Bestandteil der Darmflora, doch wenn sie sich unkontrolliert vermehren, können sie das Wachstum wichtiger Bakterien, welche auch im Darm leben, hemmen und das Gleichgewicht im Darm stören. Zudem gibt es Pilze, die giftige Stoffe – sogenannte Mykotoxine – produzieren, die Krankheiten oder allergische Reaktionen auslösen können. Trotz dieser Risiken sind die meisten Pilze weder für den Menschen noch für die Natur schädlich. Im Gegenteil – sie sind für ein gesundes Ökosystem unverzichtbar!

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21
Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Wissensbox III: Lebenszyklus

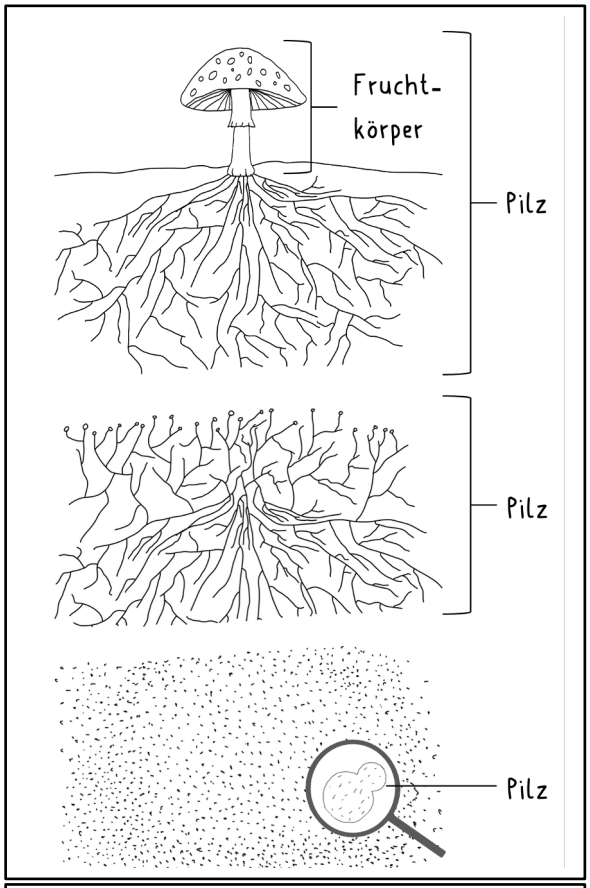


Bild 10: Unterschiedliche Formen, in denen Pilze wachsen können. A: Pilz mit Myzel und Fruchtkörper B: Pilz mit Myzel ohne Fruchtkörper C: Einzelliger Pilz ohne Myzel.

Was ist ein Pilz?

Wenn wir an Pilze denken, stellen sich die meisten von uns einen Pilz mit Hut vor, der im Herbst aus dem Boden sprießt. Doch das, was wir sehen, ist nur ein kleiner Teil bestimmter Pilzarten – der sogenannte Fruchtkörper. Viele Pilze bilden jedoch gar keinen Fruchtkörper aus. Der eigentliche Pilz wächst meist unsichtbar unter der Erde als feines Geflecht aus Fäden, welches **Myzel** genannt wird. Aber wie entsteht ein Pilz im Allgemeinen – und wie wächst er?

Wie wächst ein Pilz?

Die meisten Pilze entwickeln sich aus **Sporen**, die ähnlich wie Pflanzensamen der Verbreitung und Vermehrung des Pilzes dienen. Während Pflanzensamen allerdings viel größer sind und aus einem Embryo und Nährgewebe bestehen, sind Sporen meist winzig und einzellig. Sie sind äußerst widerstandsfähig und können lange Zeit überleben - auch bei extremer Hitze, Kälte oder Trockenheit. Diese Eigenschaft sichert dem Pilz so in extremen Witterungsverhältnissen eine größere Überlebenschance. Damit der Pilz neue Gebiete besiedeln kann, werden Sporen zum Beispiel durch Wind, Wasser, Tiere oder den Menschen fortbewegt.

Wenn die Spore auf günstige Bedingungen trifft, keimt sie und bildet Pilzfäden. Die feinen Fäden eines Pilzes nennt man **Hyphen**. Diese Hyphen breiten sich nach und nach aus und bilden ein feines Geflecht – das sogenannte **Myzel**. Um zu wachsen, braucht der Pilz Nährstoffe. Da er sich nicht fortbewegen kann, wächst er einfach in Richtung seiner Nahrung. Im Gegensatz zu Pflanzen braucht er dafür kein Licht. Deshalb wächst er meist im Boden – und bleibt für uns oft unsichtbar.

Allerdings muss bei Pilzen von vorne herein zwischen Ein- und Mehrzellern unterschieden werden.

- **Mehrzellige Pilze** (Bild 10A, B) bilden ein Myzel aus den bereits beschriebenen Pilzfäden, den Hyphen, jedoch nicht zwingend einen Fruchtkörper. Das oberirdische Wachstum dient der Sporenverbreitung und der Sauerstoffaufnahme. Aus diesem Grund können wir vor

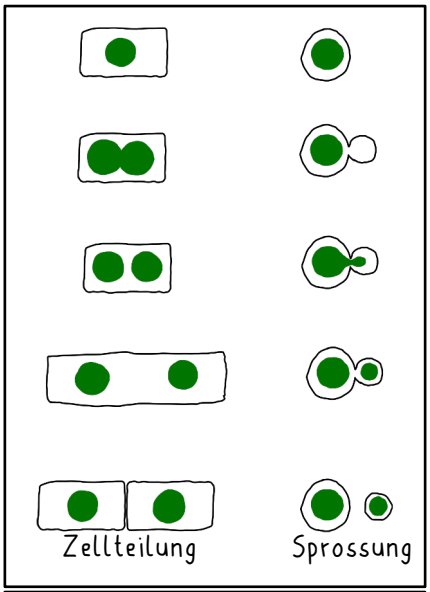


Bild 11: So vermehren sich Pilze: durch Zellteilung und Sprossung.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21
Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

allem im Herbst komplexere Strukturen wie die bekannten Hutpilze im Wald bestaunen. Andere mehrzellige Pilze verbleiben dauerhaft in fadenförmiger Form und entwickeln sporenbildende Strukturen, die für das menschliche Auge unsichtbar bleiben.

- **Einzellige Pilze** (Bild 10C) hingegen bilden kein Myzel und vermehren sich hauptsächlich durch die Teilung einzelner Zellen. Ein bekanntes Beispiel sind Hefepilze, die bei der Herstellung von Brot, Wein und alkoholischen Getränken zum Einsatz kommen. Eine Besonderheit der Hefezellen ist ihre Vermehrung durch Knospung bzw. Sprossung. Im Gegensatz zur klassischen Zellteilung, bei der zwei gleich große Tochterzellen entstehen, bildet sich bei der Sprossung eine kleine Ausstülpung an der Mutterzelle, aus der sich zunächst eine kleinere Tochterzelle entwickelt (Bild 11). Hefepilze bilden unter bestimmten Bedingungen Sporen – etwa bei optimaler Temperatur und Feuchtigkeit oder auch unter Stress wie Nährstoffmangel. Dies erhöht ihre Überlebens- und Vermehrungschancen unter wechselnden Umweltbedingungen.

Wie paaren sich Pilze?

Pilze können sich sowohl ungeschlechtlich (asexuell) als auch geschlechtlich (sexuell) vermehren (Bild 12). Bei der **ungeschlechtlichen Vermehrung** werden Sporen gebildet, die zu neuen Pilzen heranwachsen, ohne dass ein zweiter Pilz benötigt wird oder sich die Erbinformation verändert. Die **geschlechtliche Vermehrung** funktioniert anders: Bei Pilzen gibt es nicht nur zwei Geschlechter wie bei uns Menschen, sondern viele verschiedene Geschlechter mit unterschiedlichen Paarungstypen.

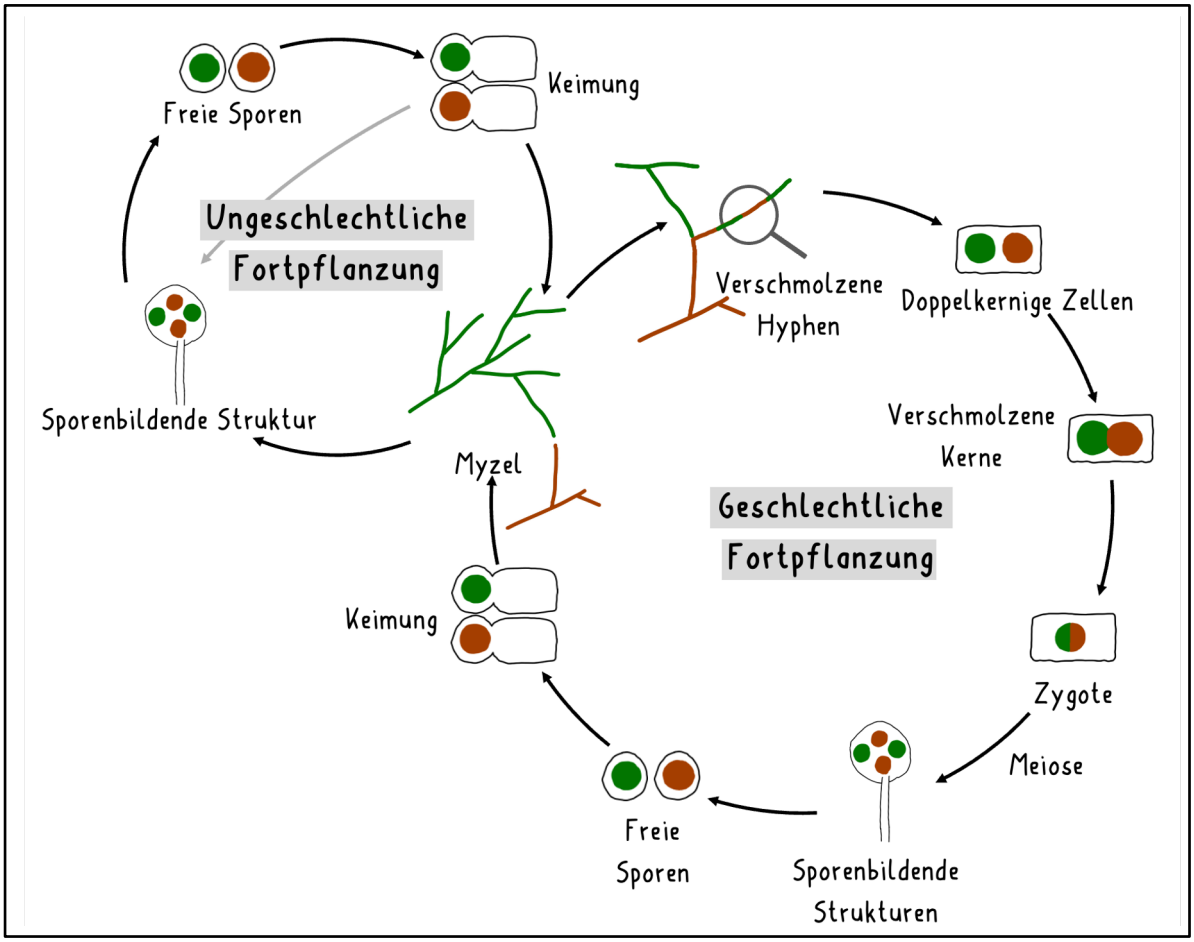


Bild 12: Der Lebenszyklus eines Pilzes – von der Spore über das Myzel bis zur neuen Spore.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21

Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Äußerlich sind sie nicht zu unterscheiden - sie können nur durch Labor-Analyse identifiziert werden. Treffen zwei Hyphen verschiedener Paarungstypen aufeinander, können sie miteinander verschmelzen und enthalten daraufhin zwei Zellkerne, die eine gewisse Zeit lang nebeneinander existieren können. Je nach Art kann dieser Zustand unterschiedlich lange andauern - bei manchen Pilzen nur kurz, bei anderen jahrelang. Irgendwann verschmelzen diese Zellkerne und tauschen genetisches Material aus. Dadurch entstehen neue sporenbildende Strukturen, die den Fortpflanzungszyklus von neuem beginnen.

Wann bildet sich ein Fruchtkörper?

Der sichtbare Fruchtkörper ist nur bei einigen Arten Teil des Lebenszyklus. Bei fruchtkörperbildenden Arten entsteht er jedoch, wenn zwei Hyphen unterschiedlicher Paarungstypen verschmelzen (Bild 13). Dann kann er aus dem Boden herauswachsen und für uns sichtbar werden. Im Inneren des Hutes werden beispielhaft in den Lamellen oder Röhren neue Sporen gebildet. Der Fruchtkörper eines Pilzes kann mit der Frucht einer Pflanze verglichen werden. Sein Hauptzweck ist es, die Fortpflanzung durch die Verbreitung der Sporen zu ermöglichen. Während sich der Hut meist nur zu bestimmten Jahreszeiten bildet, bleibt das Myzel das ganze Jahr über im Boden und kann riesige Ausmaße annehmen. Das größte bekannte Myzel ist beeindruckende 9 km^2 groß - das entspricht etwa 1.260 Fußballfeldern! Der größte Teil eines Pilzes ist also für uns unsichtbar, da er sich z.B. unter der Erde oder im Holz ausbreitet. Was wir umgangssprachlich als Pilz wahrnehmen, ist oft nur die „Spitze des Eisbergs“.

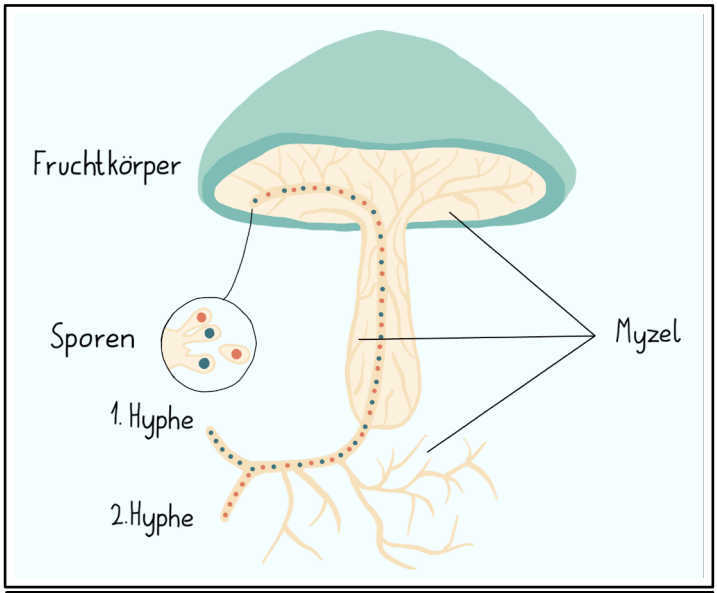


Bild 13: Der Lebenszyklus eines Hutpilzes – Wie aus dem Myzel ein Pilzhut wächst.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21

Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Wissensbox IV: Ernährung der Pilze und deren Nutzen

Wie ernähren sich Pilze?

Pilze sind faszinierende Lebewesen mit einer einzigartigen Ernährungsweise. Da sie sich nicht fortbewegen können, müssen sie ihre Nahrung regelrecht durchwachsen, um sich neue Nahrungsquellen zu erschließen (Bild 14). Je nach Pilzart bevorzugen sie unterschiedliche organische Materialien.

Viele Pilze ernähren sich von toten Pflanzen und Tieren und spielen eine wichtige Rolle als Zersetzer der Natur. Sie helfen, abgestorbenes Material abzubauen und Nährstoffe wieder in den Kreislauf der Natur zu bringen. Zu dieser Pilzgruppe gehören auch Schimmelpilze, die uns im Alltag häufig begegnen, da sie auf (alten) Lebensmitteln wachsen.

Bild 14: Pilz durchwächst Erdbeeren und zersetzt sie, wodurch sie matschig wird.

Allerdings gibt es auch Pilze, die sich von lebenden Organismen ernähren. Manche gehen eine symbiotische Partnerschaft mit Pflanzen ein, wie die Mykorrhizapilze. Sie helfen Pflanzen, Wasser und Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen, während sie im Gegenzug Zucker von den Pflanzen erhalten. Rund 90 % aller Pflanzen sind über ihre Wurzeln mit Pilzen verbunden. Es gibt Hinweise darauf, dass diese Symbiose nicht nur das Wachstum der Pflanzen unterstützt, sondern auch eine Rolle in der Kommunikation zwischen Bäumen spielen könnte. Doch nicht immer ist die Beziehung zwischen Pilzen und anderen Organismen harmonisch. Einige Pilze agieren aggressiv und befallen beispielsweise Insekten, durchwachsen ihren Körper und töten sie schließlich.

Wie nehmen Pilze Nährstoffe auf?

Um Nahrung aufzunehmen, müssen Pilze sie außerhalb ihres Körpers verdauen. Während Menschen ihre Nahrung durch Kauen zerkleinern und dann mit Enzymen im Magen

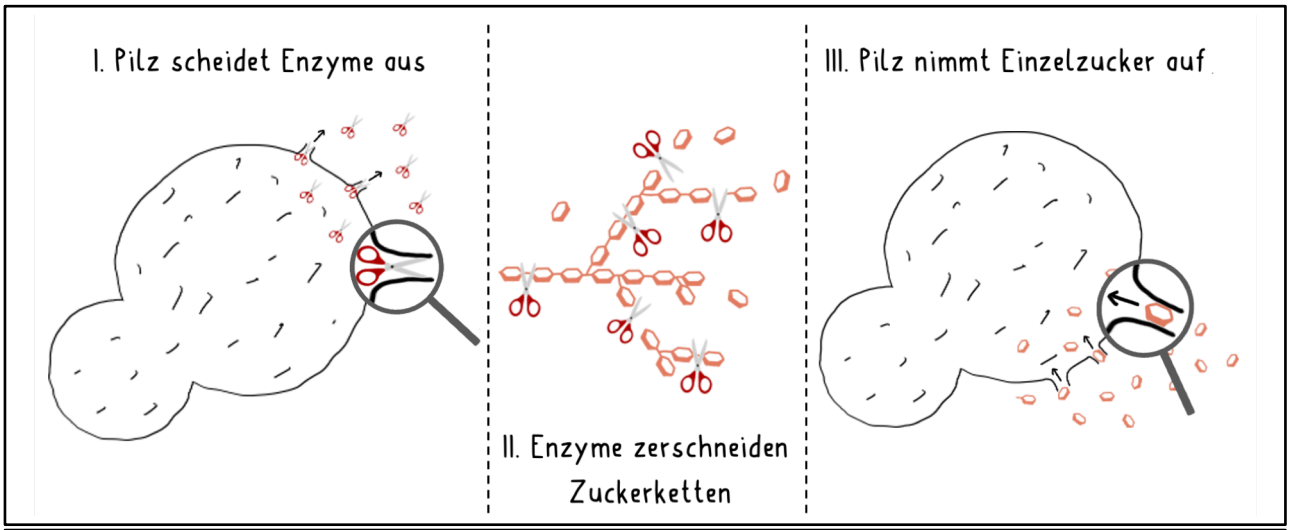


Bild 15: Ein Hefepilz baut langkettige Zucker ab und gewinnt daraus Energie. Schere: Enzyme, Sechsecke: Zuckermoleküle.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21

Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

weiterverarbeiten, setzen Pilze Enzyme in ihre Umgebung frei (Bild 15). Diese Enzyme zersetzen große Moleküle in kleinere, die der Pilz dann aufnehmen kann. Pilze sind dabei hochspezialisiert und scheiden je nach Art nur bestimmte Enzyme aus, um spezifische Materialien abzubauen. Sie können Zucker, Proteine, Fette und sogar das harte Lignin von Bäumen zersetzen. Diese Spezialisierung zeigt, wie wichtig eine vielfältige Mischung von Pilzen für das Ökosystem ist, da sie gemeinsam eine große Bandbreite an organischem Material abbauen können. Doch nicht nur für die Natur ist diese Fähigkeit von Bedeutung, sondern auch für verschiedene Produktionsprozesse in unterschiedlichen Industriezweigen. Hier spielen Hefe und Schimmelpilze eine große Rolle.

Wie nutzt der Mensch die Zersetzungsfunktion der Pilze?
Pilze spielen in der Industrie eine wichtige Rolle, weil sie Stoffe abbauen und dabei wertvolle Nebenprodukte erzeugen (Bild 16). Dieser Prozess wird in der Industrie als Fermentation bezeichnet.

Besonders bekannt ist die Nutzung von **Hefepilzen**. Sie scheiden Enzyme aus, die Stärke abbauen. Stärke besteht aus langen, aneinandergeketteten Zuckermolekülen. Die von den Hefepilzen ausgeschiedenen Enzyme zerlegen diese langen Ketten (Stärke) in einzelne Zuckermoleküle. Diese werden vom Hefepilz aufgenommen und werden zur Energiegewinnung weiter abgebaut. Dabei entstehen Ethanol (Alkohol) und Kohlendioxid (CO_2) als Nebenprodukte des Zuckerabbaus. Dieser Vorgang heißt alkoholische Gärung und wird vor allem zur Herstellung von **Bier und Wein** genutzt. Das Kohlendioxid sorgt für die Spritzigkeit der Getränke. Auch in der Bäckerei spielen Hefen eine große Rolle: Beim Backen lockert das entstehende Kohlendioxid den Teig auf, sodass **Brot und Brötchen** schön luftig werden. Der Alkohol verdampft dabei einfach im Ofen. Weniger bekannt, aber ebenso faszinierend ist die Rolle von Hefen bei der Verarbeitung von **Kakao- und Kaffeebohnen**. Sie sorgen dafür, dass das süße Fruchtfleisch der Bohnen abgebaut wird – ein entscheidender Schritt, der den Bohnen ihr unverwechselbares Aroma verleiht und Schokolade sowie Kaffee ihren charakteristischen Geschmack gibt. Neben Lebensmitteln sind Hefepilze auch in der Biotechnologie wahre Helfer: Durch gezielte genetische Anpassungen lassen sie sich dazu bringen, wichtige Stoffe wie **Insulin oder Impfstoffe** herzustellen und auszuscheiden.

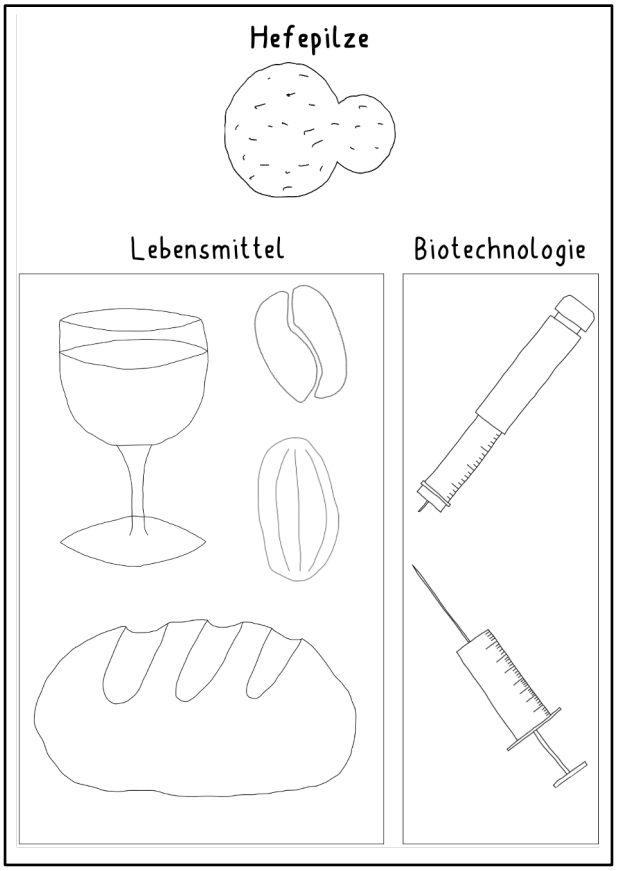


Bild 16: So werden Hefepilze in der Industrie genutzt – zum Beispiel für Lebensmittel und biotechnologisch hergestellte Medikamente.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21
Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Eine weitere bedeutende Pilzgruppe in der Industrie sind **Schimmelpilze**. Im Gegensatz zu Hefen können sie nicht nur Zucker, sondern auch Fette und Proteine abbauen. Sie werden oft genutzt, um bestimmte Aromen zu erzeugen, zum Beispiel in **Schimmelkäse oder Sojasauce**. Auch auf bestimmten **Salamisorten** bildet sich bewusst eine weiße Schimmelschicht. Sie zersetzt Fette und Proteine in kleinere Bestandteile, wodurch das Aroma intensiviert wird. Gleichzeitig schützt sie die Salami vor schädlichen Mikroben, also winzig kleinen Lebewesen. In der Biotechnologie werden Schimmelpilze außerdem unter anderem zur Produktion von **Enzymen und Antibiotika** genutzt. Besonders bekannt ist Penicillium, dass für die Entdeckung des ersten **Antibiotikums** (Penicillin) verantwortlich ist. Dadurch spielen sie eine wichtige Rolle in Medizin und Forschung.

Pilze sind also nicht nur für das Ökosystem unverzichtbar, sondern auch für viele Bereiche der Industrie. Sie helfen bei der Herstellung von Lebensmitteln, unterstützen biotechnologische Prozesse und liefern wichtige Medikamente. Ihre Fähigkeit, verschiedene Materialien zu zersetzen, macht sie zu wahren Alleskönnern der Natur und zu wertvollen Helfern des Menschen.

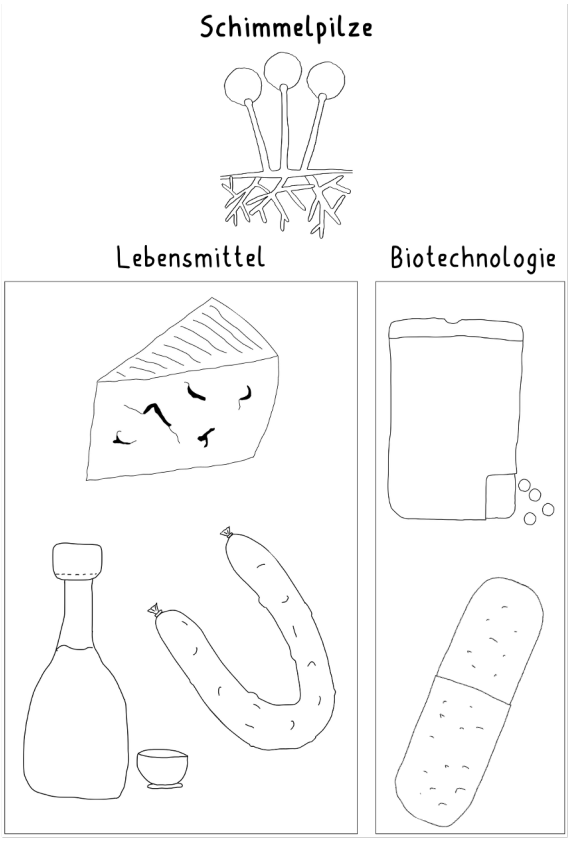


Bild 17: So werden Schimmelpilze in der Industrie genutzt – zum Beispiel für Lebensmittel und biotechnologisch hergestellte Medikamente.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21

Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Experiment: Pilzzucht

Möchtest du zuhause frische Austernpilze züchten? Kein Problem — mit etwas Vorbereitung und den richtigen Handgriffen klappt das auch ohne Vorkenntnisse! Hier erfährst du Schritt für Schritt, was du dafür brauchst und wie du vorgehst.

Was wird benötigt?

Bevor du loslegst, lies dir bitte das gesamte Protokoll sorgfältig durch und halte alle Materialien bereit. Die folgende Liste (Bild 17) zeigt dir, was du für dein Pilzzucht-Experiment brauchst:

Bild 18: Material, das man für die Pilzzucht braucht.

Wo bekommst du die Materialien?

Die meisten dieser Dinge hast du vermutlich schon zu Hause, manche sind allerdings etwas spezieller. Daher hier ein paar Tipps: Kaffeefilter und passende Halterungen findest du in der Regel in gut sortierten Supermärkten, ebenso wie Einmalhandschuhe und Desinfektionsmittel. Als Zuchtgefäß eignet sich ein leerer 1-Liter-Joghurtbecher mit Deckel am besten – das ist nachhaltig und praktisch. Du kannst aber auch ein anderes Gefäß benutzen – es sollte etwa einen Liter fassen, einen Deckel haben und oben mindestens 7 cm breit sein. Denk nur daran: Du musst Löcher in den Deckel oder das Gefäß machen können. Atemmasken bekommst du inzwischen am

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21
Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

zuverlässigsten in Apotheken. Etwas spezieller sind die Körnerbrut und die Klebefilter. Wir haben beides online bestellt: Die Pilzbrut stammt von Pilzmännchen, die Klebefilter von Biomed Solutions – mit beiden Produkten haben wir gute Erfahrungen gemacht.

Welche weiteren Voraussetzungen sind wichtig?

- Ein **Brutort** mit einer Temperatur von **20-25°C**
- Später ein **kühlerer Raum** mit **10-20°C** für das Fruchtkörperwachstum

Dauer des Experiments:
Wie lange es dauert, bis du den Fruchtkörper ernten kannst, hängt von der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und dem Nährstoffangebot ab. Es kann also unterschiedlich lange dauern. Die ersten Wachstumsphasen sind aber oft schon **nach 2-3 Wochen abgeschlossen**. Gib aber nicht auf, wenn es länger dauert.

Hinweis:
Dieses Protokoll eignet sich für die **Anzucht von Austernpilzen zuhause**. Wenn du schon etwas Erfahrung hast, kannst du auch andere Pilzarten ausprobieren.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21
Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Schritt-für-Schritt-Anleitung

I. Sorge für gute Belüftung

Pilze brauchen Sauerstoff zum Wachsen. Bereite dein Gefäß vor, indem du vorsichtig drei Luftlöcher mit je 1 cm Durchmesser bohrst oder schneidest. Diese sollten oberhalb des Kaffee-Brut-Gemischs liegen, entweder im Deckel oder am oberen Rand. Beklebe anschließend jedes Loch von außen mit einem Filter, damit keine Keime ins Innere gelangen.

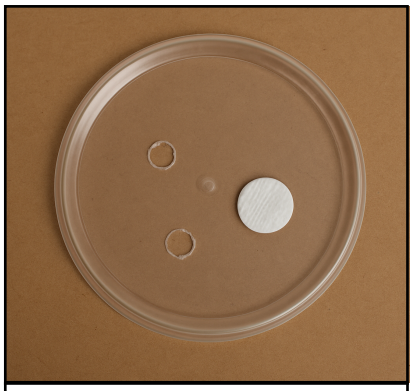


Bild 19: Ein Deckel mit Luftlöchern: Die Lust kann hinein, aber Filter halten andere Keime und Pilze draußen.

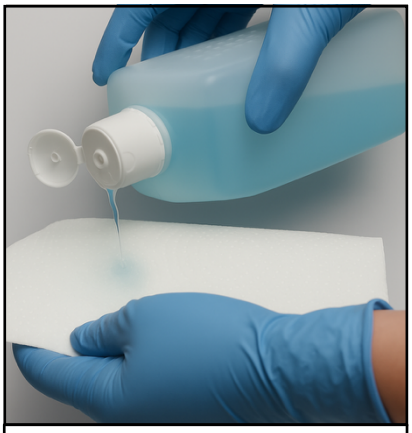


Bild 20: Ein Stück Küchenpapier, getränkt mit Desinfektionsmittel, um alles zu säubern.

II. Zuchtgefäß reinigen und sterilisieren

Hygiene ist das A und O bei der Pilzzucht, führe also alle Schritte mit Schutzhandschuhen und Atemmaske aus. Reinige das Gefäß und den Deckel gründlich mit heißem Wasser und Spülmittel oder in der Spülmaschine. Wenn du es besonders sauber haben möchtest, kannst du die Materialien abkochen. Gib sie dafür in einen großen Topf mit kochendem Wasser und koche sie etwa 10 Minuten lang. **Vorsicht: Verbrenn dich nicht!** Bitte deine Eltern um Hilfe, wenn du unsicher bist. Danach lässt du alles gut abkühlen. Wische die Teile anschließend mit Desinfektionsmittel ab – am besten mit einem Stück Küchenpapier, das gut damit getränkt ist.

III. Kaffee sterilisieren

Verwende immer frischen Kaffeesatz, der höchstens ein paar Stunden alt ist. Um sicherzugehen, dass er möglichst keimfrei ist, übergieße den Kaffeesatz kurz vor Nutzung erneut mit heißem kochendem Wasser. Lass das Wasser abtropfen, am besten mit Kaffeefilter und Trichter. Fülle den Satz danach in dein steriles Zuchtgefäß und schließe den Deckel. Warte, bis der Kaffeesatz auf Körpertemperatur abgekühlt ist.

Bild 21: Das Kaffeesubstrat wird mit heißem Wasser überbrüht, um Keime abzutöten.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21

Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Bild 22: So viel Substrat kommt in den Behälter, damit die Pilze gut wachsen können.

IV. Kaffeesatz mit Pilzbrut vermengen

Gib etwa gleiche Mengen Kaffeesatz und Pilzbrut ins Zuchtgefäß. Beides zusammen sollte etwa 2/3 des Gefäßes füllen. Vermenge alles gut mit einem desinfizierten Löffel und schließe den Deckel wieder. Falls du nicht genug Kaffeesatz auf einmal hast, kannst du nach ein paar Tagen weiteren sterilen Kaffeesatz und Pilzbrut ergänzen. Achte darauf, dass das Substrat feucht, aber nicht nass ist. Es darf sich kein Wasser am Boden sammeln.

V. Warten und wachsen lassen

Stelle das Gefäß an einen Ort mit 20-25°C und lass es dort stehen, bis das gesamte Substrat weiß vom Myzel durchwachsen ist. Das kann einige Wochen dauern.

Bild 23: Das Kaffeesubstrat ist ganz vom Pilzmyzel durchwachsen.

Bild 24: Gefrierbeutel verhindert Verdunstung, sobald der Pilz über den Gefäßrand wächst.

VI. Temperaturwechsel für die Fruchtkörper

Sobald alles komplett weiß ist, braucht der Pilz einen Temperaturwechsel, um Fruchtkörper zu bilden. Stelle das Gefäß in einen Raum mit 10-20°C und lass den Deckel solange drauf, bis der Pilz fast an ihn herangewachsen ist. Danach kannst du einen Gefrierbeutel mit kleinen Luftlöchern über das Gefäß stülpen und am Rand befestigen, damit die Feuchtigkeit erhalten bleibt.

VII. Ernte der Pilze

Sobald die Pilze eine gute Größe haben, kannst du sie vorsichtig mit einem Messer abschneiden. Meistens kannst du aus dem gleichen Ansatz noch ein- bis zweimal nach ernten.

Bild 25: So sieht ein Austernpilz aus, der bald geerntet werden kann.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Fördernummer 281A813B21

Dieses Material von KinderForscher an der TUHH steht unter der internationalen CC-Lizenz Namensnennung – nicht kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0, siehe: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/