



Urban Foodcraft

Design-Strategien für indoor
Lebensmittel-Produktion
im Mikroformat

Themen Recherchen

Urban Foodcraft

Design-Strategien für indoor
Lebensmittel-Produktion
im Mikroformat

Urban Foodcraft

Design-Strategien für indoor Lebensmittel-Produktion
im Mikroformat

Entwurfsprojekt / Komplexes Gestalten

Studiengang BA Industriedesign und MA Industrial Design
Wintersemester 2025/26

Themen Recherchen

W

Moderation:

Prof. Guido Englich, Julius Abromeit

Projekt Komplexes Gestalten
im Wintersemester 2025/26
BA Industriedesign (ab 5. Sem.)
MA Industrial Design

Prof. Guido Englisch
Julius Abromeit

Kontakt:
englisch@burg-halle.de

DIY Aquaponik, F. Kraemer, J. Geffen, 2011



Textiler Dörkkasten, M. Behrens, J. Meyr, 2023

Die meisten von uns wollen sich gesund, geschmacksreich und klimabewusst ernähren ... und fragen sich, wo kommt unsere Nahrung her, wie wird sie produziert und wer entscheidet darüber?

Wir haben gelernt, dass Landwirtschaft ein Hauptverursacher von Klimafolgen ist – durch Emissionen, Flächenverbrauch, Wasserstress, Artenverlust, globale Lieferketten etc. Zugleich ist Landwirtschaft zunehmend selbst betroffen: durch Dürren, Extremwetter, Bodenerosion und den Rückgang bestäubender Insekten.

Urban Foodcraft

Design-Strategien für indoor Lebensmittelproduktion im Mikroformat



Mit der Suche nach gestalterischen Antworten auf die strukturellen Probleme unseres Ernährungssystems sollen durch Indoor-Farming und dezentrale Lebensmittelproduktion auf Mikroebene entsprechende Prozesse und Apparate entwickelt werden, die Ernährungssouveränität und Klimaschutz mit lustvollen Esskulturen und Alltagsritualen verbinden. Im Kreislauf aus Anbau und Ernte, Veredeln, Konservieren, Bevorraten, Zubereiten, Verzehren, Kompostieren ...

Was eignet sich für Mikro-Farming und wo kann es stattfinden?

Kräuter, Sprossen, Mikrogreens; Vertikale Mini-Farmen und Solar-Gewächshäuser
Pilzanbau; Kompostierung und Bokashi; Pflanzenbasierte Fermentation (auch für Milch, Käse, Tee); Algenkultivierung zu Hause; Aquaponik; Insektenzucht und Verarbeitung; Getränke von Kombucha-Fermentation bis Bier brauen u.a. ...

Orte und Kontexte für die Anwendung: Wohnung, Küche, Keller, Balkon, Garage; Hausgemeinschaften, Nachbarschafts-Initiativen und Commons; Schulen und Kindergärten

input:

- intensiver Austausch mit dem FoodLab der Martin-Luther-Universität Halle
- Besuche von Expert*innen
- Fermentations-Workshop
- Technologie Workshop zu Arduino und Microcontroller/Processing

output:

- Funktions-Prototypen
- Film und Dokumentation zum Entwurf
- Bauanleitungen zur Weitergabe und Replikation

Designprozess

Angestrebt wird ein frühzeitiger Einstieg in Prozess-Experimente durch Versuchsaufbauten. Aus der Prozess-Analyse und Optimierung – optional durch Einbezug intelligenter Sensorik und digitaler Steuerung, werden Baugruppen und deren funktionale und räumliche Zuordnung entwickelt. Im Entwurf können Open-Design Prinzipien für Nachbau, Anpassbarkeit, Austausch, Reparatur und Optimierung eine tragende Rolle spielen. Ein open-source Ansatz und DIY-Fertigungsmethoden berücksichtigen insbesondere Verfügbarkeit und Zugänglichkeit der Herstellung – als Readymade plus X Strategie – das meint hier die raffinierte Nutzung von bestehenden Halbzeugen oder Bauteilen in Verbindung mit dezentral gefertigten Bauteilen in der Nutzung der gesamten Bandbreite digitaler Werkzeuge im MakerLab-Setting.

Übersicht

6 – Črt Štrubelj

Pilzzucht

40 – Maša Kralj

Algenzucht

60 – Bruno Bleschke

Aquaponik

74 – Henriette Meyer-Stork

Kompost/Bokashi

92 – Anina Gill

Mikrogreens/Sprossen/Kräuter/Heilkräuter

104 – Hannah Enk

Insektenzucht

124 – Alicia Hattler

Vegane Käseherstellung

130 – Jesse Jacobsen

Brot Backen und Fermentation

152 – Korinna Rennefeld

Fermentation von Milchprodukten (ohne Lab)

162 – Allegra D'Achille

Fermentation von Getränken

172 – Julika Schwarz

Herstellung von Tempeh



Pilzzucht

Recherchiert von Črt Štrubelj

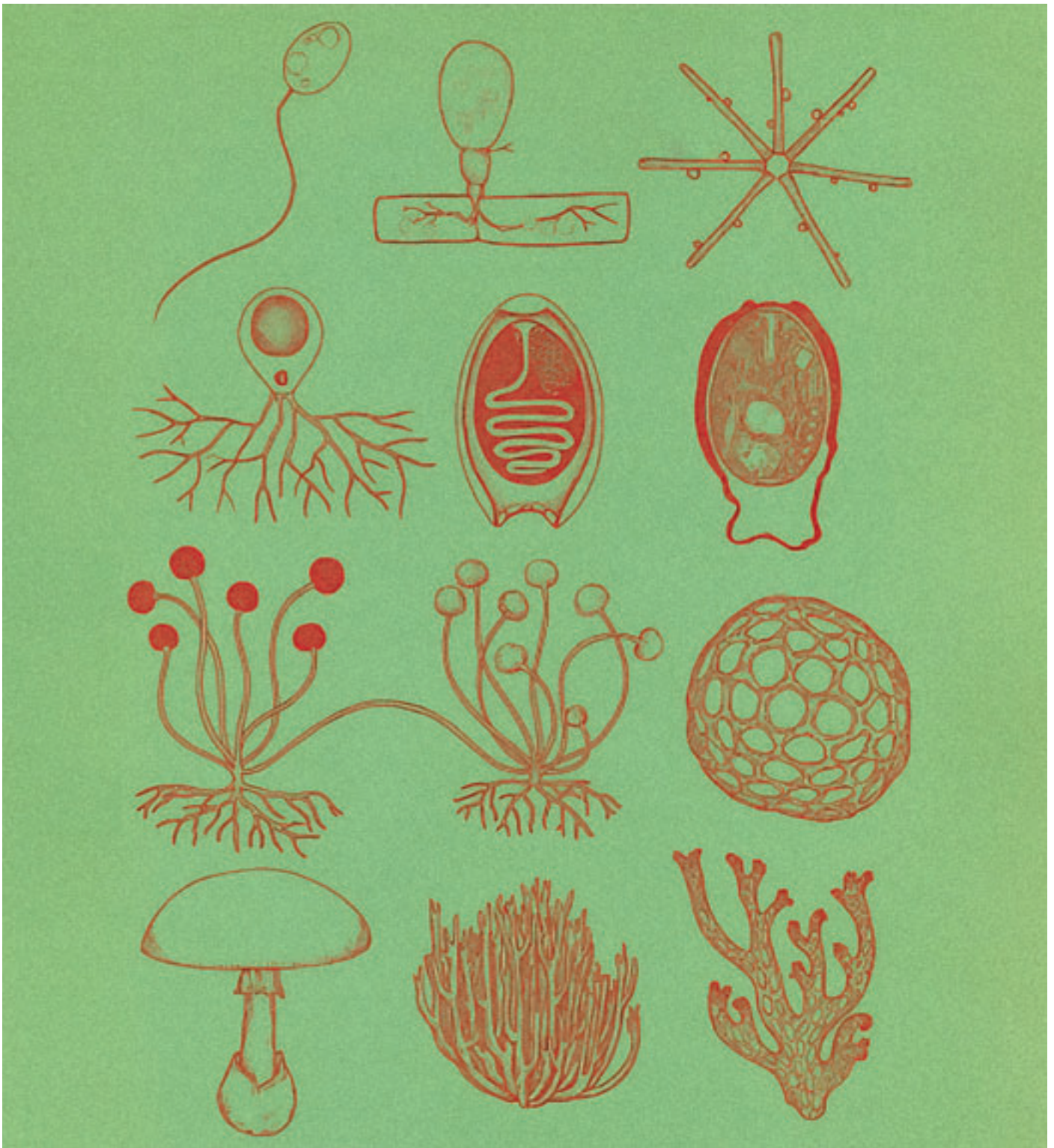
Pilze sind faszinierende Lebewesen, die weder Pflanzen noch Tiere sind, sondern ein eigenes Reich bilden.

Der sichtbare Pilz ist nur der Fruchtkörper bestimmter Arten – viele Pilze bleiben unsichtbar.

Mit über 144.000 bekannten Arten umfasst das Pilzreich Hefen, Schimmel, Mehltau und natürlich essbare Pilze.

Sie betreiben keine Photosynthese und stehen evolutionsbiologisch den Tieren näher. Pilze spielen eine zentrale Rolle in Medizin, Ernährung und Lebensmittelherstellung – von Brot und Bier über fermentierte Produkte bis zu kulinarisch geschätzten Speisepilzen.

Der Fokus dieses Kapitel liegt auf Pilzen als essbare Fruchtkörper, ihrem Anbau, Nährwert und den beliebtesten Sorten für drinnen.



Aus evolutionärer Sicht sind sie eher mit dem Tierreich als mit dem Pflanzenreich verwandt.

Das Pilzreich

Was Pilze sind und was sie nicht sind.

Es gibt 144.000 bekannte Arten von Organismen aus dem Reich der Pilze. Dazu gehören Hefen, Rostpilze, Brandpilze, Mehltau, Schimmelpilze und natürlich Speisepilze. Historisch gesehen wurden sie zu den Pflanzen gezählt. Natürlich sind sie keine Pflanzen, da sie keine Photosynthese betreiben. Aus evolutionärer Sicht sind sie eher mit dem Tierreich als mit dem Pflanzenreich verwandt. Wir teilen einige der gleichen biologischen Mechanismen, weshalb wir Pilze häufig bei der Herstellung von Medikamenten einsetzen.

Kurz gesagt bestehen Pilze in der Regel aus einem Myzelnetzwerk, das als Wurzelstruktur der Pflanze fungiert, aus der der Pilz seinen Fruchtkörper bildet, der in der Regel aus einem Stiel, einem Hut und Lamellen besteht. Der Fruchtkörper produziert Sporen, die das Wachstum des Myzels auslösen.



Pilze als Nahrungsmittel

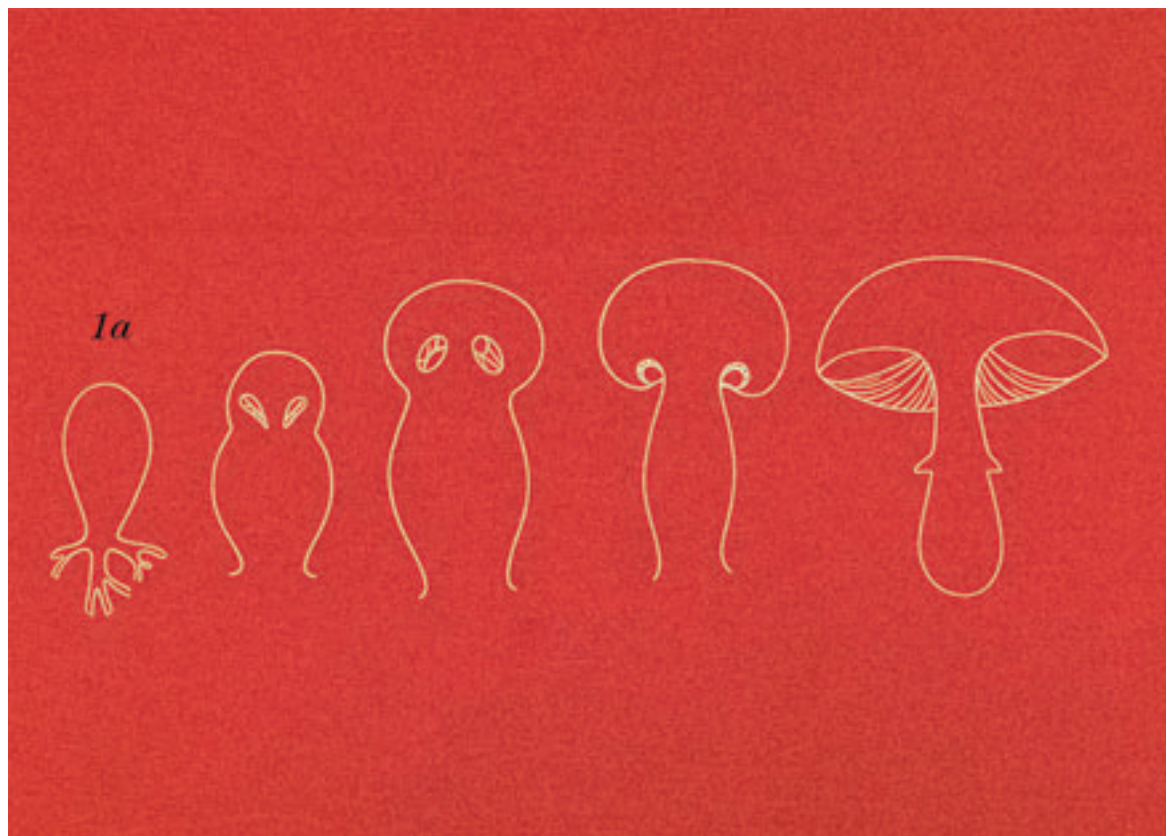
Pilze, die man essen und züchten kann, und ihre Nährwerte.



Wir verwenden Pilze nicht nur in der Medizin. Wir verlängern die Haltbarkeit von Lebensmitteln mit Hefen, um Lebensmittel zu fermentieren, beispielsweise indem wir Getreide zu Brot, Bier, Wein usw. verarbeiten. Wir verwenden Schimmelpilze, um Hülsenfrüchte in Tempeh zu verwandeln, und natürlich essen wir einige Pilzsarten wegen ihres Nährwerts und natürlich auch, weil sie schmackhaft sind.

- 1 Matsutake
- 2 Champignon
- 3 Pfifferling
- 4 Schwarze Trüffel
- 5 Caesar-Pilz
- 6 Echte Morchel
- 7 Backhefe
- 8 Penicillium roqueforti
- 9 Zeller-Steinpilz
- 10 Kohl-Lungenkraut

Illustration: Katie Scott



Das, was wir als „Pilze“ bezeichnen, sind eigentlich die Fruchtkörper bestimmter Pilzorganismen aus verschiedenen Gruppen (z. B. der Ordnung *Agaricales* innerhalb des Stammes *Basidiomycota* und anderer Gruppen).

Entwicklung einer Illustration des Feldchampignons (*Agaricus campestris*) von Katie Scott

Buch:
Katie Scott, Kathy Willis: *Fungarium*
Merlin Sheldrake: *Entangled Life*



Bild:
Katie Scott:
Mykorrhiza-Pilze

Mykorrhiza-Pilze und Saprotrophen Pilze

Es gibt grundsätzlich zwei Hauptarten von essbaren Pilzen.

Die erste Gruppe sind Mykorrhizapilze, die in enger Symbiose mit Pflanzen leben. Sie bilden ein komplexes Netzwerk mit den Wurzeln ihrer Wirte, über das Nährstoffe ausgetauscht werden. Da sie ohne diese partnerschaftliche Beziehung nicht wachsen können, findet man sie fast ausschließlich in der freien Natur.

Die zweite Gruppe umfasst die saprotrophen Pilze. Diese benötigen keine symbiotische Verbindung zu Pflanzen, sondern ernähren sich von abgestorbenem, organischem Material. Sie zersetzen Holz, Stroh oder andere Substrate und wandeln sie in Nährstoffe um. Aufgrund dieser Eigenschaft eignen sich saprotrophe Pilze besonders gut für die Kultivierung und den kontrollierten Anbau.

Nicht alle Pilze lassen sich kultivieren – manche brauchen die Symbiose mit Pflanzenwurzeln.



Bild:
Katie Scott:
Saprotrophen Pilze

Allgemeine Ernährung von Pilzen



Pilze sind fett- und kalorienarm – was nicht unbedingt ein Vorteil ist. Man muss eine große Menge Pilze essen, um die benötigten Kalorien aufzunehmen. Je nach Art und Substrat sind sie jedoch eine gute Proteinquelle.

Sie sind reich an Vitaminen, insbesondere an B-Vitaminen (Riboflavin, Pantothenensäure usw.).

Sie enthalten viele Mineralien – Kalium, Phosphor, Selen, Kupfer usw.

Sie sind auch eine gute Quelle für Ballaststoffe und Polysaccharide – wie β -Glucane (die sich positiv auf das Immunsystem, den Cholesterinspiegel und andere Gesundheitsaspekte auswirken können).

Unter UV-Licht produzieren sie Ergosterol, das in unserem Körper in Vitamin D2 umgewandelt wird.

„Das Substrat beeinflusst auch den Geschmack – unsere Austernpilze, die wir auf Buchenholzspänen und -schalen züchten, entwickeln dadurch einen deutlich ausgeprägteren, fast fischartigen Geschmack.“

Primož Turnšek aus Gobnjak, Pilzproduzent aus Ljubljana



Die gesamte Ernährung hängt vom Pilz und vom Substrat ab. Sie können die Zusammensetzung des Substrats optimieren, um unterschiedliche Mengen bestimmter Nährstoffe zu produzieren. Eine Studie zu *Pleurotus ostreatus* (Austernpilz) hat beispielsweise gezeigt, dass die Ergänzung von Palmabfall-Substraten mit Reiskleie und Weizenkleie zu einem erhöhten Proteingehalt (bis zu 19,14 %), Fettgehalt (1,70 %), Aschegehalt (bis zu 10,10 %) und einem höheren Gehalt an den Vitaminen A, D und E führte.

Ausgedientes Substrat in Gobnjak, auf dem Austernpilze gezüchtet werden.

Ernährung von Austernpilzen (*Pleurotus spp.*)



Kann sowohl drinnen als auch draußen angebaut werden, wächst auf Baumstämmen, in Säcken oder auf Tabletts

Substrat

Stroh, Sägemehl, Kaffeesatz, Pappe oder Hartholzstämmen usw.

Verfahren

Innenbereich: Substrat sterilisieren/pasteurisieren, mit Pilzbrut beimpfen, bei hoher Luftfeuchtigkeit (~85–95 %) lagern, bei indirektem Licht fruchten lassen, nach 5–7 Tagen nach der Knospenbildung ernten

Außenbereich: Löcher in Holzstämmen bohren, Pilzbrut einbringen, mit Wachs versiegeln, Holzstämmen feucht halten, unter kühlen, feuchten Bedingungen natürlich fruchten lassen

Geschmack

Austernpilze haben einen milden, erdigen und herzhaften Geschmack mit einer subtilen Note von Anis oder Meeresfrüchten.

Nährwert

Kalorien- und fettarm; guter Gehalt an Eiweiß und Ballaststoffen. Reich an B-Vitaminen (Niacin, Riboflavin, Pantothersäure), Mineralien wie Kalium sowie guten Mengen an Kupfer, Eisen und Zink. Enthält Antioxidantien, Ergothionein. Kann bei Cholesterin und der Immunfunktion helfen.

Pro 100 g Trockenmasse:

Eiweiß 17–42 g

Kohlenhydrate 37–48 g

Fett 0,5–5 g

Ballaststoffe 24–31 g

Mineralstoffe 4–10 g

Feuchtigkeit 85–87 % g

Ernährung von Shiitake-Pilzen (*Lentinula edodes*)



Kann sowohl drinnen als auch draußen angebaut werden; wird häufig auf Baumstämmen und Sägemehlblöcken kultiviert.

Substrat

Hartholzsägemehl, Holzspäne, Stroh oder Baumstämme (insbesondere Eiche, Buche oder Kastanie). Durch Zugabe von Kleie oder Reishülsen zum Sägemehl lässt sich der Ertrag steigern.

Verfahren

Innenbereich: Sterilisieren Sie das angereicherte Sägemehl, impfen Sie es mit Shiitake-Pilzbrut, inkubieren Sie es 2–3 Monate lang bei 22–26 °C unter dunklen, feuchten Bedingungen (~80–90 %) bis zur vollständigen Besiedlung, leiten Sie die Fruchtbildung ein, indem Sie die Temperatur senken (15–20 °C) und die Luftfeuchtigkeit und das Licht erhöhen ☞ ernten Sie nach 7–10 Tagen, wenn sich die Pilzköpfe gebildet haben.

Geschmack

Shiitake-Pilze haben einen reichhaltigen, umamiartigen und leicht rauchigen Geschmack mit einer fleischigen Textur und erdigen Untertönen.

Nährwert

Fettarm, mäßig proteinreich und reich an Ballaststoffen und komplexen Kohlenhydraten. Ausgezeichnete Quelle für B-Vitamine (B2, B3, B5, B6), Vitamin D (bei Sonneneinstrahlung) und Mineralien wie Kalium, Phosphor, Eisen, Zink und Kupfer.

Pro 100 g Trockenmasse:

Eiweiß 20–27 g

Kohlenhydrate 60–70 g

Fett 1–3 g

Ballaststoffe 30–40 g

Mineralstoffe 5–6 g

Feuchtigkeit 88–92 % (bezogen auf das Frischgewicht)

Löwenmähenpilz (*Hericium erinaceus*)



Kann sowohl drinnen als auch draußen wachsen; wird normalerweise auf Sägemehlblöcken oder Holzstämmen gezüchtet und bildet weiße, kaskadenförmige Stacheln.

Substrat

Hartholzsägemehl, angereichertes Sägemehl oder Hartholzstämmen (Eiche, Buche, Ahorn).

Verfahren

Ergänzt Sägemehl sterilisieren, mit Pilzbrut beimpfen, 2–3 Wochen lang bei 20–24 °C unter dunklen, feuchten Bedingungen (~90 %) inkubieren, frischer Luft und indirektem Licht aussetzen, um die Fruchtbildung anzuregen, ernten, wenn die Stacheln 1–2 cm lang sind, bevor sie braun werden.

Geschmack

Löwenmähe hat einen milden, nach Meeresfrüchten schmeckenden Geschmack, der oft mit Krabben oder Hummer verglichen wird, und eine weiche, fleischige Textur.

Nährwert

Kalorien- und fettarm, mäßig reich an Proteinen und Ballaststoffen. Reich an Polysacchariden (β -Glucanen), Hericenonen und Erinacinen, die das Nervenwachstum und die kognitive Gesundheit fördern können. Enthält Kalium, Zink und B-Vitamine (B2, B3, B5). Weist antioxidative, entzündungshemmende und neuroprotektive Eigenschaften auf.

Pro 100 g Trockenmasse:

Proteine 22–27 g

Kohlenhydrate 55–65 g

Fette 2–4 g

Ballaststoffe 20–30 g

Mineralstoffe 5–6 g

Feuchtigkeit 85–90 %

Enoki-Pilz (*Flammulina velutipes*)



Wird üblicherweise in Innenräumen in dicht gepackten Flaschen oder Gläsern gezüchtet, um lange, dünne weiße Stiele und kleine Hüte zu produzieren.

Substrat

Sterilisiertes Sägemehl, Maiskolben, Reiskleie oder eine Mischung aus Hartholzsägemehl und Weizenkleie.

Verfahren

Substrat sterilisieren, mit Pilzbrut beimpfen, 20–30 Tage lang bei 20–25 °C im Dunkeln inkubieren, Temperatur auf 10–15 °C senken und hohe Luftfeuchtigkeit (~90 %) aufrechterhalten, um die Fruchtbildung anzuregen, nach 2–3 Wochen ernten.

Geschmack

Mild, leicht fruchtig und süß mit knackiger Textur.

Nährwert

Kalorien- und fettarm; enthält viel Eiweiß, Ballaststoffe und Kohlenhydrate. Reich an B-Vitaminen (Niacin, Thiamin, Riboflavin), Folsäure und Mineralstoffen wie Kalium, Phosphor und Eisen. Enthält Flammulin und β -Glucane mit antioxidativer und immunmodulierender Wirkung.

Pro 100 g Trockenmasse:

Proteine 25–30 g

Kohlenhydrate 50–65 g

Fette 2–3 g

Ballaststoffe 20–30 g

Mineralstoffe 6–7 g

Feuchtigkeit 88–91 %

Pilze zu Hause züchten

Techniken und Grundprinzipien.



Am einfachsten lassen sich Pilze im Freien auf Baumstämmen züchten. Man nimmt einen Baumstamm, bohrt einige Löcher hinein und füllt diese mit Holzstopfen, die mit Myzel bewachsen sind. Dann muss man nur noch warten. In städtischen Umgebungen haben wir jedoch in der Regel keinen Zugang zu privaten Außenflächen.



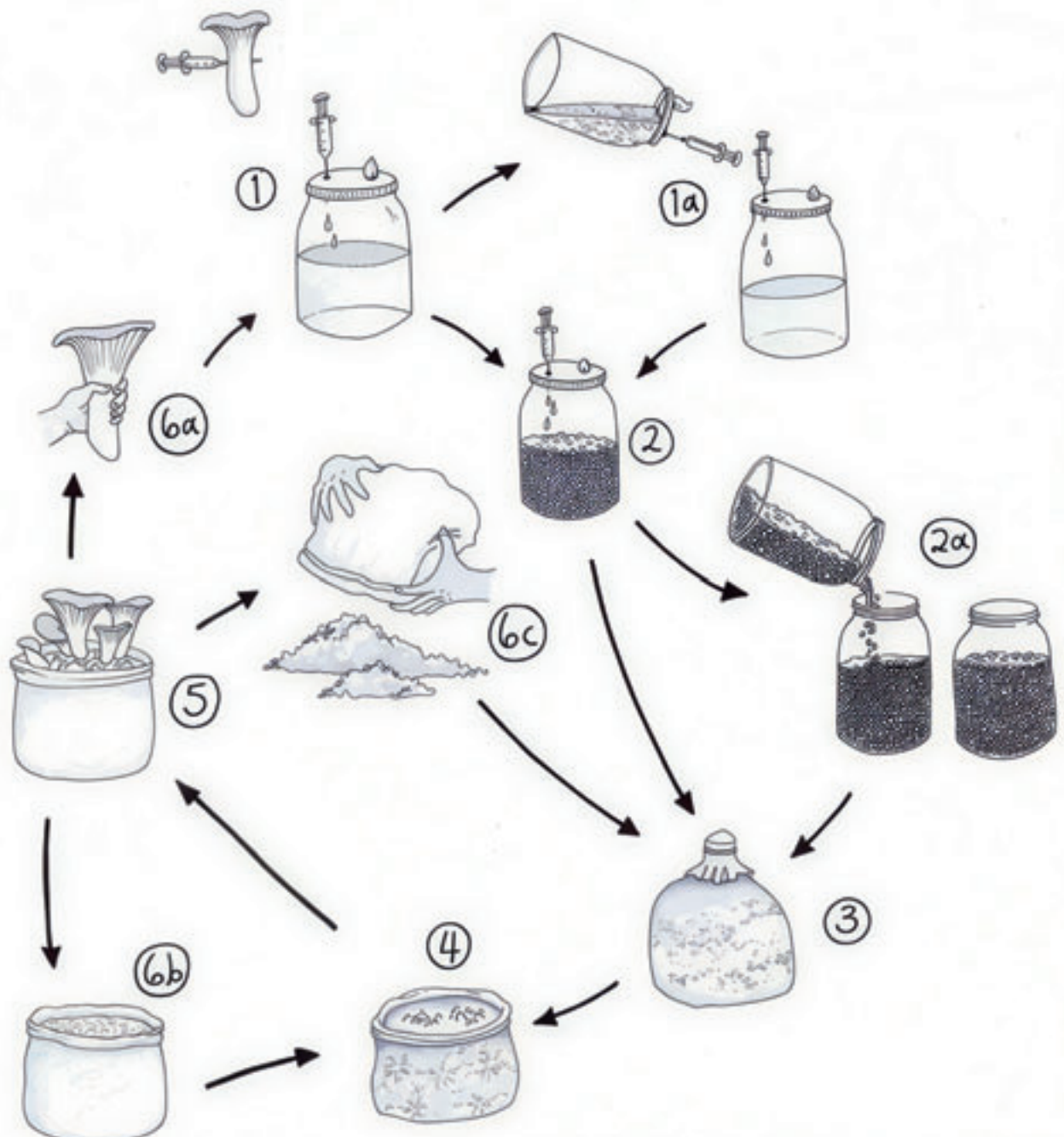
Mit der richtigen Ausrüstung und sauberen Oberflächen zur Vermeidung von Infektionen ist die Pilzzucht in Innenräumen relativ einfach. Sie können Pilze in einem Beutel züchten, was am einfachsten ist, oder in einem Plastikeimer, um größere Erträge zu erzielen.

1 Bereiten Sie die Pilzbrut vor.



Pilzbrut wird hergestellt, indem lebendes Myzel in ein steriles Getreidesubstrat eingebracht wird, das als nährstoffreicher Träger für den Pilz dient. Zur Herstellung werden sterilisierte Getreidekörner wie Mais, Hirse, Roggen oder Weizen verwendet. Das Getreide liefert Kohlenhydrate und andere Nährstoffe, die das Myzel beim schnellen und gleichmäßigen Wachstum unterstützen.

Nachdem das Getreide sterilisiert und abgekühlt wurde, wird es mit Myzel beimpft, das zuvor auf einer Agarplatte oder in einer Flüssigkultur gewachsen ist. Das beimpfte Getreide wird anschließend unter sauberen, warmen und feuchten Bedingungen inkubiert, bis das Myzel es vollständig durchwachsen hat. Dieses vollständig durchwachsene Getreide nennt man Getreidebrut, und es kann später verwendet werden, um größere Substrate wie Sägemehl, Stroh oder Kompost für die Pilzzucht zu beimpfen.



2 Das Substrat vorbereiten.



Das Substrat ist das Material, das dem Pilzmyzel Nährstoffe und Struktur zum Wachsen und zur Fruchtkörperbildung bietet. Es besteht in der Regel aus organischem Material, das reich an Lignin, Hemizellulose und Zellulose ist – zum Beispiel Heu, Holzspäne, Sägemehl, zerkleinertes Papier oder Karton. Diese faserigen Bestandteile dienen vielen Pilzarten, insbesondere holzabbauenden Arten, als Hauptnahrungsquelle.

Um ein schnelleres und gesünderes Wachstum zu fördern, wird das Substrat häufig mit stickstoffhaltigen Materialien wie Reisspelzen, Kleie, Kaffeesatz oder anderen landwirtschaftlichen Nebenprodukten sowie mit Mineralien angereichert, um die Nährstoffzusammensetzung auszugleichen.

Vor der Beimpfung muss das Substrat gründlich sterilisiert werden – in der Regel durch Erhitzen im Dampfdruckkochtopf (Autoklaven) für mindestens eine Stunde. Dieser Schritt tötet unerwünschte Mikroorganismen wie Bakterien, Schimmel oder konkurrierende Pilze ab und schafft eine saubere Umgebung, in der das Myzel das Substrat erfolgreich durchwachsen kann.

3 Das Substrat beimpfen.



Nach der Sterilisation muss das Substrat vollständig auf Raumtemperatur abkühlen, bevor die Pilzbrut hinzugegeben wird. Wenn das Myzel in ein noch warmes Substrat eingebracht wird, kann es geschädigt oder abgetötet werden – daher ist Geduld in diesem Schritt besonders wichtig.

Sobald das Substrat abgekühlt ist, wird die Pilzbrut (Myzel auf Getreide) in einer Menge von etwa 10 % des Substratgewichts sorgfältig eingemischt. Dieses Verhältnis sorgt für eine schnelle und gleichmäßige Durchwachsung und verschafft dem Myzel einen deutlichen Vorsprung gegenüber möglichen Verunreinigungen. Die Mischung sollte gleichmäßig verteilt werden, damit Luftzirkulation und Myzelwachstum optimal verlaufen.

DIY-Laminar-Flow-Tisch
im Gobnjak

Alle Oberflächen, Werkzeuge und Behälter, die mit dem Substrat oder der Brut in Kontakt kommen, sollten zuvor mit Alkohol (70 % Isopropanol oder Ethanol) abgewischt werden. Dies verhindert Infektionen durch Bakterien, Schimmel oder andere Pilze, die die Kultur gefährden könnten.

In eine sterile Plastiktüte oder einen mit Alkohol abgewischten Eimer mit Löchern (alle 10 cm) füllen und leicht zusammendrücken. Den Behälter oder die Tüte verschließen.



Anzuchtbeutel mit
Filter.

4 Inkubation – Wachstum des Myzels.



Nach dem Verschließen des Behälters oder Beutels folgt die Inkubationsphase, in der das Pilzmyzel das Substrat durchwächst und vollständig besiedelt. Das Substrat sollte an einem dunklen, sauberen und gut belüfteten Ort bei Raumtemperatur gelagert werden. Die genaue Temperatur hängt von der jeweiligen Pilzart ab – die meisten Arten wachsen am besten bei 20–27 °C.

Während der Inkubation breitet sich das Myzel von der Getreidebrut in das umliegende Substrat aus und nutzt das organische Material als Nahrungsquelle. Dieser Vorgang dauert in der Regel 2–3 Wochen, kann jedoch je nach Bedingungen und Pilzart variieren.



Das Substrat ist bereit für die nächste Phase, wenn es gleichmäßig weiß und fest durchwachsen ist – ein Zeichen für eine erfolgreiche Kolonisation und ein gesundes Myzel.

Substrat nach 3 Tagen Inkubation.

5 Fruchtungsphase – Bildung der Pilze.



Sobald das Substrat vollständig vom weißen Myzel durchwachsen ist, beginnt die Fruchtungsphase, in der sich die Pilze entwickeln. Der Beutel oder Behälter wird in eine helle, feuchte Umgebung gebracht – mit indirektem Licht, einer Temperatur von etwa 18–22 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 85–95 %. Diese Bedingungen ahmen die natürliche Umgebung nach, die das Pilzwachstum auslöst.

Schneiden Sie kleine Schlitzte oder Löcher in die Seiten des Beutels oder Behälters, damit die Pilze austreten können. Das Myzel reagiert auf frische Luft und Licht, wodurch die Bildung der Fruchtkörper angeregt wird.

Achten Sie auf eine gute Luftzirkulation, um eine Ansammlung von Kohlendioxid zu vermeiden und Schimmelbildung vorzubeugen. Besprühen Sie den Bereich regelmäßig mit Wasser oder verwenden Sie einen Luftbefeuchter, um eine gleichmäßige Feuchtigkeit aufrechtzuerhalten, ohne das Substrat zu durchnässen.

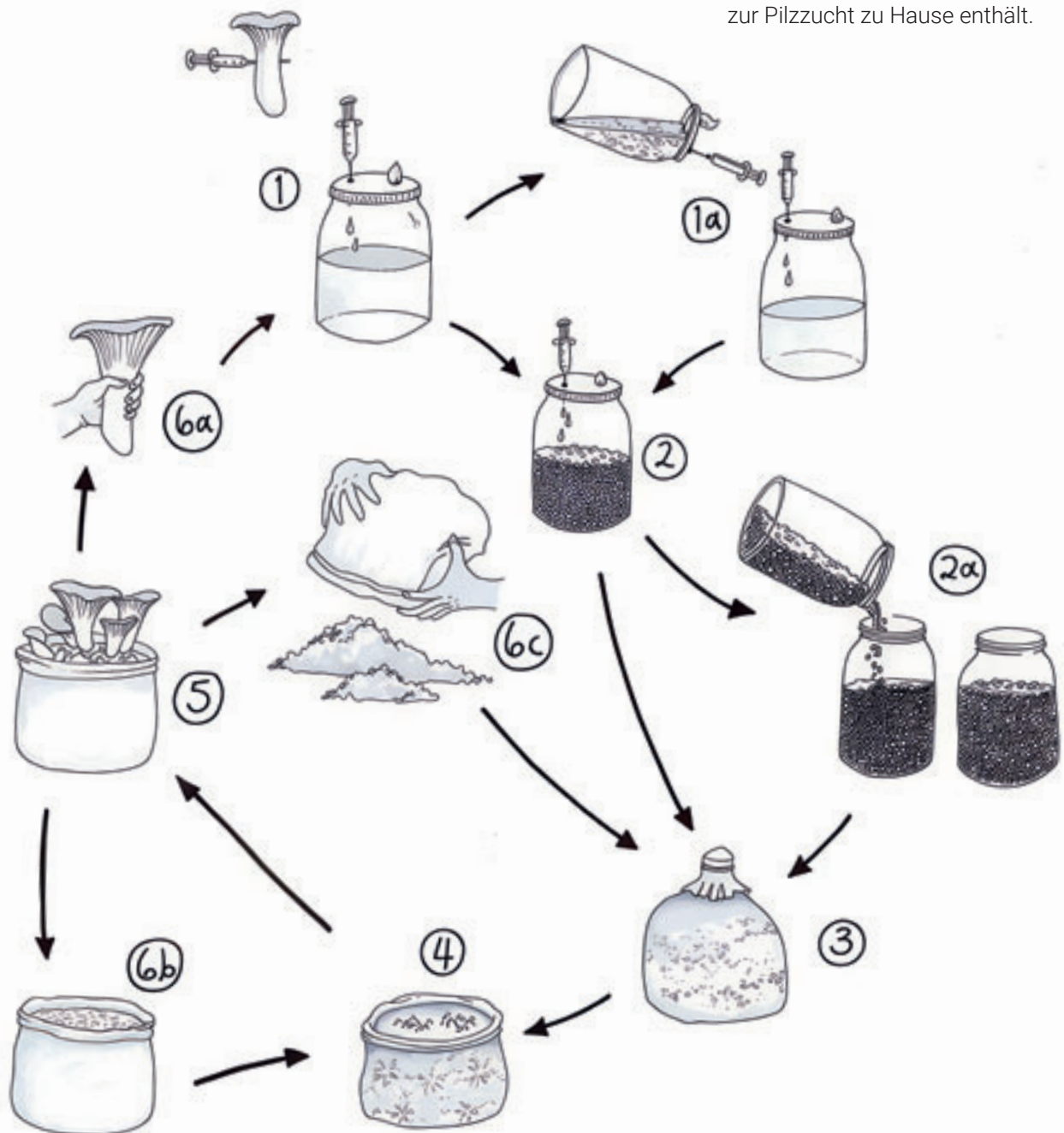
Wenn die Pilze ihre volle Größe erreicht haben, sie vorsichtig an der Basis drehen oder abschneiden. Nicht ziehen, um das Substrat nicht zu beschädigen. Nach der Ernte das Substrat feucht halten – es kann noch 2–3 weitere Erntewellen in den folgenden Wochen geben.

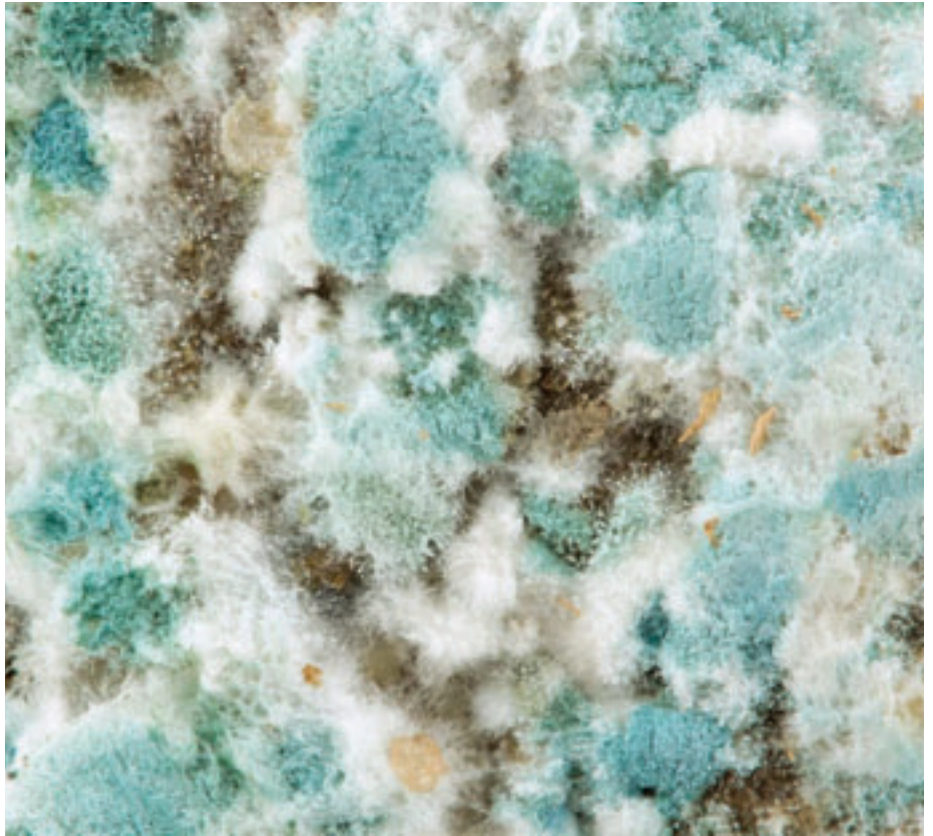
Gobjak-Pilze-Keller.



5.1 Spickzettel für die Pilzzucht.

Weitere Informationen zum Pilzzucht finden Sie in dem Buch „DIY mushroom cultivation: Growing mushrooms at home for food, medicine, and soil“ von Willboughby Arevalo, das ausführliche Informationen zur Pilzzucht zu Hause enthält.





6 Probleme bei der Pilzzucht.

Eines der größten Probleme beim Pilzanbau ist die Kontamination. Schädliche Mikroorganismen wie Schimmel, Bakterien oder konkurrierende Pilze können in das Substrat eindringen und das Myzel abtöten oder verdrängen, wodurch die Ernte verloren geht. Kontamination tritt häufig auf, wenn das Substrat nicht richtig sterilisiert oder pasteurisiert wurde oder die Arbeitsumgebung während der Beimpfung oder Handhabung nicht sauber genug war.

Weitere Faktoren, die das Pilzwachstum negativ beeinflussen können:

Saubere Umgebung: Arbeiten Sie in einem desinfizierten Bereich, wischen Sie Oberflächen mit Alkohol ab und vermeiden Sie, dass durch Hände, Werkzeuge oder Luftkontaminationen eingeführt werden.

Feuchtigkeit: Pilze benötigen hohe Luftfeuchtigkeit für die richtige Entwicklung. Zu geringe Feuchtigkeit kann das Substrat austrocknen und die Fruchtung hemmen, zu hohe kann Schimmel begünstigen.

Temperatur: Jede Pilzart hat einen optimalen Temperaturbereich. Zu hohe oder zu niedrige Temperaturen verlangsamen das Myzelwachstum, fördern Kontaminationen oder verhindern die Fruchtung.

Belüftung: Frische Luft ist wichtig für die gesunde Bildung von Fruchtkörpern. Schlechte Luftzirkulation führt zu Kohlendioxidansammlungen, Deformationen oder verkümmertem Wachstum.

Licht: Indirektes Licht signalisiert dem Myzel die Fruchtung. Lichtmangel kann die Pilzbildung verzögern oder reduzieren.

Aufmerksames Management dieser Schlüsselfaktoren ist entscheidend, um gesunde und produktive Pilze zu züchten, noch 2–3 weitere Erntewellen in den folgenden Wochen geben.

Übersicht über bestehende Projekte.

Kreislaufwirtschaft und Pilze

Durch die Verwendung von Kaffeeabfällen (Kaffeersatz) hat der Designer (Andrija Mihajlović) ein System entwickelt, mit dem biologische Abfälle aus Cafés wiederverwertet und in eine wertvolle Ressource für die Pilzzucht umgewandelt werden können.



Pilzzucht-Set von Andrija Mihajlović aus der Bachelorarbeit von ALUO (Universität Ljubljana).

Incorporated Mushrooms (Die Pilze sind zu Hause)

Erforschung der Ästhetik und der Rituale des Zusammenlebens beim Pilzzüchten zu Hause.



Masterarbeit von Melissa Fröhle von der BURG Kunsthochschule.



Mycelia House

Ein 3D-gedruckter Pilzzüchter aus Keramik von Caty Duffy.



- a. Loch oben ermöglicht den Austausch von Frischluft.
- b. Löcher im Terrakotta-Gefäß, durch die die Pilze wachsen können.
- c. Terrakotta-Ola, ein Selbstbewässerungssystem.

- d. Pilze wachsen auf einem gebrauchsfertigen Substrat mit einfachen Grafiken, die anzeigen, wo geschnitten werden muss.
- e. Die X-Markierungen sind mit den Löchern ausgerichtet.

Funghi Factory von Jamie Pybus

Funghi Factory von Jamie Pybus ist ein innovatives DIY-Kit, mit dem essbare Pilze auf recyceltem Kaffeesatz gezüchtet werden können. Es macht Pilzanbau einfach, nachhaltig und ideal für städtische Umgebungen.





GAARA

GAARA ist ein innovatives Heim-Ökosystem von Designer Klil Etrog, das es ermöglicht, essbare Pilze direkt in der eigenen Küche anzubauen. Das System besteht aus einem speziell entwickelten Behälter, der den gesamten Wachstumsprozess der Pilze unterstützt und so den Weg vom „Hof auf den Tisch“ verkürzt. Designboom

GAARA fördert nachhaltige Ernährung und ermöglicht es den Nutzern, frische Pilze direkt zu Hause zu kultivieren. Das Design berücksichtigt sowohl ästhetische als auch funktionale Aspekte, um eine benutzerfreundliche und effiziente Pilzzucht zu gewährleisten.





Warum sollten wir zu Hause Pilze züchten?

Was haben wir gelernt?



1. Pilze bauen Abfall ab. Sie verwandeln Abfall in Nahrung und Substrat in Erde.

2. Sie benötigen wenig Energie, Platz, Arbeit und Infrastruktur.

3. Sie nutzen feuchte Räume in städtischen Umgebungen, die für Menschen ungeeignet sind.

4. Sie sehen in unseren Wohnungen schön aus.

5. Und nicht zuletzt schmecken sie gut, sind nahrhaft und haben viele gesundheitliche Vorteile.

Vielen Dank an Primož Turnšek von Gobjak, der mir wertvolle Erfahrungen aus erster Hand über den Pilzanbau in städtischen Umgebungen vermittelt und mir einen Einblick in die Produktionsanlagen gewährt hat.



Gobjak war früher eine Bar. Der Raum war klein und nicht besonders gut zum Wohnen geeignet, und der feuchte Keller war für viele potenzielle Mieter ein Problem. Die Umwandlung in eine städtische Pilzfarm war daher eine logische, aber sehr innovative Idee.



Gebrauchtes Substrat,
geeignet zur
Bodenverbesserung.



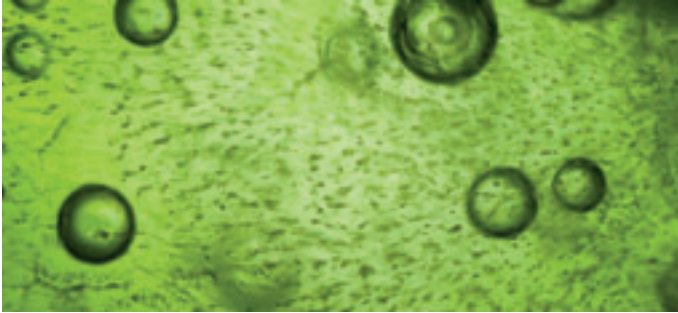
Algenzucht

Recherchiert von Maša Kralj

Mit dem steigenden Bedarf an Fleischalternativen wächst auch die Nachfrage nach nährstoffreichen pflanzlichen Lebensmitteln. Algen, insbesondere Meeresalgen, sind seit langem als Bestandteil der menschlichen Ernährung bekannt und enthalten Nährstoffe, die für ein gesundes Wachstum des Gehirns notwendig sind. In den letzten Jahren hat das gastronomische Interesse an Algen auch die westlichen Länder erreicht. Das Problem war nun, wie man Algen züchtet – nicht weil sie nicht so produktiv wie Landpflanzen wären, sondern weil die derzeitigen Methoden in der Regel komplex und teuer sind. Mit dem steigenden Interesse an Algen stellte sich eine Frage: Können wir Algen nachhaltig von zu Hause aus züchten, ohne ihren Nährstoffreichtum zu beeinträchtigen?

Klassifizierung

Algen sind eukaryotische Organismen und Protisten. Im Allgemeinen werden Algen in Phytoplankton, Mikroalgen und Makroalgen unterteilt.

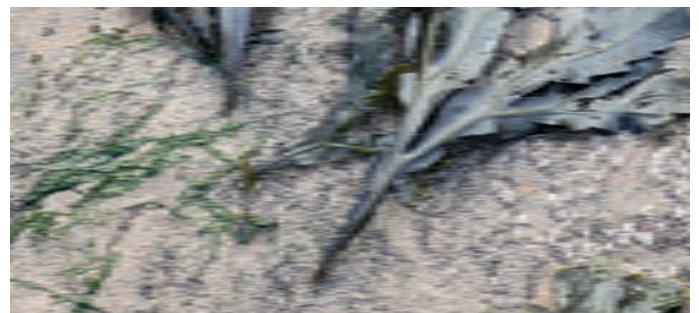


Mikroalgen



Makroalgen

Mikroalgen haben eine einfache Struktur, sind oft einzellig und meist nur unter dem Mikroskop sichtbar. Makroalgen hingegen sind komplexe, mehrzellige Organismen, die mit bloßem Auge erkennbar sind. Letztere werden auch als Seetang bezeichnet, der nicht mit Seegras verwechselt werden sollte. Algen beziehen alle wichtigen Nährstoffe aus ihrer Umgebung (Wasser) und nutzen ihre Haftorgane (Haftorgane) nur zur Stabilisierung und zum Verharren in ihrer Position, während Seegras, das mit Pflanzen verwandt ist, über ein Wurzelsystem verfügt, das sowohl zur Stabilisierung als auch zur Aufnahme von Nährstoffen aus dem Boden dient. Phytoplankton gilt als eine besondere Art von Mikroalgen, da es aus einzelligen Algen und Cyanobakterien besteht, die früher als Blaualgen galten, obwohl es sich um Bakterien handelt.



Chlorophyll und Farbe

Algen kommen sowohl in Süß- als auch in Meerwasser vor. Es gibt etwa 182.000 bekannte Algenarten, von denen 10.000 Meeresalgen sind.

Grünalgen



Braunalgen



Rotalgen



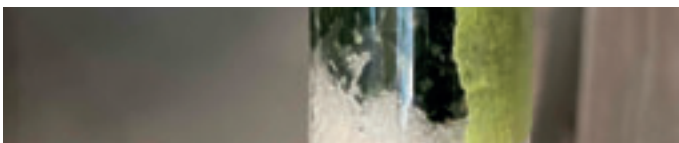
Diese unterteilen wir grob nach ihrem Chlorophyllgehalt in grüne (Chlorophyta), braune (Phaeophyceae) und rote (Rhodophyta) Meeresalgen. Die ersten enthalten Chlorophyll a und b, die braunen Chlorophyll a und c₂, Carotin und Xanthophyll und die roten enthalten die Pigmente r-Phycoerythrin und r-Phycocyanin. Es wird geschätzt, dass es in Meeresgewässern 1.800 Arten brauner Makroalgen, 6.200 Arten roter Makroalgen und 1.800 Arten grüner Makroalgen gibt.

Essbarkeit

Nur wenige Algenarten sind nicht essbar, aber diejenigen, die es nicht sind, sind für Säugetiere sehr giftig. Alle Makroalgen sind ungiftig, mit einer Ausnahme: die Braunalge *Desmarestia*, die als Abwehrmechanismus gegen Seeigel, die sie fressen wollen, Schwefelsäure freisetzt. Auch wenn Algen im Allgemeinen als essbar gelten, besteht ein Risiko, wenn sie in unkontrollierten oder verschmutzten Gebieten gesammelt oder geerntet werden, da Algen dazu neigen, Schwermetalle wie Cadmium, Quecksilber, Blei und Arsen anzureichern. Die Ursachen für die Verschmutzung in diesen Gebieten, die so nah an den Küstenlinien liegen, sind Übertourismus, intensive und nicht nachhaltige Landwirtschaft mit dem Einsatz giftiger Düngemittel und nahegelegene Industrieanlagen.



Desmarestia



Obwohl Algen essbar sind, sind nicht alle von ihnen aufgrund ihrer Zähigkeit oder ihres nicht besonders guten Geschmacks für den menschlichen Verzehr geeignet. Einige können frisch und roh gegessen werden, wenn sie in sauberen Gewässern gesammelt werden, aber die meisten müssen verarbeitet werden – getrocknet, gekocht, geröstet oder fermentiert. Die Fermentierung von Seetang ist ein neues gastronomisches Experiment. Ziel ist es, den fischigen Geschmack von Seetang zu reduzieren und ihm mehr Umami zu verleihen. Darüber hinaus würde die Fermentierung den energieintensiven Trocknungsprozess reduzieren und durch den Einsatz von Milchsäurebakterien den potenziellen Schwermetallgehalt im Seetang verringern.

Ernährung

Algen, insbesondere Meeresalgen, sind hervorragende Nährstoffquellen, aber es ist in der Regel nicht möglich, die empfohlene Tageszufuhr allein durch den Verzehr von Algen zu decken. Ihr Mineralstoffgehalt ist zehnmal höher als der von Landpflanzen, und Menschen, die viel Algen essen, leiden selten an Mineralstoffmangel. Obwohl sie kalorienarm sind, da die meisten Ballaststoffe unlöslich sind, unterstützen sie den Stoffwechsel und die Anreicherung mit notwendigen Mineralstoffen. Lösliche Ballaststoffe – Agar, Carrageen und Alginat – werden zur Herstellung von Gelen verwendet.

Außerdem sind Algen fettarm, wobei grüne Meeresalgen den geringsten Fettgehalt aufweisen. 30–70 % davon sind mehrfach ungesättigte Fette, wobei es sich überwiegend um Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren handelt, deren Anteil zwischen 0,3 und 1,8 liegt. Zum Vergleich: Die empfohlene Zufuhr für den Menschen liegt bei 0,05 und 0,1, was bedeutet, dass sie ein nahezu ideales Verhältnis für die menschliche Ernährung aufweisen. Algen enthalten auch EPA und DHA, letzteres in der Regel in sehr geringen Mengen. Der DHA-Gehalt ist in Mikroalgen deutlich höher. Deshalb wurden sie manchmal Säuglingsnahrung zugesetzt, um das Gehirnwachstum zu fördern, wie es bei Muttermilch normal ist.



Der Proteingehalt besteht aus allen wichtigen Aminosäuren, insbesondere den essentiellen, die wir nicht in unserem Körper synthetisieren können und die wir über die Nahrung aufnehmen müssen.

Vor allem Rotalgen enthalten auch Taurin, eine Aminosäure, die sich mit Cholesterinmolekülen verbindet und diese aus dem Körper ausscheidet, wodurch der Cholesterinspiegel im Blut gesenkt wird.

Mineralien

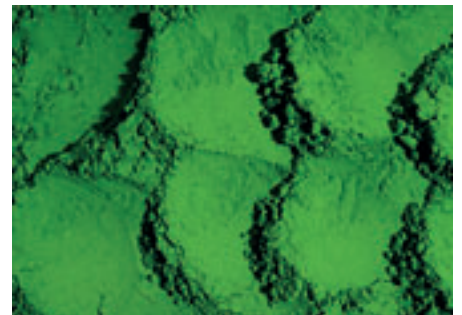


Dulse

In Algen enthaltene Mineralstoffe sind Jod, Kalzium, Phosphor, Magnesium, Eisen, Natrium, Kalium und Chlor, mit bedeutenden Spuren von Zink, Kupfer, Mangan, Selen, Molybdän und Chrom. Die größten Mengen an Jod finden sich in Braunalgen, während Landpflanzen nur einen geringen Jodgehalt aufweisen. Die Algenart, die am wenigsten Vitamine und Mineralstoffe enthält, ist Dulse, dafür ist sie jedoch reich an Kalium.

Ich habe A, B6, B9, B12, D, Vitamin E, Eisen, Zink, Kupfer, essentielle Fettsäuren, Aminosäuren und Chlorophyll. Und wissen Sie was? All das ist in Algen enthalten.

Catharine Arnston



Spirulina

Vitamine

Enthaltene Vitamine sind Vitamin A, Vitamin B (B1, B2, B3, B6, B12, Folsäure), Vitamin C und Vitamin E, während Algen kein Vitamin D enthalten. Mikroalgen enthalten Vitamin D3. Beispielsweise ist die Alge Nori reichhaltiger an Vitamin C als Orangen und gilt auch als wichtige Quelle für Vitamin B12.

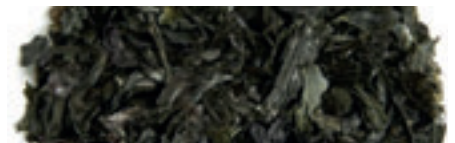


Algenzucht

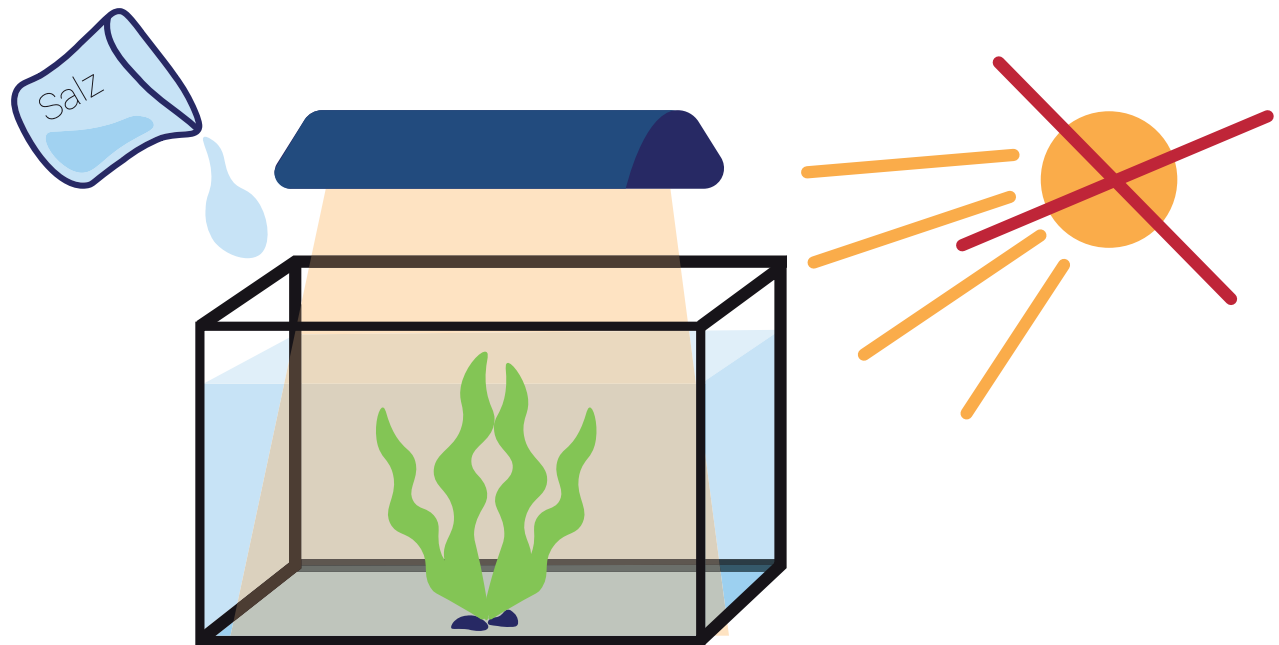
Makroalgen

Für die Zucht von Seetang zu Hause benötigt man ein großes Aquarium mit Heizung oder Kühlgerät, Seetang-Starterkultur, Luftpumpe, Steinen/Netz/Felsen, Belüfter und Vollspektrum-Aquarienbeleuchtung (Hochdruck-Natriumdampflampen oder spezielle LED-Leuchten).

Das Aquarium sollte vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt aufgestellt werden. Das entchlorierte Wasser sollte gelöstes synthetisches Meersalz oder Kochsalz enthalten, um einen Salzgehalt von etwa 35 Gramm pro Liter zu erreichen. Zunächst muss die Algen-Starterkultur akklimatisiert werden. Dazu lässt man sie 15 Minuten lang in einem verschlossenen Beutel auf der Wasseroberfläche schwimmen. Nach der Akklimatisierung wird die Alge durch Befestigen von Haftfäden an Steinen, Felsen oder Netzen am Boden des Beckens gesichert. Die Wassertemperatur sollte zwischen 20 und 24 °C liegen. Die Aquarienbeleuchtung sollte 8 bis 10 Stunden am Tag das erforderliche Licht liefern. Die Wasserqualität, der pH-Wert (7–8) und der Salzgehalt sollten regelmäßig überwacht werden. Zur Sauberhaltung der Umgebung sollte wöchentlich ein Teilwasserwechsel durchgeführt werden. Die Sauberkeit kann auch durch einen UV-Sterilisator erreicht werden. Während des Wachstums sollten reife Teile (in 4–6 Wochen) mit einer Schere abgeschnitten werden, ohne die Basis zu beschädigen. Da Algen ihre Nährstoffe aus dem Wasser aufnehmen, müssen dem Wasser einige Nährstoffe und Düngemittel zugesetzt werden.



Algen wachsen 10- bis 30-mal schneller als Landpflanzen und sind 20-mal produktiver als herkömmliche Nutzpflanzen.



Wakame

Geeignete Algen für die Zucht zu Hause sind Kelp, Wakame, Nori (Porphyra), Meersalat (Ulva Lactuca), Irisches Moos (Chondrus crispus), Gracilaria (Ogonori) und Dulse. Am einfachsten zu züchten ist Wakame.

Algenzucht

Makroalgen

Für die Kultivierung von Mikroalgen zu Hause kann ein Photobioreaktor verwendet werden.

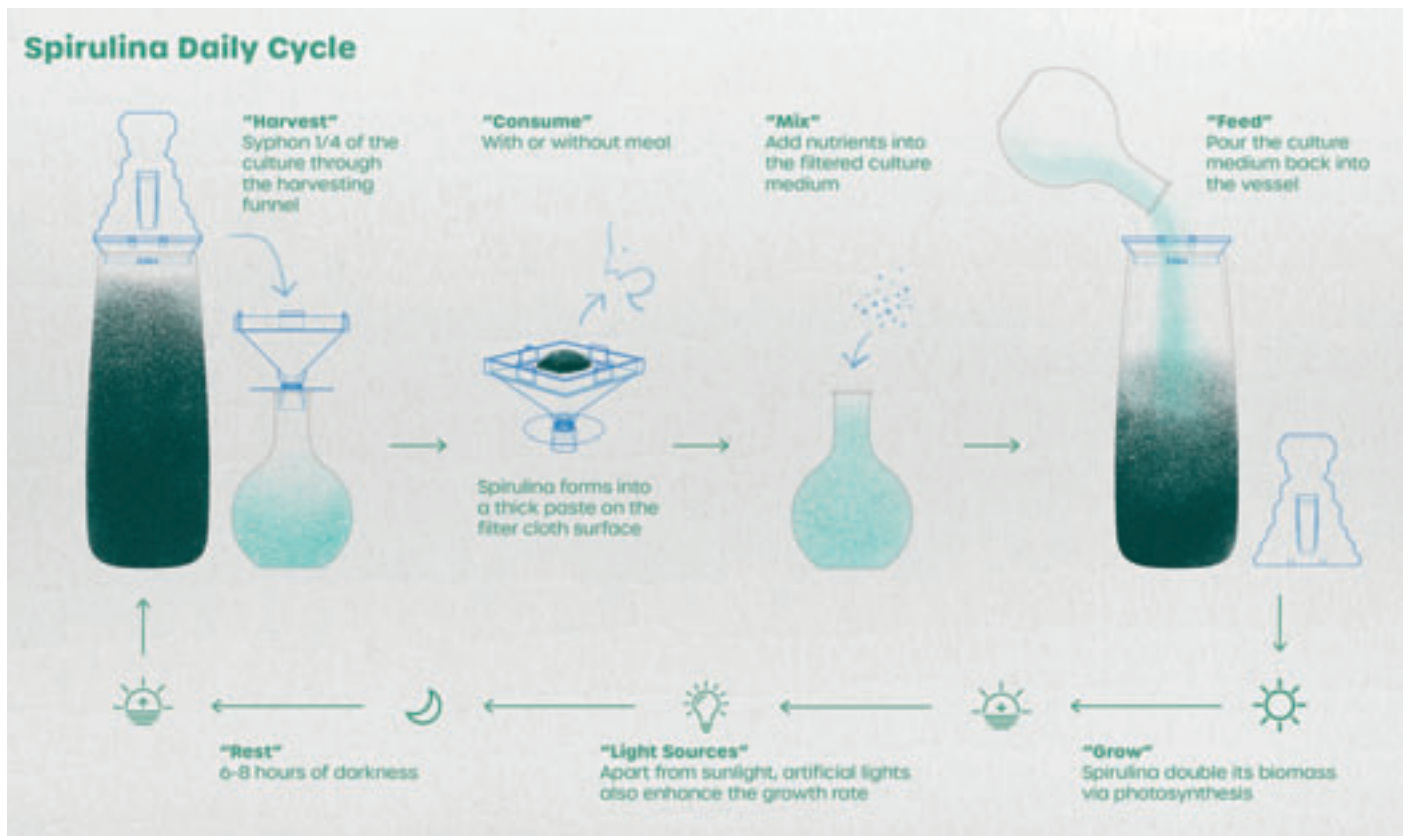
Der Beutel sollte nicht direktem Sonnenlicht ausgesetzt werden. Die Spirulina-Starterkultur wächst bei 22–28 °C ohne direkte Sonneneinstrahlung und muss zweimal täglich geschüttelt werden. Wenn sie dickflüssig wird, ist die Kultur fertig. Wenn die Kultur nicht gesund aussieht, liegt dies an zu viel Licht oder Stickstoffmangel und sie sollte in einen neuen Kolben umgefüllt werden. Der Behälter sollte unter den Bioreaktor gestellt werden. Der LDPE-Schlauch sollte auf eine Länge von 1,3 m zugeschnitten werden. Der Beutel sollte über der berechneten Schlauchlänge für das angestrebte Volumen (45 cm für 2 l) abgeschnitten werden. Durch die Öffnung werden der Heizkörper und die Wassersteine am Boden des Beutels platziert. Für ein Startvolumen von 2 l sollten 1 l dichte Algenkultur und 1 l Kulturmedium hinzugefügt werden. Der Beutel sollte oben zugeklemmt werden, um den Kontakt mit Luft zu minimieren, damit die Feuchtigkeit im Inneren des Beutels kondensieren und zurücktropfen kann. Der anfängliche Wasserstand sollte markiert werden, damit man weiß, wann nachgefüllt werden muss. Der Heizkörper sollte auf 30 °C eingestellt werden. Zum Ernten der Spirulina sollte ein Kaffeefilter verwendet werden. Die Rückstände im Beutel sollten mit einer 10-prozentigen Bleichlösung entsorgt werden. Da Spirulina umweltschädlich ist, muss sie ordnungsgemäß entsorgt werden.

Die alternative Methode besteht darin, sie in Gärtanks zu kultivieren.



„Einer der besten Aspekte beim Anbau eigener Spirulina ist das Wissen, dass das Produkt, das Sie anbauen, so rein und frei von Verunreinigungen wie möglich ist.“

Dr. Aaron Baum



Ernteprozess von Spirulina aus Spirulina Society



Für die Kultivierung zu Hause eignen sich die Mikroalgen Spirulina (*Arthrospira platensis*), *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella salina* und *Haematococcus pluvialis*.

Innovative Projekte

Spira von Rob Russell

Spira ist ein Tischgerät, mit dem die Kultivierung von Spirulina zu einer intuitiven Alltagsaufgabe wird, ähnlich wie das Zubereiten von Kaffee. Es nutzt das Prinzip der Kultivierung in einem Photobioreaktor. Damit kann der Benutzer täglich 2 Esslöffel frische Spirulina ernten, was 4,5 Gramm in getrockneter Form entspricht. Anstatt industriell hergestellte Nahrungsergänzungsmittel mit Vitaminen, Mineralien und Antioxidantien oder sogar spezielle Spirulina-Präparate zu kaufen, kann der Benutzer seine eigene frische Nährstoffmischung herstellen. Gleichzeitig reinigt der Photobioreaktor die Luft im Haus, indem er Kohlendioxid im Prozess der Photosynthese nutzt.



Das Gerät besteht aus zwei Acrylrohren, die den Körper bilden, sieben LED-Streifen, die 16 Stunden am Tag Licht liefern, und einer Heizung, die die Temperatur bei 35 °C hält. Die Ernte erfolgt per Knopfdruck, wodurch die Spirulina-Lösung in einen abnehmbaren Erntebehälter geleitet und dort gefiltert wird.





„Home-cultivated spirulina combats the four contributors of food-related greenhouse-gas emissions – production, transport, cooking and waste disposal.“

Rob Russell



Innovative Projekte

Spirulina Society von Anya Muangkote

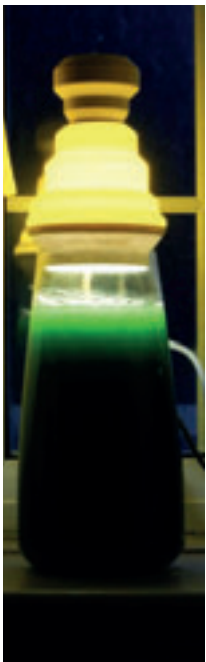
Die Spirulina Society ist eine DIY-Open-Source-Spirulina-Farm für den Anbau von Spirulina zu Hause. Eine Anleitung zum Anbau und zur Ernte von Spirulina wird online zur Verfügung gestellt. Für den Start werden lediglich eine Spirulina-Kultur und ein 3D-Drucker benötigt, aber die Website bietet Unterstützung bei der Beschaffung beider Komponenten. Jeder Teil des Prozesses ist individuell anpassbar, was notwendig ist, da viele Faktoren von der Umgebung, in der der Nutzer lebt, und den Materialien, zu denen er Zugang hat, abhängen.

Das Projekt regt insbesondere dazu an, die Produktion von Lebensmitteln und den Konsum zu überdenken.



"I think raw spirulina could be and should be available for everyone everywhere."

Anya Muangkote





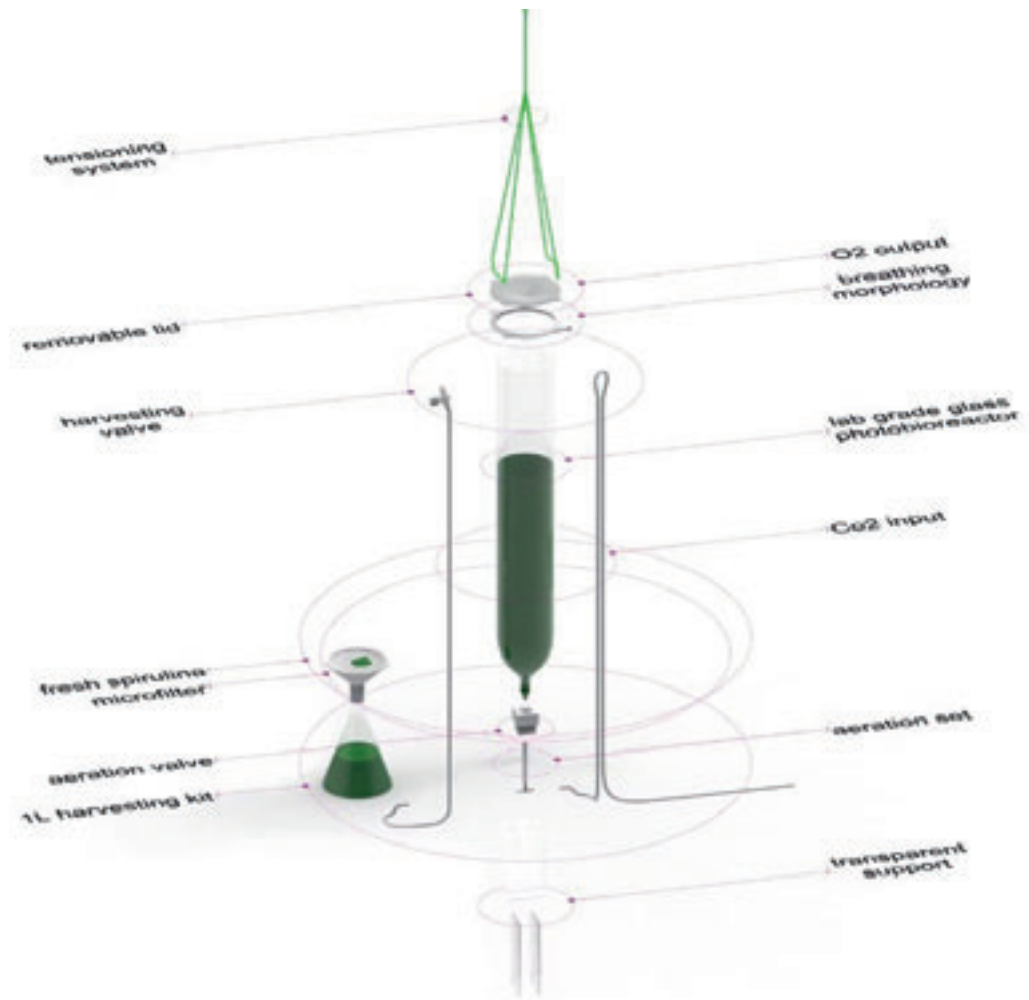
Innovative Projekte

BioBombola von ecoLogicStudio

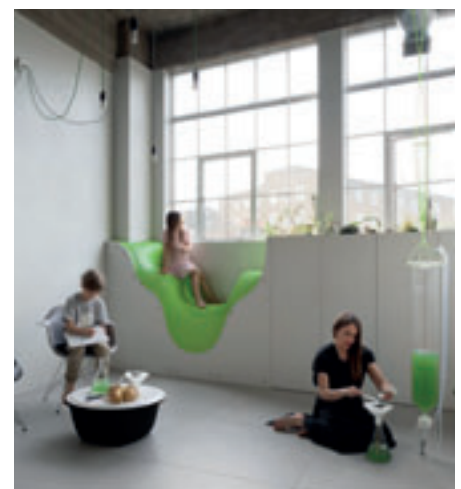
BioBombola ist ein Hausgarten für den Anbau von Algen, der gleichzeitig der nachhaltigen Proteingewinnung und Luftreinigung dient. Während des Lockdowns entwickelten die Designer Giacomo und Lulu mit ihren beiden Kindern das Projekt, das sich zu einer beliebten Familienaktivität entwickelte. Die Ernte der Spirulina ist einfach, wird in der Regel von den Kindern übernommen und später zur Herstellung von proteinreichem Brot verwendet.

Später entwickelten sie den Garten weiter. Das Set umfasst nun ein Ernte-Kit, einen Nährstoffbeutel und eine Startercharge Spirulina-Zellen. Es nutzt das Prinzip eines Photobioreaktors mit 15 Litern lebender Spirulina und einem Nährstoffmedium. Das hinzugefügte Luftleitungssystem und die Luftpumpe rühren das Medium um, um es belüftet zu halten. Die Designer kamen zu dem Schluss, dass das Geräusch, das im Photobioreaktor zu hören ist, ihrem Zuhause eine entspannende Note verleiht.





Die BioBambola lässt sich leicht auf- und abbauen, verändern und an verschiedene Umgebungen anpassen, ohne dabei Abfall zu produzieren. Sie absorbiert die gleiche Menge an Kohlendioxid wie zwei junge Bäume und produziert dabei die gleiche Menge an Sauerstoff wie sieben Zimmerpflanzen. Pro Tag produziert sie bis zu 7 Gramm Spirulina.

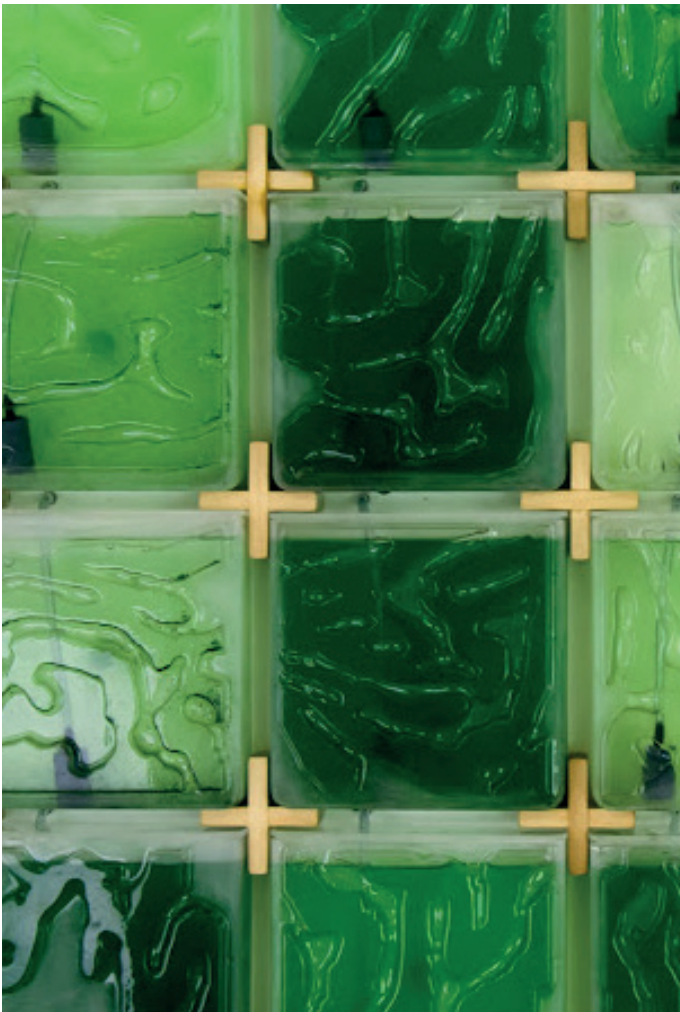


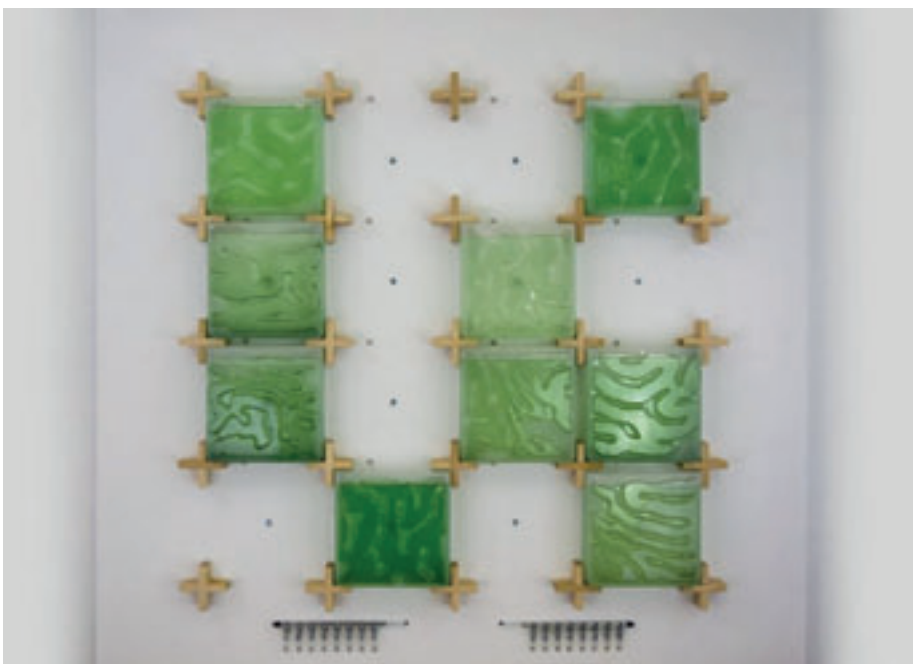
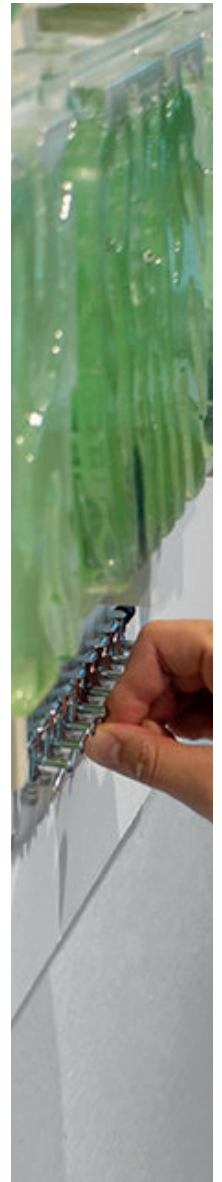
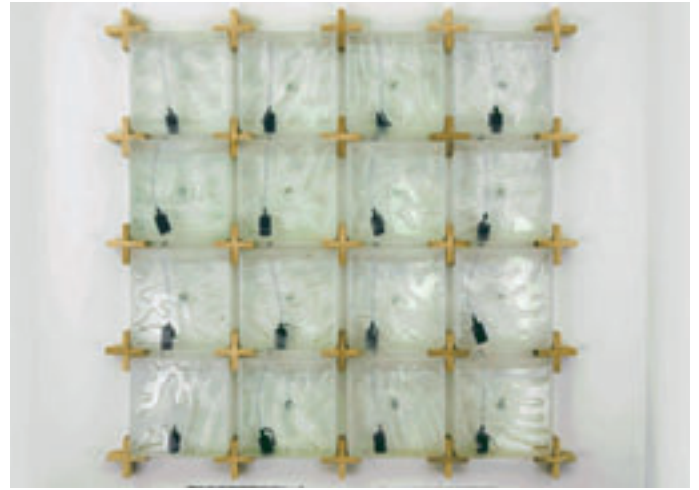
Innovative Projekte

The Coral von Hyunseok An

BioBombola ist ein Hausgarten für den Anbau von Algen, The Coral ist ein Kit zur Züchtung von Mikroalgen, das nach dem Prinzip eines an der Wand montierten Photobioreaktors funktioniert. Es produziert nicht nur nährstoffreiche Spirulina, sondern reinigt auch die Umgebungsluft und bringt Farbe in den Raum, in dem es aufgestellt ist. Pro Tag werden etwa 2 Gramm Spirulina produziert.

Es besteht aus 16 Zellen, die gereinigtes Wasser, Salz, Algennährstoffe und Spirulina-Zellen enthalten. Das Kohlendioxid wird über eine elektrische Pumpe zugeführt. Spirulina kann nach 2 Wochen geerntet werden.







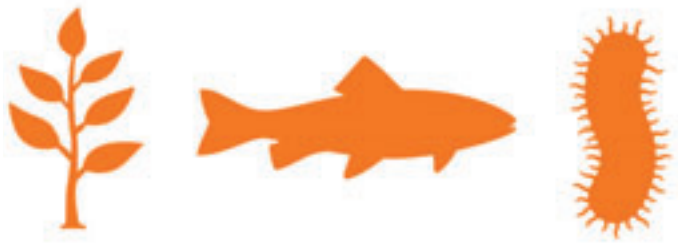
Aquaponik

Recherchiert von Bruno Bleschke

Aquaponik bezeichnet ein kombiniertes System zur Aufzucht von Fischen und zum Anbau von Pflanzen in einem geschlossenen Wasserkreislauf.

Durch die Kopplung beider Elemente können Nährstoffe effizient wiederverwendet werden. Das nährstoffreiche Abwasser der Fischhaltung dient als Dünger für die Pflanzen, welche im Gegenzug das Wasser reinigen. Aquaponik-Systeme gelten als ressourcenschonend, da sie gegenüber konventionellen Anbaumethoden deutlich weniger Wasser und keinen zusätzlichen chemischen Dünger benötigen. Allerdings erfordern sie technisches Know-how und eine sorgfältige Überwachung, um ein stabiles biologisches Gleichgewicht zwischen Fischen, Bakterien und Pflanzen zu erhalten.

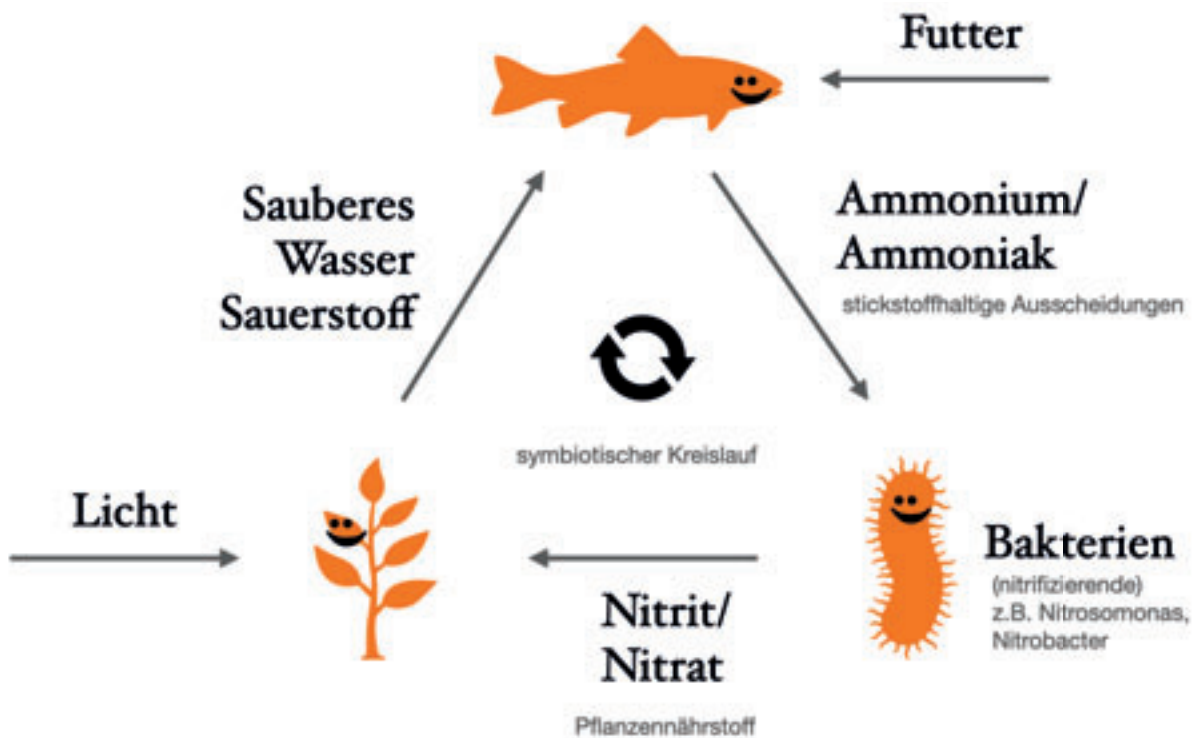
Grundprinzip



Der Begriff Aquaponik ist ein Kofferwort aus Aquakultur (Fischzucht) und Hydroponik (Pflanzenzucht im Wasser). Das Grundprinzip besteht darin, die Fisch- und Pflanzenproduktion in einem gemeinsamen Kreislaufsystem zu verbinden. Nährstoffhaltiges Wasser aus dem Fischbecken wird aufbereitet und den Pflanzen zugeführt, die darin wurzeln oder in einem Substrat wachsen.

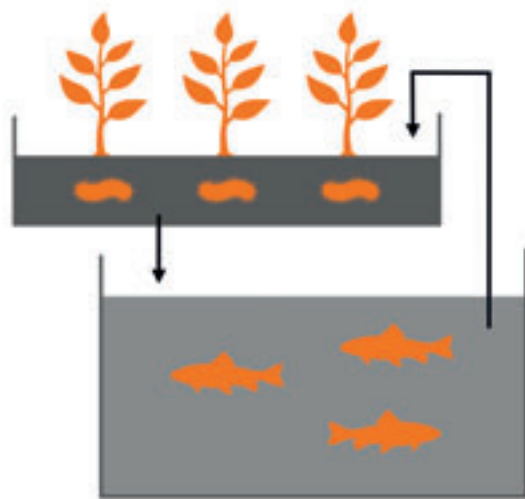
Die Pflanzen entnehmen dem Wasser Nährstoffe wie Stickstoffverbindungen und reinigen es dadurch. Anschließend fließt das gefilterte Wasser zurück zu den Fischen. Durch diese symbiotische Kopplung entsteht ein nahezu geschlossener Nährstoffkreislauf, der den Bedarf an Frischwasser und externen Düngemitteln minimiert.

Gleichzeitig profitieren beide Teilsysteme voneinander. Die Fische erhalten ein stabileres, gereinigtes Wasser, während die Pflanzen kontinuierlich mit natürlichen Nährstoffen versorgt werden. Insgesamt handelt es sich um ein nachhaltiges Anbausystem, das die Stärken von Fischzucht und Hydrokultur vereint.



Stoffkreislauf

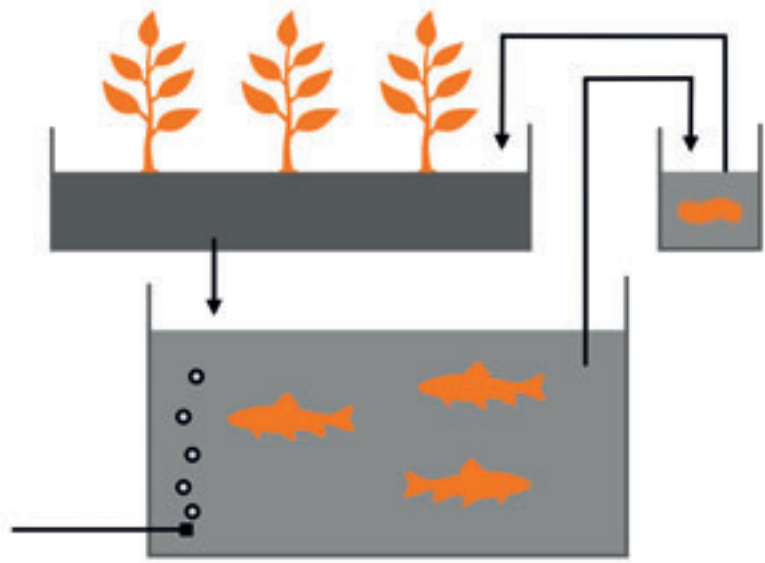
Zentral für Aquaponik ist der Stickstoffkreislauf zwischen den Organismen. Fische scheiden stickstoffhaltigen Abfall in Form von Ammonium (NH_4^+) aus, der in das Wasser gelangt. Spezialisierte nitrifizierende Bakterien, vor allem Nitrosomonas-Arten, oxidieren dieses Ammonium zunächst zu Nitrit (NO_2^-). Anschließend wandeln Nitrobacter-Bakterien das entstandene Nitrit weiter zu Nitrat (NO_3^-) um. Nitrat ist die Form des Stickstoffs, die von den Pflanzen als Nährstoff aufgenommen wird und ihr Wachstum fördert. Die in den Aquaponik-Anlagen angesiedelten Bakterien bilden somit die entscheidende Brücke zwischen Fisch und Pflanze, indem sie giftiges Ammoniak/Ammonium in Pflanzennährstoffe umwandeln. Die Pflanzen entziehen dem Wasser das Nitrat sowie weitere Nährstoffe (z. B. Phosphat) und reinigen es dadurch, bevor es zurück in das Fischbecken gelangt. Auf diese Weise entsteht ein stabiler biologischer Kreislauf. Die Fische liefern den „Rohstoff“ für Dünger, Bakterien übernehmen die Umwandlung in pflanzenverfügbare Nährstoffe, und die Pflanzen fungieren als natürliche Wasserfilter.



Aufbau

Ein einfaches Aquaponiksystem lässt sich beispielsweise mit einem IBC-Container (1000 L Industrietank) aufbauen. Dabei wird der Behälter geteilt und nach dem „Chop and Flip“-Prinzip genutzt. Die untere Behälterhälfte dient als Fischbecken, während die abgetrennte obere Hälfte umgekehrt als Pflanzbeet verwendet wird. Dieses wird mit einem porösen Substrat (häufig Blähton-Kugeln) befüllt, das den Pflanzen Halt gibt und zugleich als biologischer Filter wirkt. Eine Pumpe fördert kontinuierlich oder intermittierend (z. B. im Flut- und Abflussverfahren) das nährstoffreiche Wasser aus dem Fischbecken in das Pflanzbeet. Dort werden Feststoffe zurückgehalten und die im Substrat lebenden Bakterien wandeln die gelösten Abfallstoffe in Pflanzennährstoffe um.

Über ein Überlaufsystem oder einen automatischen Siphon fließt das gereinigte Wasser schließlich zurück ins Fischbecken, womit der Kreislauf geschlossen ist. In einem solchen medienbasierten System übernehmen Substrat und Pflanzbeet die Funktion eines Biofilters, sodass oft kein separater externer Filter notwendig ist. Alternativ kann bei größeren oder komplexeren Anlagen ein externes Filtersystem zwischengeschaltet werden. Hierbei durchläuft das Wasser zunächst einen mechanischen Filter (z. B. Absetzkammer oder Swirl-Filter zur Entfernung von Feststoffen) und einen biologischen Filter (z. B. Filtermaterial oder bewegtes Helix-Medium zur Nitrifizierung), bevor es in die Pflanzenbeete gelangt. Beide Varianten verfolgen das gleiche Ziel, eine stabile Wasserqualität und Nährstoffversorgung sicherzustellen, unterscheiden sich jedoch in Aufbau und Wartungsaufwand.



Historischer Überblick

Die Idee, Fische und Pflanzen in einem gemeinsamen System zu kultivieren, ist nicht neu. Bereits vor Jahrhunderten nutzten verschiedene Kulturen ähnliche Konzepte. So ließen chinesische Bauern vor über 1000 Jahren Karpfen in Reisfeldern schwimmen, wodurch die Fischausscheidungen das Pflanzenwachstum förderten und zugleich zusätzliche Nahrung (Fisch) bereitgestellt wurde. Auch die Azteken praktizierten im 13. Jahrhundert ein vergleichbares System. Sie bauten sogenannte Chinampas, künstliche schwimmende Garteninseln auf seichten Seen, auf denen Pflanzen in nährstoffreichem Schlamm wuchsen und die durch Fischzucht unter den Flößen mit Nährstoffen versorgt wurden.



Bild oben:
<https://i.pinimg.com/originals/75/58/5e/75585e9ba895bab54547d1b0b9d7c954.jpg>

Bild unten:
https://live.staticflickr.com/65535/50116228132_b3fa602e87_c.jpg

<https://www.aquaponik-manufaktur.de/aquaponik-grundlagen/>
<https://www.fischmagazin.de/willkommen-seriennummer-6383-Berlin-AquaponikFarm+ECF+verkauft+direkt+an+den+LEH.htm#:~:text=Berlin%3A%20Aquaponik,kurzen%20Transportwege%20zum%20Lagerhaus%20des>



In der modernen Zeit wurde Aquaponik als wissenschaftliches System ab den 1970er-Jahren vorangetrieben. Pionierarbeit leistete hier Dr. James Rakocy an der University of the Virgin Islands (USA), der bereits Ende der 1970er damit begann, Kreislaufsysteme für Fisch- und Pflanzenproduktion zu entwickeln. Rakocy und Kolleg*innen verfeinerten in den folgenden Jahrzehnten die Technik (u. a. Einführung von Tiefwasser-Kulturbeden und effizienten Biofiltern) und legten damit den Grundstein für viele heutige Aquaponik-Anlagen. In den 2010er-Jahren entstanden weltweit und in Deutschland erste kommerzielle Anlagen.

Ein prominentes Beispiel ist die ECF-Farm Berlin, die 2015 in Betrieb ging. Diese Anlage (ca. 1800 m² Gesamtfläche) produziert Speisefische (Buntbarsche) und Basilikum in einem gekoppelten Aquaponik-System und beliefert dem Lebensmitteleinzelhandel pro Woche rund 7.500 Töpfe „Hauptstadtbasilikum“ sowie entsprechende Mengen Fisch an Berliner REWE-Supermärkte. Solche Projekte zeigen die Realisierbarkeit von Aquaponik im größeren Maßstab und haben sicher auch zur Bekanntheit des Konzepts beigetragen.

DIY

Für Heim- und Kleinprojekte haben sich verschiedene Aquaponik-Bauweisen etabliert. Eine Möglichkeit ist die Tiefwasserkultur (engl. Deep Water Culture, DWC). Dabei treiben Pflanzen in Netztöpfen auf schwimmenden Plattformen (etwa Styroporplatten) direkt auf dem Wasser. Ihre Wurzeln hängen ständig in das nährstoffreiche Wasser ein, das unter ihnen zirkuliert. Diese Methode, oft auch Floß- oder Raft-System genannt, eignet sich besonders für Salate und Kräuter, die im nährstoffreichen Wasser schnell wachsen. Eine weitere verbreitete Variante ist die Nährstoff-Film-Technik (NFT). Hierbei fließt ein dünner Film aus Wasser kontinuierlich durch waagrecht liegende PVC-Rohre oder -Rinnen. In Öffnungen der Rohre sitzen die Pflanzen, sodass ihre Wurzeln vom fließenden Wasser benetzt werden und Nährstoffe aufnehmen können. NFT-Systeme sind platzsparend und werden häufig in vertikalen Gestellen eingesetzt. Daneben existieren medienbasierte Systeme (z. B. mit Kies oder Blähton als Substrat). Hierzu zählt auch das vorher beschriebene IBC-Chop and Flip-System.



Bild: freestylefarm.ca/2014/05/08/diy-aquaponics-workshop-this-sunday/
<https://www.aquaponik-manufaktur.de/aquaponik-grundlagen/>
<https://www.fischmagazin.de/willkommen-seriennummer-6383-Berlin-AquaponikFarm+ECF+verkauft+direkt+an+den+LEH.htm#:~:text=Berlin%3A%20Aquaponik,kurzen%20Transportwege%20zum%20Lagerhaus%20des>



Dieses Prinzip lässt sich auch mit kleineren Behältern umsetzen, etwa mit Aquarien und darübergesetzten Pflanzbehältern oder mit umgebauten Regentonnen. Insgesamt bieten die unterschiedlichen Techniken Flexibilität. Je nach verfügbaren Platzverhältnissen, angestrebten Kulturen und handwerklichem Können kann zwischen einfachen Aquarium-Aquaponiksets, Rohrsystemen bis hin zu modularen IBC-Anlagen gewählt werden.



Bild Oben:
freshideen.com/garten/gartengestaltung/aquaponik-der-nachhaltige-trend-in-sachen-lebensmittel-produzieren.html?image_id=413861#google_vignette

Bild unten: Tonne
pinterest.com/pin/1013098878653369373/

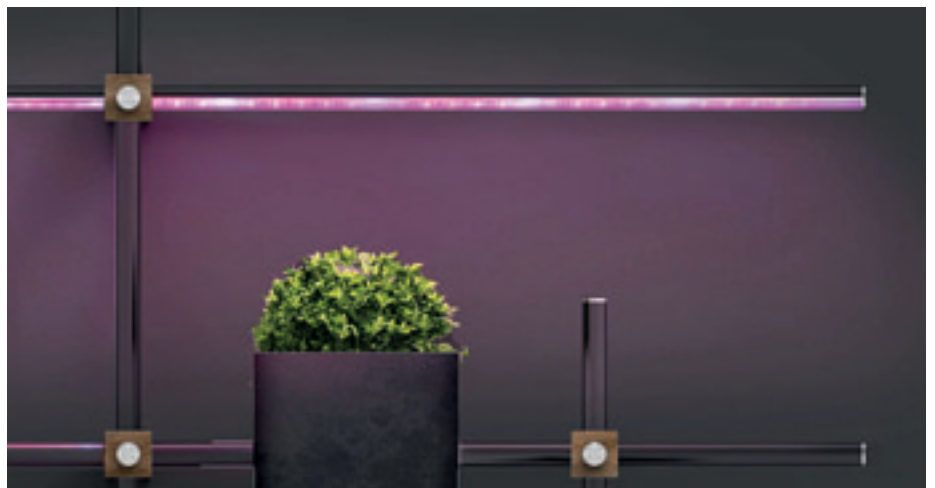
Design Projekte

DARU AQUAPONIK

Anne Dallüge
Jasmin Russo

Prof. Andreas Kalweit
Prof. Matthias Schönherr

2019



... frei skalierbares Pflanzenregal, das über Tröpfchenbewässerung mit Aquarienwasser versorgt wird. Das modulare System bietet hohe Gestaltungsfreiheit durch frei wählbare Materialien und eine anpassbare Form an die individuelle Raumsituation

EVA

François Louis
Édouard Hurtaud

2021



EVA is a unique piece of aquaponics furniture that not only serves as a beautiful addition to any indoor space but also functions as an artificial ecosystem

Nachteile



Aquaponik-Systeme sind in der Einrichtung und im Betrieb anspruchsvoll. Sie erfordern erhöhte Anfangsinvestitionen sowie Fachwissen über Fischhaltung, Pflanzenanzucht und Wasserchemie. Technische Komponenten wie Pumpen, Heizungen und Beleuchtung verursachen einen kontinuierlichen Strombedarf und die Anlage muss täglich überwacht und gewartet werden. Auch das Tierwohl der Fische ist ein Aspekt. In Aquaponik werden Fische meist auf relativ engem Raum mit hoher Besatzdichte gehalten. Größere Becken mit weniger Tieren wären artgerechter, doch ist fraglich, ob das System dann noch effizient genug Nährstoffe für die Pflanzen liefert.

Zudem lassen sich Fischkrankheiten in einem geschlossenen Kreislauf schwieriger behandeln. Der Einsatz von Medikamenten (etwa Antibiotika) ist problematisch, da diese von den Pflanzen aufgenommen würden und somit nicht in die Nahrungskette gelangen dürfen. Im Falle von Pumpenausfällen oder anderen technischen Störungen besteht die Gefahr, dass Fische durch Sauerstoffmangel oder Schadstoffanstieg schnell zu Schaden kommen, was ein robustes Notfallsystem erfordert. Schließlich ist die wirtschaftliche Tragfähigkeit eine Herausforderung. Aufgrund der Kostenfaktoren (Energie, Technik, Personal) und vergleichsweise niedrig erzielbarer Fischpreise arbeiten viele kommerzielle Aquaponik-Anlagen an der Grenze zur Rentabilität.



Vorteile



Aquaponik benötigt je nach Systemauslegung bis zu 90–99 % weniger Frischwasser als konventionelle Landwirtschaft, da das Wasser im Kreislauf bleibt und nur Verluste (z.B. durch Verdunstung) ersetzt werden müssen. Auch Düngemittel werden praktisch nicht extern zugeführt, denn die Pflanzen erhalten alle nötigen Nährstoffe aus dem Fischabwasser. Dadurch werden der Verbrauch von Kunstdünger und die Entsorgung nährstoffreicher Abwässer stark reduziert, was Gewässer und Böden schont. Weiterhin kommen in Aquaponik-Farmen kaum Pestizide zum Einsatz. Chemische Pflanzenschutzmittel würden den Fischen schaden und sind daher tabu, was zu rückstandsarmen Produkten führt. Ein großer Vorteil ist auch die Doppelproduktion von tierischem Eiweiß (Fisch) und pflanzlicher Ernte auf gleicher Fläche.

Im Optimalfall lässt sich so ein höherer Gesamtertrag erzielen, da zwei Nutzprodukte gleichzeitig gewonnen werden. Dies kann die Flächeneffizienz steigern und bietet insbesondere in Städten die Möglichkeit, auf begrenztem Raum Lebensmittel zu erzeugen. Aquaponik-Anlagen lassen sich urban betreiben, z.B. in Gewächshäusern auf Dächern oder brachliegenden Industrieflächen, nahe bei den Verbrauchern. Damit entfallen weite Transportwege und Abwärme aus städtischen Quellen kann zum Beheizen der Fischbecken genutzt werden. Unter kontrollierten Bedingungen wachsen viele Pflanzen zudem schneller und ganzjährig. Faktoren wie Unkraut, Schneckenfraß oder Witterungseinflüsse entfallen. Insgesamt gilt Aquaponik als sehr effizientes Verfahren.

Wasser, Nährstoffe und Fläche werden optimal ausgenutzt und die Produktion von Fisch und Gemüse erfolgt im Vergleich zu getrennten Systemen wesentlich umweltfreundlicher. Bei fachgerechtem Betrieb kann ein Aquaponik-System wirtschaftlich profitieren, indem es gleichzeitig Fisch und Pflanzen vermarktet. Allerdings müssen für nachhaltigen Erfolg stets die genannten Herausforderungen gemanagt werden.



Kompost und Bokashi

Recherchiert von Henriette Meyer-Stork

Kompost und Bokashi sind zwei Prozesse bei denen organische Abfälle in organischen, nährstoffreichen Dünger umgewandelt werden. Kompost läuft dabei aerob und Bokashi anaerob ab.

Bokashi ist eigentlich eine Vorstufe des Komposts, denn das Bokashi-Ferment kann ohne folgende Kompostierung nicht verwendet werden.

Kompost

aerobe Verrottung



Kompost (lat. *compositum* – „das Zusammengestellte“), bezeichnet sowohl die Sammelstätte (auch „Komposthaufen,“) als auch das dort angehäuften Material und das durch die Verrottung entstandene Produkt.

Kompostierung auch als Rotte bezeichnet, ist der Teil des Nährstoffkreislaufs, bei dem organisches Material unter Einfluss von Luftsauerstoff (aerob) von Bodenlebewesen (heterotroph) abgebaut wird.

Ausgangsprodukte

- grundsätzlich organische Materialien
- Obst-, Gemüse-, Essensreste, Zitrusfrüchte (kleine Mengen)
- Kaffeesatz, Teeblätter
- Brotreste
- Eierschalen
- Zeitungspapier (kleine Mengen)
- Schnittblumen, zerkleinerter Strauchschnitt, Topfpflanzen, Blumenerde, angewelktes Laub, trockenes Gras
- Haare/Federn (kleine Mengen)
- Kleintierstreu (kleine Mengen)



ungünstig

- grundsätzlich alle nicht pflanzlichen Materialien und Küchenabfälle (z.B. Fleisch- und Knochenreste)
- kranke Pflanzen oder Versammeltes
- Asche/Grillkohle
- Fett



Vorbereitung

Damit der Kompostierungsprozess reibungslos abläuft, gibt es einige Regeln zu beachten:

1. Regel

Alle Rohstoffe sollten mindestens auf 10-15 cm zerkleinert werden. Sind die Bestandteile klein, geht die Umwandlung schneller, da die Angriffsfläche für die Mikroorganismen vergrößert wird und es entstehen (bei sachgemäßer Pflege) keine negativen Begleiterscheinungen, wie Gestank oder Fäulnis.

2. Regel

Kompost besteht aus weichen, wasserhaltigen Bestandteilen (z. B. Obstreste) und harten, trockenen Materialien (z. B. Baum- und Strauchschnitt). Eine regelmäßige Durchmischung fördert die Durchlüftung. Bei zu dichter Aufschüttung oder stauender Nässe treten anaeroben Mikroorganismen, die ohne Sauerstoff auskommen. Die Folge ist ein Abbruch der Rotte und das Einsetzen von Gär- und Fäulnisprozessen, wodurch neben unangenehmen Gerüchen auch klimaschädliche Gase, wie Methan und Lachgas freigesetzt werden.

3. Regel

Der Kompost sollte vor Licht und Niederschlägen geschützt und deshalb immer abgedeckt werden. Deshalb bedarf er zwischendurch einer Befeuchtung.

Bei viel holzigem oder trockenen Material kommt es zu einem Mangel an Stickstoff, was die Rotte verlangsamt. Ebenso bei übermäßig weichen und nassen Bestandteilen. Das Material sinkt fest zusammen und fängt unter anschließendem Luftausschluss zu faulen, was auch die Rotte verlangsamt oder sogar ganz verhindert.

Kompostierung

im städtischen Kompostwerk

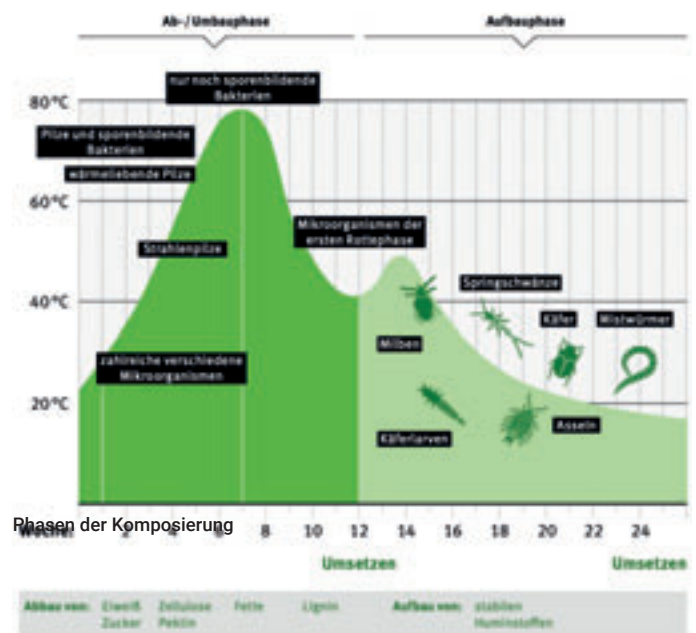
Die Kompostierung in einem städtischen Kompostwerk läuft gewöhnlich in vier Phasen ab: Vorrotte, Heißrotte, Hauptrotte und Nachrotte.

Prozess

1. Phase

Die 1. Phase, die Vorrotte, ist die Abbauphase. Sie dauert 1-2 Wochen. Hier werden zunächst leicht abbaubare Eiweiße und Zucker (z. B. aus Obstresten) durch Mikroorganismen, wie Pilze oder Bakterien zerlegt. Beim Abbau der leicht zersetzbaren Substanzen kommt es zu einer Anreicherung von organischer Säure, weshalb der pH-Wert im Komposthaufen leicht absinkt.

Bei der Zersetzung wird außerdem überschüssige Energie in Form von Wärme abgegeben, wodurch es zum stetigen Aufheizen des Komposts kommt. Die Temperatur steigt auf ca. 40°C.



2. Phase

Die 2. Phase wird als Heißrotte bezeichnet. Diese findet in der 2.-7. Woche statt. Es werden weiterhin die leichtabbaubaren Zucker und Eiweiße zerlegt. Hinzu kommt aber jetzt noch der Abbau von schwerer verwertbaren Bestandteilen der pflanzlichen Zellwand (Zellulose, Pektin). Dies geschieht vorwiegend durch Pilze. Außerdem werden nun auch pflanzliche Fette durch Bakterien abgebaut. Aufgrund der steigenden Temperatur sterben die Mikroorganismen aus der Phase der Vorrotte und es treten neue Organismen auf, wie zum Beispiel wärmeliebende Pilze und Strahlenpilze und in den besonders warmen Bereichen des Komposts auch sporenbildende Bakterien. Die Temperatur kann im Inneren des Komposthaufens auf bis zu 60-70°C steigen.

Durch die extreme Hitze werden Wildkrautsamen und Keime abgetötet und es bleibt am Ende der Phase eine hygienisierter Frisch- oder Rohkompost zurück, der schon als Mulch und organischer Langzeitdünger für Beete genutzt werden kann.

Durch die Freisetzung von Alkalimetallen (Natrium, Kalium) und Erdalkalimetallen (Magnesium, Calcium), der Verwertung organischer Säuren und der Bildung von Ammoniak und Ammonium kommt es zudem zu einem Anstieg des pH-Wertes.

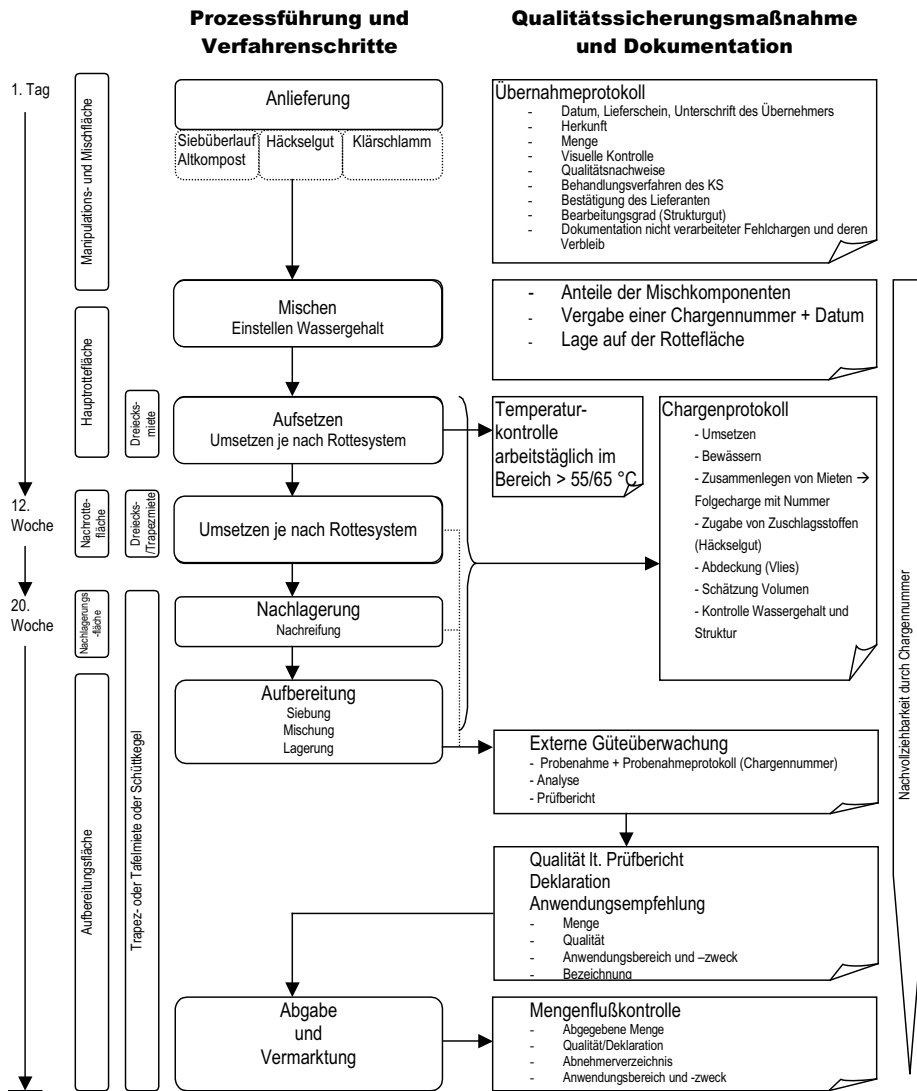


Abbildung 9-1: Schema der Prozessführung und begleitende Qualitätssicherungsmaßnahmen sowie Dokumentation am Beispiel einer Klärschlammkompostierungsanlage mit offener Mietenkompostierung

3. Phase

In der Hauptrotte und damit Phase 3 der Kompostierung kommt es nun zum Abbau des in Holz und verholzten Pflanzenteilen vorkommenden Lignin durch Hutpilze. Dies geschieht in der 7.-12. Woche. Der Abbau der leicht zersetzbaren organischen Materialien ist weitgehend abgeschlossen und es beginnt der Aufbau von Humusstoffen und Huminstoffen. Die Temperatur sinkt nun langsam auf 40-45°C.

4. Phase

Nach der Hauptrotte folgt die Nachrotte, die Aufbauphase in der 12.-26. Woche. Jetzt ist der Aufbau der Humusstoffe in vollem Gange. Die Temperatur der Komposts sinkt nun auf Umgebungstemperatur und der pH-Wert pendelt sich bei pH 7 ein. Jetzt treten auch die komposttypischen Bodentiere (Milben, flügellose Springschwänze, Käfer, Käferlarven, Asseln und Würmer) auf. Ist die 4. Phase abgeschlossen, geht der Kompost in eine Ruhephase über.

Endprodukt

Die Komposterde ist das Ergebnis der aeroben mikrobiellen Umsetzung von organischen Abfällen zu Humus, Wasser, Kohlenstoffdioxid und Wasser. Die Endprodukte sind also Huminstoffe, Nährstoffe (z.B. N, P, K, Ca, Mg), Mineralien und Spurenelemente, H₂O und CO₂ und eine stabile organische Substanz.

Die Komposterde kann nach Abschluss des Kompostierungsvorganges nahezu auf allen Beeten und Grünflächen ausgebracht werden. Der beste Zeitpunkt dafür ist das Frühjahr oder der Sommer, da dann die Pflanzen relativ hohe Mengen an Nährstoffen aufnehmen und somit das Nährstoffangebot der Komposterde in hohem Umfang nutzen können.

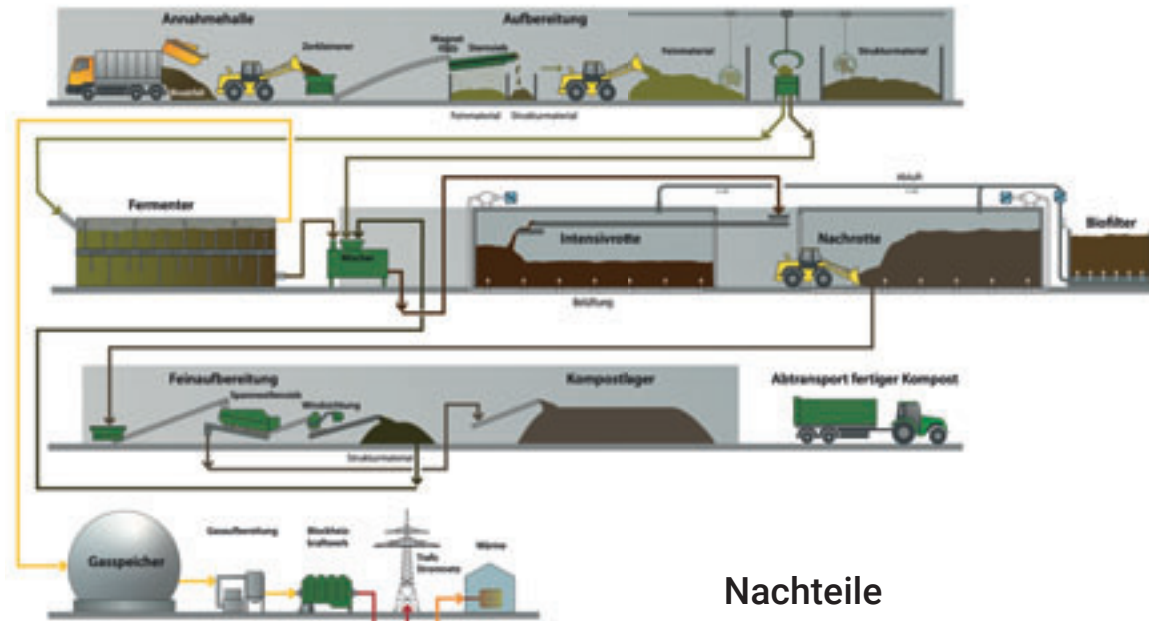
Die Erde sollte nur oberflächlich in den Boden eingearbeitet werden, da sich dort noch ausreichend Sauerstoff befindet um einen weiteren aerobe Ab- und Umbau der enthaltenen organischen Substanz zu ermöglichen.

Vergleich Kompostwerk und Gartenkompost

Grundsätzlich laufen die Prozesse bei industrieller Kompostierung und Gartenkompostierung gleich ab. Entscheidend ist aber, dass beim Gartenkompost durch die fehlende Kompostmasse und damit Größe nicht genügend Wärme erzeugt werden kann, weshalb die Hygenisierung nicht stattfinden kann. Außerdem braucht der Gartenkompost meist etwas länger, da die Bedingungen nicht so kontrolliert und stabil, wie in einem Kompostwerkes gehalten werden können. In der Regel zwischen 6-12 Monaten.

Kompostwerk Anröchte





Kompostwerk Anröchte

Vorteile

Vorteile für die Umwelt

Kompost erhöht den Humusgehalt im Boden, welcher Kohlenstoff speichert und die Wasserspeicherfähigkeit und die Bodenfruchtbarkeit verbessert. Außerdem profitieren Mikroorganismen und andere Bodenlebewesen vom Kompost und sorgen für gesunde Ökosysteme.

Ökonomische Vorteile

Haushalte und Kommunen sparen die Müllgebühren und auch langfristig werden die Kosten durch weniger Bedarf an Bewässerung und Düngemitteln gesenkt.

Gesellschaftliche Vorteile

Kompostierung macht Recycling und Kreislaufwirtschaft für Menschen greifbar.

Nachhaltigkeitsaspekt

Kompostierung ist ressourcenschonend, da Deponieabfälle vermieden werden und weniger mineralischer Dünger zum Einsatz kommt. Zudem wird durch wird CO₂ im Boden gebunden und die Methanbildung, wie es auf Depo-nien der Fall ist, wird vermieden. Außerdem wird die Kreislaufwirtschaft gefördert, da die organischen Abfälle innerhalb des Stoffkreislauf bleiben.

Nachteile

Gartenkompost

Kompost ist platz- und zeitaufwendig. Er braucht 3-6 Monate, bis er „reif genug“ ist, um die Erde zu verwenden. Auch hat nicht jeder Haushalt genügend Fläche für einen Komposthaufen oder -behälter.

Wird der Kompost nicht sachgemäß gepflegt, kann es zu einer Geruchsbelästigung durch Fäulnis kommen. Es entstehen klimaschädliche Gase wie Ammoniak oder Methan.

Außerdem kann ein Kompost durch die Lebensmittelreste Ungeziefer anziehen. Ein weiterer Nachteil gegenüber der Kompostierung im Kompostwerk ist auch, dass ein natürlicher Kompost nicht die richtige Höhe an Temperatur erreichen kann, die für eine Hygenisierung (Abtötung von Keimen) der Erde notwendig wäre. So können Keime, Krankheitserreger und Unkrautsamen überleben und es kann zu einer Ausbreitung dieser beim Verteilen der Komposterde kommen.

Kompostwerk

Der Transport der Abfälle zum Werk und der Maschineneinsatz zum Wenden, Sieben und Belüften verbraucht Energie und verursacht die Freisetzung von CO₂. Außerdem müssen manche Anlagen den Kompost befeuchten, was Wasserressourcen beansprucht.

Die Kompostwerke benötigen eine große Infrastruktur (Container, Belüftungssysteme, Hygenisierung) und zusätzliche Betriebskosten für Personal, Maschinen und Energie, was hohe Kosten verursacht.

Auch beim industriellen Kompost können bei unsachgemäßer Belüftung Ammoniak, Methan und Stickoxide freisetzen, was eine klimaschädliche Emission bedeutet. Zudem kann es bei der Anlieferung von besonders feuchten oder fetthaltigen Abfällen zu einer unangenehmen Geruchentwicklung und durch eine Kontamination durch falsche Abfälle, wie Kunststoffe oder behandelte Holzreste zu einer Schadstoffbelastung kommen.

Ein weiterer Nachteil ist die thermophile Behandlung (hohe Hitze), die zwar die Keime abtötet, aber auch für den Verlust von flüchtigen Nährstoffen wie Stickstoff sorgen kann. Die Abfälle werden zwar verwertet, aber der Transport und die industrielle Verarbeitung macht den Prozess weniger lokal und „naturnah“ als der Gartenkompost.

Bokashi

anerobe Fermentation

Bokashi (japanisch = „verblenden“ oder „abmildern“) ist ein anaerobes Fermentationsverfahren, bei dem organische Abfälle vergären, statt verrotten. Dies geschieht mithilfe von effektiven Mikroorganismen (EM) wie Milchsäurebakterien, Hefen und Photosynthesebakterien.

Prozess

Auch Bokashi kann man in mehrere Phasen einteilen. Zunächst muss man jedoch den Prozess vorbereiten und richtig schichten. Die verwendeten Abfälle sollten zuvor zerkleinert werden und dann schichtweise in den luftdichten Bokashi-Eimer gegeben werden. Jede Schicht wird mit Bokashi-Streu (EM-Kulturen, Zucker, Kleie) bestreut. Dabei sollten die Abfälle leicht feucht sein und der Eimer anschließend luftdicht verschlossen werden.

Jetzt beginnt die anaerobe Fermentation. Milchsäurebakterien (*Lactobacillus* u.a.) fermentieren Zucker in der Milchsäure. Die Hefen wandeln Zucker in Alkohol und CO₂ und andere Stoffwechselprodukte (Metabolite) um und produzieren Vitamine, Enzyme und Aminosäuren. Die Photosynthesebakterien bauen komplexe organische Verbindungen teilweise ab. Die säuerliche Umgebung hemmt Fäulnisbakterien, so entsteht kein unangenehmer Geruch. Die Wärmeentwicklung ist im Unterschied zum Kompost eher gering. Es gibt keine thermophile Phase.





Während der Fermentation entsteht Flüssigkeit (Bokashi-Saft), der unten im Eimer abläuft und wichtige Nährstoffe, Milchsäure und Mikroorganismen beinhaltet. Der Saft ist sehr konzentriert und sauer, kann aber mit Wasser verdünnt sofort nach der Abnahme als Dünger verwendet werden.

Ist die Fermentation abgeschlossen, sollte das fermentierte Material eingegraben oder mit Erde vermischt werden. Die Substanz ist durch die Fermentation so sauer, dass eine direkte Zugabe zu den Pflanzen, die Wurzeln der Pflanzen angreifen würden. Durch den Kontakt mit Erde zersetzen Bodenmikroben (aerob) die Abfälle vollständig. Das Ergebnis ist nährstoffreicher, geruchsneutraler und schädlingsfreier Humus, welcher nun den Pflanzen bei Bedarf zugegeben werden kann. Bokashi ist also nur eine Vorstufe von Kompost. Nach dem Bokashi bleibt immer noch organischer Abfall zurück, der erst durch eine folgende Kompostierung zu Humus umgebaut werden kann.

Die Fermentation ist nach ca. 2-3 Wochen abgeschlossen. Die anschließende Kompostierung benötigt dann nochmal 2-4 Wochen um die organische Substanz vollständig in Erde umzusetzen.



Ausgangsprodukte

- grundsätzlich organische Materialien
- Obst-, Gemüse-, Essensreste, Zitrusfrüchte (kleine Mengen)
- Kaffeesatz, Teeblätter
- Brotreste
- Schnittblumen, Topfpflanzen, Blumenerde, angewelktes Laub, trockenes Gras
- Haare/Federn (kleine Mengen)
- Kleintierstreu (kleine Mengen)
- kleine Mengen an Fleisch und Fisch
- gut zerkleinerte Eierschalen

Endprodukt

Das Endprodukt des Bokashi ist keine Erde, sondern fermentiertes, organisches Material, welches nach der Fermentation noch fast das ursprüngliche Aussehen hat und der Bokashi-Saft, welchen man als hochwertigen Flüssigdünger verwenden kann.

ungünstig

- grundsätzlich alle nicht pflanzlichen Materialien und Küchenabfälle (z.B. Knochenreste)
- kranke Pflanzen oder Versimmeltertes
- Asche/Grillkohle
- Fett
- Papier
- Holzreste
- Tierkot
- harte Kerne

Vorteile

Beim Bokashi gibt es fast kein Nährstoffverlust, da die Milchsäurebakterien den Zucker und andere organische Stoffe ohne den Verbrauch von Stickstoff oder Phosphor fermentieren und so alle Nährstoffe wie Phosphor, Stickstoff und Kalium größtenteils im fermentierten Material enthalten bleiben. Durch die Abwesenheit von Sauerstoff kann kein gasförmiger Stickstoff gebildet werden, wodurch auch der Stickstoff ungelöst im Material verbleibt.

Zudem entsteht bei Bokashi kein unangenehmer Geruch, weshalb sich die Indoor-Anwendung gut eignet. So ist er auch sicher vor Insekten und anderen unerwünschten Tieren. Der Eimer ist außerdem platzsparend. Dadurch, dass die EM fast ausschließlich säuerliche Metabolite (Milchsäure, Essigsäure, organische Säure) produzieren, entsteht kein Methan oder Ammoniak.

Nachteile

Das Bokashi-Ferment ist sehr sauer. Es muss vor der Verwendung erst noch kompostiert bzw. der Saft verdünnt werden. Außerdem müssen die Bokashi-Zusätze, wie z. B. die Effektiven Mikroorganismen oder die Basis (Kleie) immer wieder nachgekauft werden.



Arten von Indoor-Kompostsystemen

Wurmkomposter (Vermilkompostierung)

Die Kompostwürmer zersetzen die organischen Küchenabfälle zu nährstoffreichem Wurmhumus. Der Wurmkomposter produziert hochwertigen, biologischen Dünger, ist geruchsfrei bei richtiger Pflege und bedarf nur wenig Platz. Jedoch benötigt er auch regelmäßige Pflege und Kontrolle der Feuchtigkeit. Er eignet sich nicht für große Mengen an Küchenabfall und ist in der Beschaffung von Würmern und Behältnis verhältnismäßig kostenintensiv.



Wurmkompostierungsablauf



Elektrischer Komposter

Der elektrische Komposter zerkleinert zunächst mittels Messer und Rotoren die Küchenabfälle zu kleinen Partikeln. Das vergrößert die Oberfläche, welches eine schnellere Verarbeitung ermöglicht. Anschließend wird das Material auf ca. 70-120°C erhitzt, wodurch das Wasser verdunstet. Außerdem tötet die Hitze Gerüche, Keime und Schimmelsporen ab. Ein Teil des organischen Materials wird thermisch zersetzt. Nach einigen Stunden (meist 3-8h) bleibt ein trockenes, geruchsarmes Granulat übrig. Dies ist kein biologisch aktiver Humus, aber ein vorgetrockneter Düngergrundstoff, der dann im Boden weiter abgebaut werden kann.



Schnellkomposter

Der Schnellkomposter ist ein biologisches System, das die natürliche Kopostierung beschleunigt, aber nicht elektrifiziert ist. Es funktioniert biologisch-aerob, also mit Mikroorganismen und Sauerstoff. Durch isolierte Behälter, optimale Belüftung, Feuchtigkeitssteuerung und Zugabe von Kompoststartern wird der natürliche Kompostierungsprozess beschleunigt. Das Endprodukt ist echter, mikrobiell aktiver Humus. Der Prozess dauert 2-6 Wochen.





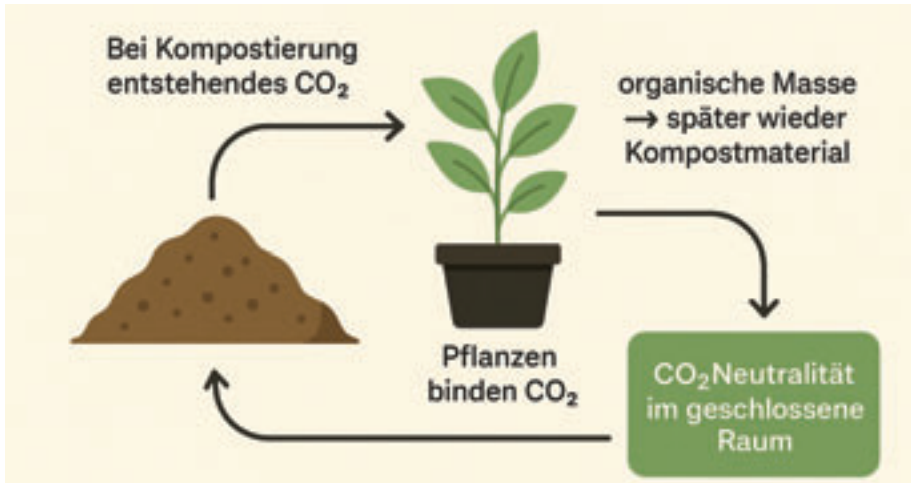
Bokashi-Eimer (Fermentation)

Hier werden Küchenabfälle mittels Effektiver Mikroorganismen fermentiert und anschließend in die Erde eingearbeitet.



https://www.manufactum.de/bokashi-kuechenkomposter-a209961/?gad_source=1&gad_campaignid=204551616&gbraid=0AAAAADuiLDq6oBGNfYr2hmB5nZxANLNtU

Mögliche Kreisläufe



CO₂-Kreislauf

Das bei der Kompostierung entstehende CO₂ wird in die Pflanzenräume geleitet.

Die Pflanzen binden das CO₂, werden schließlich zu Biomasse und somit wieder Kompostmaterial.

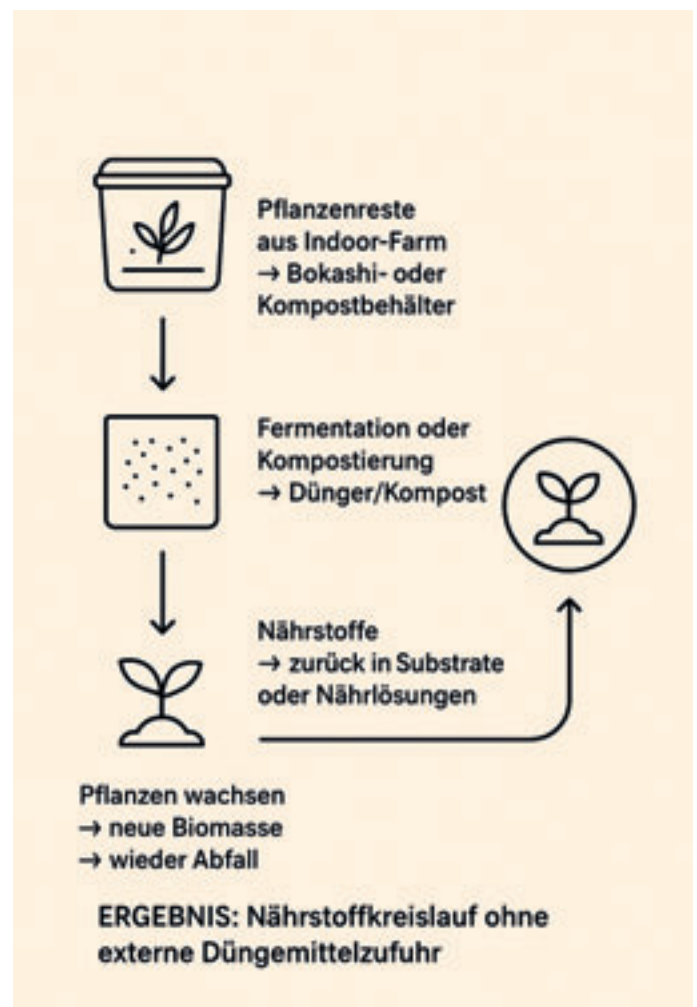
Das gebundene CO₂ wird anschließend wieder freigesetzt. So kann eine CO₂-Neutralität in einem geschlossenen Raum erzeugt werden.

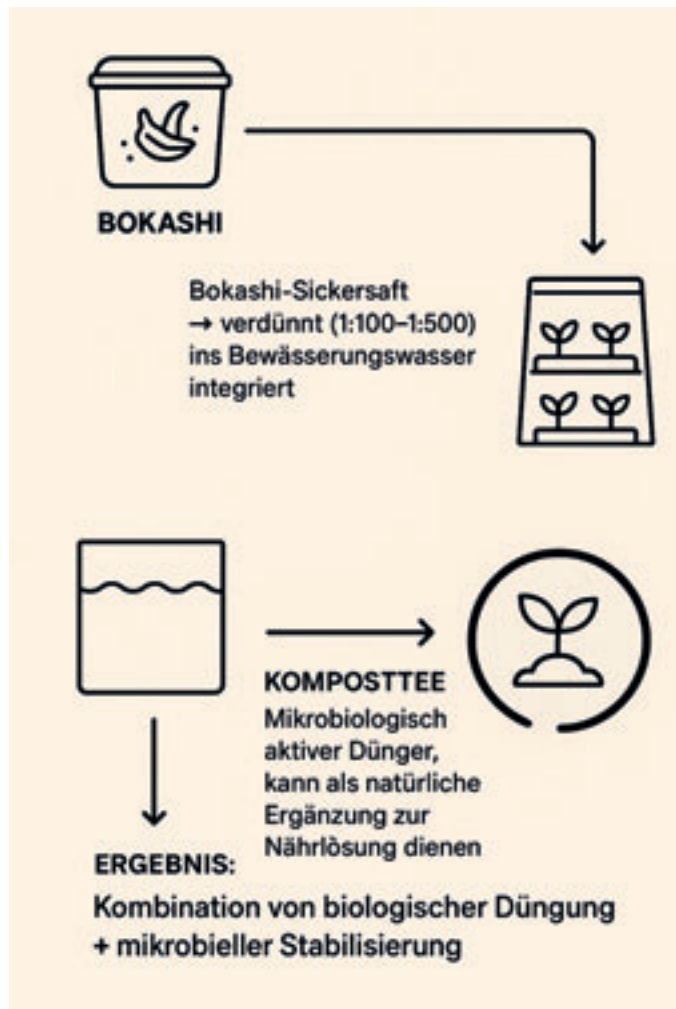
Pflanzenabfall-Kreislauf

Planzenreste aus einer Indoor-Farm werden in einen Bokashi- oder Kompostbehälter gegeben. Dort werden sie durch Fermentation oder Kompostierung zu Dünger bzw. Kompost. Die dabei entstehenden Nährstoffe werden wieder in die Pflanzensysteme eingebracht.

Entweder in die Substrate (z.B. Erde) oder in Nährstofflösungen (bei hydroponischen oder aquaponischen Systemen).

Die Pflanzen nehmen die Nährstoffe auf, wachsen und bilden neue Biomasse (Pflanzenreste), welche dann wiederum kompostiert werden kann. Es entsteht ein Nährstoffkreislauf ohne externe Düngierzufuhr.





Wasser- Nährstoffkreislauf

In Hydro- oder Aquaponik-Systemen wird der Bokashi-Saft verdünnt ins Bewässerungswasser integriert. Auch der Komposttee ist ein mikrobiologisch aktiver Dünger, der als natürliche Ergänzung zur Nährlösung dient. Die enthaltenen Mikroorganismen steuern dann zur Verbesserung der Wurzelgesundheit und Nährstoffaufnahme bei. Das Ergebnis ist eine Kombination von biologischer Düngung und mikrobieller Stabilisierung.



MIKROGREENS, SPROSSEN, KRÄUTER, HEILKRÄUTER

Recherchiert von Anina Gill

Der Indoor-Anbau von Mikrogreens, Sprossen, Kräutern und Heilkräutern zeigt, wie nachhaltige Lebensmittelproduktion selbst im urbanen Raum möglich wird. Er verbindet Gesundheit, Technik und Gestaltung – und ermöglicht frische Ernte unabhängig von Klima und Fläche. Die folgenden Seiten geben einen Überblick über Pflanzentypen, Anbaumethoden, technische Systeme und ihre ernährungsphysiologischen Vorteile. Dabei wird deutlich: Zukunftsfähige Ernährung kann auf kleinster Fläche beginnen – mitten in unserem Alltag.

Einleitung



Mit wachsender Urbanisierung, steigender Bevölkerungsdichte und fortschreitendem Klimawandel wird die Frage nach einer nachhaltigen, lokalen Lebensmittelproduktion immer dringlicher. Die Kultivierung von Pflanzen im Innenraum – unabhängig von Jahreszeit und Fläche – bietet hier eine zukunftsfähige Lösung. Der Anbau von Mikrogreens, Sprossen, Kräutern und Heilkräutern verbindet ökologische, gesundheitliche und ästhetische Aspekte. Er steht für Selbstversorgung auf kleinstem Raum und für eine neue Alltagskultur, in der Ernährung wieder Teil bewusster Gestaltung wird. Die folgenden Kapitel erläutern Definitionen, Unterschiede und Vorteile dieser Pflanzengruppen, stellen technische Systeme und Anbaumethoden vor und geben einen Ausblick auf die Potenziale des Indoor-Farmings in urbanen Räumen.



Je künstlicher unsere Welt wird, desto mehr müssen wir die Natur bewusst in sie zurückholen.

Patrick Blanc, Botaniker und Erfinder der vertikalen Gärten (2011)

Definition und Spezifika

Sprossen

Sprossen sind die frühesten Entwicklungsstadien einer Pflanze. Sie keimen ohne Erde, nur mit Wasser und Wärme, und sind nach zwei bis sieben Tagen erntereif.

Während des Keimens werden Enzyme aktiviert, die Nährstoffe in leicht verdauliche Formen umwandeln.

Bekannte Sorten sind Alfalfa-, Mungbohnen- und Radieschensprossen. Sie enthalten viele Vitamine, pflanzliches Eiweiß und Enzyme, die die Verdauung fördern.



Mikrogreens

Mikrogreens sind junge Pflanzen, die nach etwa 7–21 Tagen geerntet werden, sobald sich die ersten echten Blätter gebildet haben.

Sie wachsen auf einem Substrat wie Kokosfasern oder Hanfmatten und besitzen eine extrem hohe Nährstoffdichte.

Im Vergleich zu ausgewachsenen Pflanzen enthalten sie bis zu 40-mal mehr Vitamine und Antioxidantien.



Definition und Spezifika



Kräuter

Kräuter sind aromatische Pflanzen, deren Blätter und Stängel als Würz- und Heilmittel genutzt werden. Sie wachsen meist in Erde und können über längere Zeit geerntet werden. Bekannte Küchenkräuter wie Basilikum, Petersilie und Thymian enthalten ätherische Öle, Bitterstoffe und Flavonoide, die das Immunsystem stärken.

Heilkräuter

Heilkräuter sind Pflanzen mit medizinisch wirksamen Inhaltsstoffen. Beispiele sind Kamille (entzündungshemmend), Salbei (antibakteriell) und Pfefferminze (krampflösend). Sie werden seit Jahrhunderten in der Naturheilkunde verwendet und können auch im Innenraum kultiviert werden unter kontrollierten Licht- und Temperaturbedingungen.



Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Die vier Pflanzengruppen – Sprossen, Mikrogreens, Kräuter und Heilkräuter – weisen sowohl in ihren Wachstumsbedingungen als auch in ihrer Nutzung und Pflege deutliche Unterschiede auf, obwohl sie alle für den Indoor-Anbau unter kontrollierten Bedingungen geeignet sind.



Sprossen stellen das früheste Entwicklungsstadium einer Pflanze dar und wachsen vollständig ohne Erde. Sie benötigen ausschließlich Wasser, Wärme und regelmäßige Spülung, wodurch sie in der Pflege sehr unkompliziert sind. Bereits nach zwei bis sieben Tagen sind sie erntereif. Da Sprossen keine Photosynthese betreiben, entfällt die Notwendigkeit zusätzlicher Beleuchtung.

Verzehrt wird die gesamte Pflanze inklusive Wurzel, Stängel und Keimblatt. Sprossen sind somit die einfachste und schnellste Form des Indoor-Anbaus und eignen sich hervorragend für die unmittelbare, frische Verwendung in Salaten, Bowls oder Sandwiches.



Gemeinsamkeiten und Unterschiede



Mikrogreens stellen die nächste Entwicklungsstufe nach den Sprossen dar und wachsen auf einem festen Substrat, etwa auf Erde, Hanffaser-matten oder Kokosfaserplatten. Sie benötigen deutlich mehr Licht und eine konstante Feuchtigkeitzufuhr, wodurch der Pflegeaufwand höher ist.

Die Ernte erfolgt nach sieben bis einundzwanzig Tagen, wenn sich die ersten echten Blätter gebildet haben. Nur der oberirdische Teil wird geerntet, da die Wurzeln im Substrat verbleiben.

Mikrogreens werden in der Regel roh verzehrt und zeichnen sich durch eine besonders hohe Konzentration an Vitaminen, Mineralstoffen und sekundären Pflanzenstoffen aus.

Sie sind damit nicht nur ernährungsphysiologisch wertvoll, sondern auch ästhetisch und geschmacklich interessant für die moderne Küche.

Kräuter hingegen sind Pflanzen mit einer längeren Kulturdauer, die über mehrere Wochen oder Monate hinweg gepflegt werden müssen. Sie benötigen Erde als Wachstumsmedium, ausreichend Licht, regelmäßige Bewässerung und teilweise Düngung.

Der Pflegeaufwand ist im Vergleich zu Sprossen und Mikrogreens deutlich höher.

Kräuter werden in der Küche sowohl frisch als auch getrocknet verwendet. Neben ihrem aromatischen Wert spielen sie eine wichtige Rolle als Quelle ätherischer Öle, Bitterstoffe und Flavonoide, die antioxidative und verdauungsfördernde Eigenschaften besitzen.



Heilkräuter unterscheiden sich von Küchenkräutern weniger im Anbau, sondern vielmehr in ihrer Verwendung und chemischen Zusammensetzung. Sie wachsen ebenfalls in Erde, benötigen konstante Temperatur- und Lichtverhältnisse und weisen eine längere Wachstumsphase auf.

Die volle Ausprägung ihrer pharmakologisch aktiven Inhaltsstoffe – etwa ätherische Öle, Gerbstoffe und Alkaloide – erfordert eine längere Kulturzeit. Heilkräuter werden primär in der Phytotherapie eingesetzt, beispielsweise zur Zubereitung von Tees, Tinkturen oder Salben.



Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Anbauaufwand von Sprossen über Mikrogreens bis hin zu Kräutern und Heilkräutern kontinuierlich zunimmt.

Sprossen und Mikrogreens sind durch ihre kurze Entwicklungszeit und hohe Nährstoffdichte besonders für den urbanen Indoor-Anbau geeignet, während Kräuter und Heilkräuter eher eine langfristige Kultivierung darstellen und stärker pflegeabhängig sind.

Trotz dieser Unterschiede bilden alle vier Gruppen einen wichtigen Bestandteil einer ressourcenschonenden, gesundheitsfördernden und ästhetisch bewussten Ernährungsweise.





Der Indoor-Anbau kann mit einfachen oder technologisch erweiterten Mitteln erfolgen.

Sprossen: Keimglas, Siebdeckel, sauberes Wasser, tägliches Spülen.

Mikrogreens: Flache Schalen mit Substrat, LED-Pflanzenlampen, Sprühbewässerung.

Kräuter/Heilkräuter: Töpfe mit Erde, regelmäßige Belüftung, Lichtzufuhr, ggf. Düngung.

Für alle Varianten gilt: Licht ist entscheidend. LED-Lampen mit einem Spektrum zwischen 400–700 nm imitieren das Sonnenlicht und unterstützen die Photosynthese.

Smarte Systeme wie Click & Grow oder Agrilution Plantcube übernehmen Bewässerung, Beleuchtung und Nährstoffsteuerung automatisch über Sensorik und Apps.

Becker, T. (2021). Urban Gardening und Indoor Farming. Springer Verlag, Berlin.

Agrilution GmbH (2023). Plantcube – Smart Indoor Farming System. München. [Online verfügbar unter: <https://www.agrilution.com>]

Click & Grow (2023). Smart Garden Systems – Automated Indoor Growing. Tartu, Estland. [Online verfügbar unter: <https://www.clickandgrow.com>]

Despommier, D. (2010). The Vertical Farm. Thomas Dunne Books, New York.

Herausforderungen und Lösungen



Der Indoor-Anbau von Mikrogreens, Sprossen, Kräutern und Heilkräutern erfordert eine sorgfältige Kontrolle der Umweltbedingungen. Zu den zentralen Herausforderungen zählen Hygiene, Feuchtigkeit, Schädlingsbefall, Lichtmangel und Nährstoffversorgung. Vor allem bei Sprossen begünstigt übermäßige Feuchtigkeit in Kombination mit unzureichender Luftzirkulation die Bildung von Schimmel, was die Qualität und Sicherheit der Ernte beeinträchtigen kann. Regelmäßige Reinigung der Anzuchtgefäße, der Einsatz von sauberem Wasser und gute Belüftung sind daher entscheidend, um mikrobielle Belastungen zu vermeiden.

Auch Kräuter und Heilkräuter können trotz Innenraumbedingungen von Schädlingen wie Blattläusen oder Trauermücken befallen werden. Hier bieten sich natürliche Mittel wie Neemöl oder Gelbtafeln sowie stabile Umweltbedingungen an, um die Pflanzen widerstandsfähig zu halten. Ein häufiges Problem stellt unzureichendes Licht dar, insbesondere in lichtarmen Jahreszeiten.



LED-Pflanzenlampen mit vollem Lichtspektrum (400–700 nm) gewährleisten eine gleichmäßige Beleuchtung und fördern ein kräftiges Wachstum. Gleichzeitig sollten konstante Temperaturen zwischen 18 und 22 °C eingehalten werden. Darüber hinaus ist ein ausgewogener Wasser- und Nährstoffhaushalt essenziell. Zu viel Feuchtigkeit führt zu Fäulnis, zu wenig hemmt das Wachstum. Regelmäßiges Sprühen, gleichmäßige Bewässerung und der Einsatz organischer Dünger wie Komposttee oder Algenextrakte schaffen stabile Wachstumsbedingungen. Vertikale Anbausysteme und modulare Strukturen bieten zudem Lösungen für begrenzte Raumverhältnisse und ermöglichen einen effizienten Ertrag auf kleiner Fläche. Insgesamt hängt der Erfolg des Indoor-Anbaus von der Balance zwischen Licht, Feuchtigkeit, Temperatur und Hygiene ab. Mit angepasster Pflege und einfachen technischen Hilfsmitteln lässt sich der Anbau langfristig stabil, sicher und ressourcenschonend gestalten.

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2020). Hygienische Risiken beim Verzehr von Sprossen und Keimlingen. Berlin.

Lorenzi, H. & Vines, M. (2020). Kräuter – Geschichte, Nutzung, Wirkung. Ulmer Verlag, Stuttgart.

Becker, T. (2021). Urban Gardening und Indoor Farming. Springer Verlag, Berlin.

Systeme, Innovation, Zukunftsperspektive



Der technologische Fortschritt im Bereich des Indoor-Anbaus hat zu einer Vielzahl innovativer Systeme geführt, die Pflanzenproduktion effizient, ressourcenschonend und ästhetisch in den Alltag integrierbar machen. Dabei verschmelzen zunehmend Landwirtschaft, Design und Technologie, wodurch neue Schnittstellen zwischen nachhaltiger Ernährung und moderner Lebensgestaltung entstehen.

Einen zentralen Bereich bilden Smart-Gardening-Systeme, die auf Automatisierung und Sensorik basieren. Bekannte Beispiele sind der Click & Grow Smart Garden und der Agrilution Plantcube. Diese Geräte regulieren Licht, Wasser und Nährstoffzufuhr automatisch über digitale Steuerungssysteme und ermöglichen so den Anbau von Kräutern und Mikrogreens auch ohne gärtnerische Vorkenntnisse. Parallel dazu hat sich das Konzept des vertikalen Farmings etabliert, bei dem Pflanzen in mehreren Ebenen unter kontrollierten Bedingungen wachsen.

Unternehmen wie Infarm setzen auf hydroponische oder aeroponische Systeme, die ohne Erde auskommen und Nährstoffe über geschlossene Wasserkreisläufe zuführen. Diese Technik reduziert den Wasserverbrauch um bis zu 90 % und ermöglicht eine ganzjährige Ernte unabhängig von Klima und Standort. Ein wesentlicher Innovationstreiber ist die LED-Technologie. Speziell abgestimmte Lichtspektren (zwischen 400 und 700 nm) fördern das Wachstum und senken den Energieverbrauch. Zudem kommen zunehmend nachhaltige Materialien wie biologisch abbaubare Substrate aus Hanffasern oder Kokos zum Einsatz, die konventionelle Erde oder Kunststoff ersetzen. Neben der technischen Weiterentwicklung spielt auch die ästhetische Integration dieser Systeme eine wichtige Rolle. Indoor-Gärten werden heute als Gestaltungselemente konzipiert, die Funktion und Form vereinen – sie fügen sich harmonisch in Wohnräume ein und machen den Anbau sichtbar und erlebbar. Damit wird der Indoor-Anbau zu einem Ausdruck moderner Nachhaltigkeitskultur, die Natur, Technik und Design miteinander verbindet.





Langfristig können solche Systeme Ernährungssouveränität stärken und die Umweltbelastung durch Transport und Verpackung reduzieren.

Sie zeigen, dass nachhaltige Ernährung auch auf kleinster Fläche möglich ist – und dass Zukunft oft auf einer Fensterbank beginnt.

„Wer sät, verändert die Zukunft – selbst wenn er nur eine Handvoll Erde berührt.“

Vandana Shiva (Umweltaktivistin, Soil Not Oil, 2008)



Insektenzucht für die Lebensmittelproduktion

Recherchiert von Hannah Enk

Eine Recherche über Zucht, Nutzung und Gestaltungspotenziale essbarer Insekten im Kontext urbaner Ernährungssysteme.

Einführung und Begriffserklärung



En·to·mo·pha·gie

Verzehr lebender oder toter Insekten und deren Vorstufen wie Larven oder Eier.

Die Praxis des Verzehrs von Insekten wird als Entomophagie bezeichnet. Viele Tierarten – darunter Spinnen, Eidechsen, Vögel und zahlreiche Insekten selbst – sind entomophag, ebenso wie Menschen in vielen Regionen der Welt. Der Verzehr von Insekten als Teil der menschlichen Ernährung hat eine jahrtausendealte Tradition und lässt sich bereits in biblischen Texten nachweisen.

Trotz dieser langen Geschichte gilt der Insektenverzehr in vielen westlich geprägten Gesellschaften bis heute als Tabu. Dadurch blieb die Insektenzucht weitgehend von den großen landwirtschaftlichen Entwicklungen der vergangenen Jahrhunderte ausgeschlossen, mit wenigen Ausnahmen wie der Honigbiene, der Seidenraupe oder der Schildlaus, aus der roter Farbstoff gewonnen wird.

Bis in die jüngste Vergangenheit wurde der Insektenverzehr in Forschung und Agrarentwicklung nur am Rande erwähnt. Erst in den letzten Jahren rückte das Thema stärker in den Fokus, da es eine nachhaltige Alternative zu konventionellen Proteinquellen bietet.

Weltweit wird der Verzehr von Insekten heute von rund zwei Milliarden Menschen praktiziert. Mehr als 1.900 essbare Arten sind bekannt, vor allem in tropischen Regionen. Zu den am häufigsten konsumierten Insektengruppen zählen Käfer, Raupen, Bienen, Wespen, Ameisen, Heuschrecken, Grillen, Zikaden, Schildläuse, Termiten, Libellen und Fliegen.

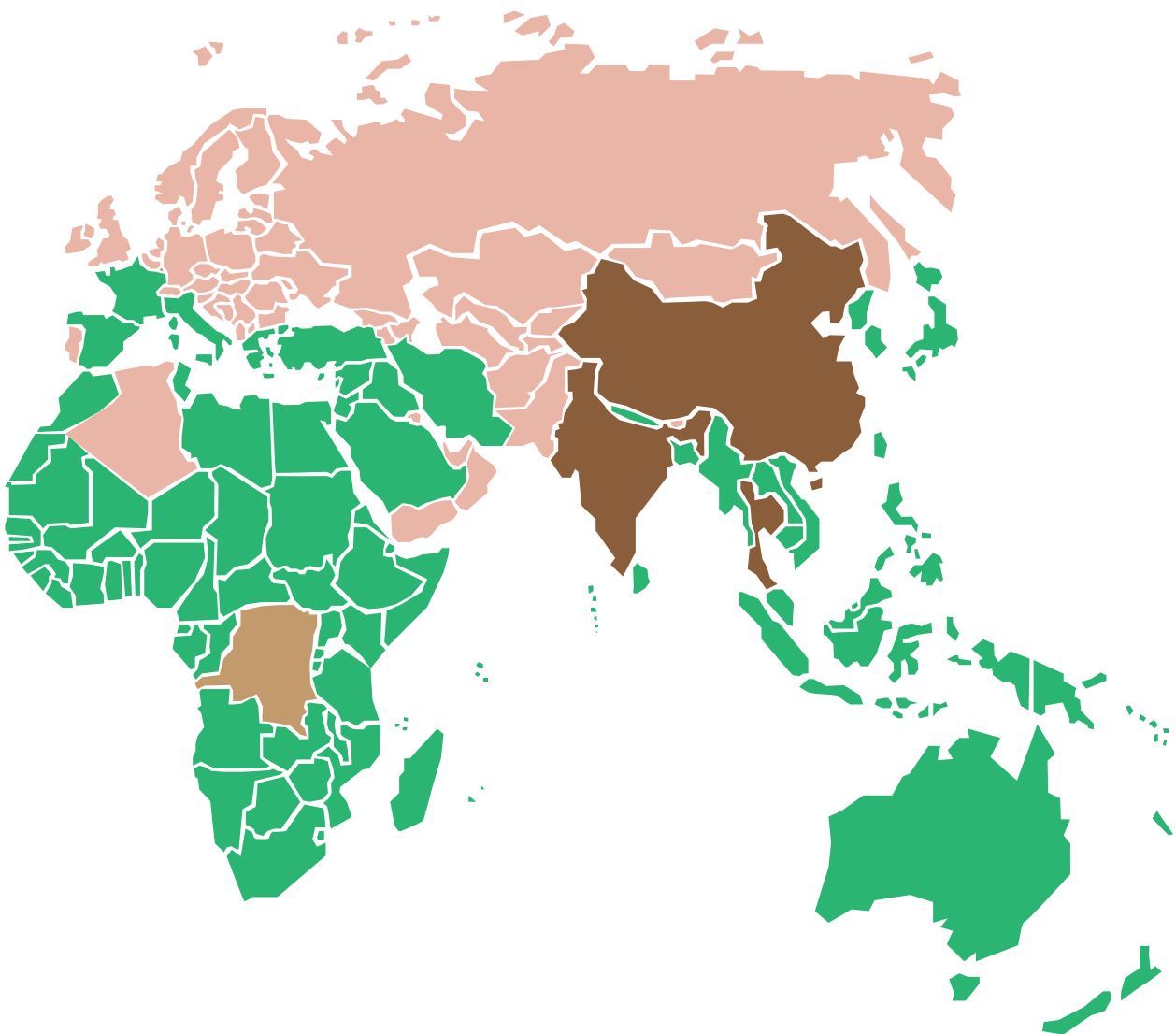
<https://www.happycoffee.org/blogs/ernaehrung/insekten-essen/>,
zuletzt aufgerufen am 24.10.2025

van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed security (FAO Forestry Paper No. 171). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Insekten auf dem Speiseplan

Zahl der Insektenarten, deren Verzehr dokumentiert ist,
nach Ländern, 2017





Warum Insekten Essen?

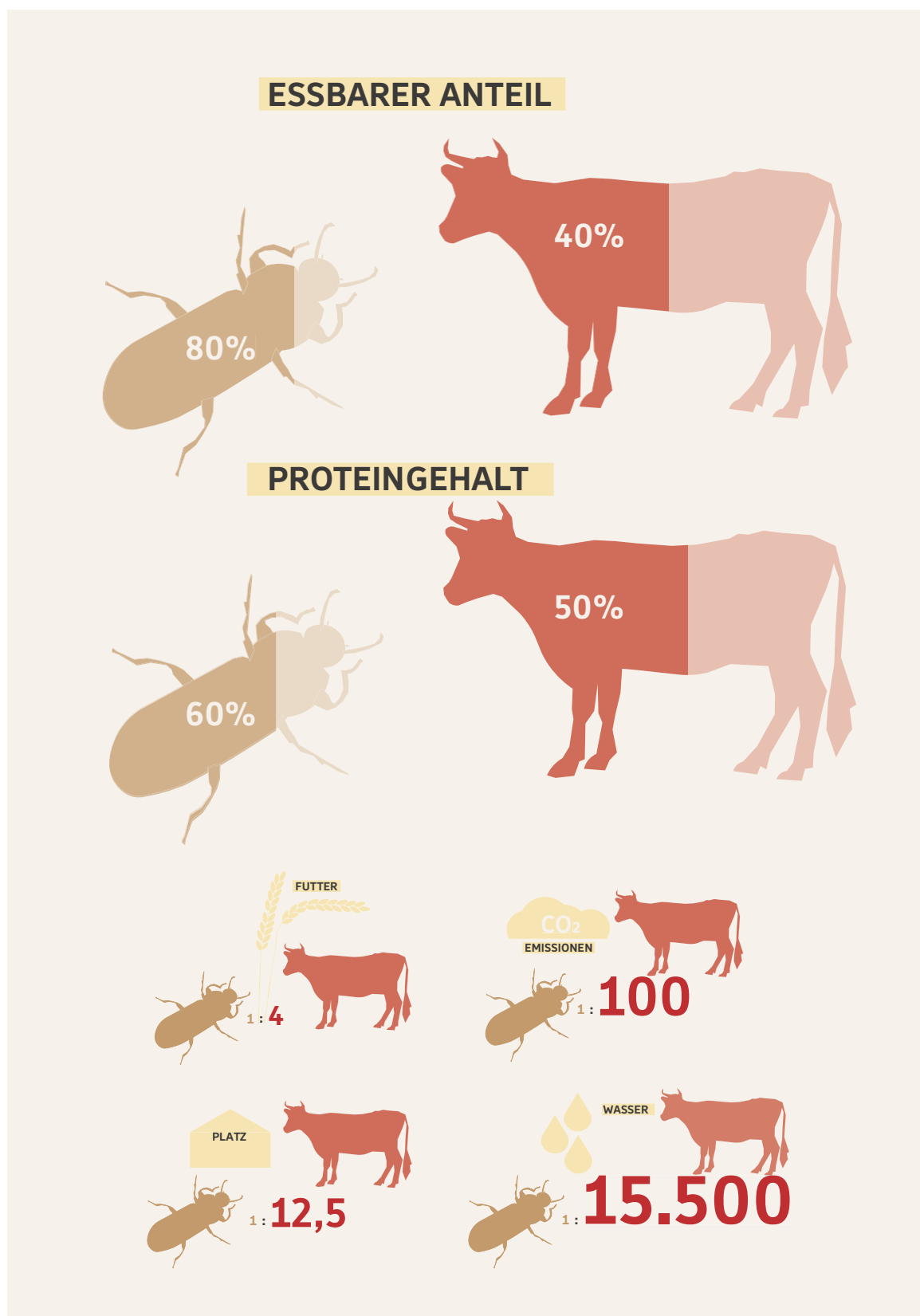
Vorteile und Argumente

Unsere Welt steckt mitten in der Klimakrise – eine Folge unter anderem von Treibhausgasen aus Energie- und Landwirtschaft. Die industrielle Tierhaltung verursacht einen erheblichen Anteil der globalen Emissionen, verbraucht riesige Flächen und große Mengen Wasser. Vor diesem Hintergrund wächst das Interesse an alternativen Proteinquellen, die sowohl umweltfreundlich als auch ernährungsphysiologisch wertvoll sind.

Insekten bieten hier eine vielversprechende und nachhaltige Lösung: Sie benötigen wenig Raum, Wasser und Futter, verwerten organische Reststoffe und weisen gleichzeitig eine hohe Nährstoffdichte auf. Ihr essbarer Anteil ist mit bis zu 80 % deutlich höher als bei Rindern oder Schweinen. Zudem besitzen sie eine außergewöhnlich effiziente Futterverwertung, aus nur 2 kg Futter kann beispielsweise 1 kg Insektenmasse gewonnen werden, während Rinder dafür rund 8 kg benötigen.

Viele Arten lassen sich auf Reststoffen und Nebenprodukten der Lebensmittelproduktion züchten und tragen so zur Schließung von Stoffkreisläufen bei. Durch ihre schnellen Reproduktionszyklen (oft nur wenige Wochen von Ei bis ausgewachsenem Tier) sind sie besonders skalierbar und ressourcenschonend. Gleichzeitig sind Insekten reich an hochwertigen Proteinen, ungesättigten Fettsäuren, Vitaminen und Mineralstoffen, was sie auch ernährungsphysiologisch interessant macht.

Damit vereinen essbare Insekten ökologische, ökonomische und gesundheitliche Vorteile und könnten zu einem zentralen Baustein einer nachhaltigen Ernährung der Zukunft werden.



Effizienzvergleich von Rindfleisch und Insekten aus
Zuchtbetrieben in Prozent und Kilogramm
Körpergewicht

Geeignete Arten für die Zucht zuhause

Zugelassene Insektenarten nach EU-Recht

Insekten gelten in der Europäischen Union rechtlich als „Novel Food“. Also als neuartige Lebensmittel, die vor dem 15. Mai 1997 in der EU nicht in nennenswertem Umfang verzehrt wurden. Damit unterliegen sie der EU-Verordnung (EU) 2015/2283, die regelt, dass solche Produkte vor dem Inverkehrbringen eine Sicherheitsbewertung durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und eine Zulassung durch die Europäische Kommission benötigen.

Die Zulassung umfasst detaillierte Angaben zu Herkunft, Verarbeitung, Nährwert, möglichen Allergenen und Sicherheitsaspekten. Erst nach positiver Bewertung dürfen diese Insektenarten als Lebensmittel in der EU verkauft und verarbeitet werden. Ziel ist es, Verbraucherschutz, Transparenz und Lebensmittelsicherheit zu gewährleisten. Seit 2021 sind in der EU mehrere Insektenarten als Lebensmittel zugelassen. Weitere Anträge für andere Arten, etwa die Schwarze Soldatenfliege oder die Seidenraupe, befinden sich aktuell im Prüfverfahren.

Diese zugelassenen Arten eignen sich aufgrund ihrer hohen Anpassungsfähigkeit, geringen Platzanforderung und kurzen Entwicklungszyklen auch für die Zucht im kleinen Maßstab zuhause oder in Bildungskontexten. Besonders Mehlwürmer und Heimchen sind dafür verbreitet, da sie leicht zu halten, geruchsarm und vergleichsweise unempfindlich gegenüber Temperaturschwankungen sind. Die steigende Zahl der Zulassungen zeigt, dass die Integration von Insekten in die europäische Ernährungspolitik zunehmend an Bedeutung gewinnt.



MEHLWURM | *Tenebrio molitor*
BUFFLOWURM | *Alphitobius diaperinus*
 gefroren, getrocknet, pulverförmig



WANDERHEUSCHRECKE | *Locusta migratoria*
 gefroren, getrocknet, pulverförmig



HAUSGRILLE | *Acheta domesticus*
gefroren, getrocknet, pulverförmig



MEHLKÄFER | *Tenebrio molitor*
im Larvenstadium getrocknet

und bald auch ...



SCHWARZE SOLDATENFLIEGE | *Hermetia illucens*

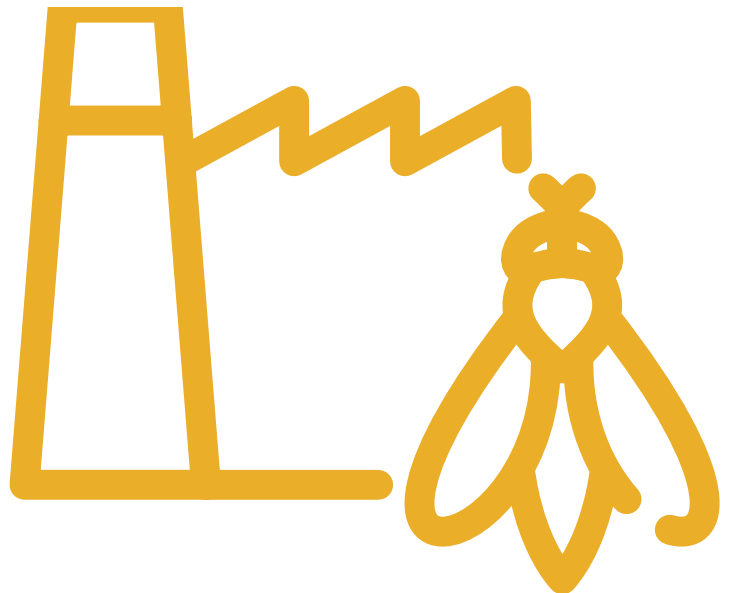


SEIDENRAUPE | *Bombyx mori*

Stand der Technik: Professionelle & technologische Insektenzuchtsysteme

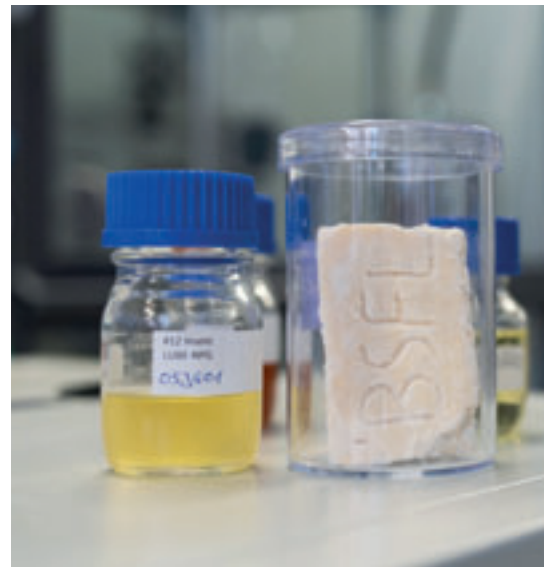
Bio-Reaktoren / Komposter

Im Bereich der industriellen Insektenzucht werden großmaßstäbliche, geschlossene Systeme eingesetzt, in denen Insekten als integraler Bestandteil nachhaltiger Stoffkreisläufe dienen. Diese technologisch hoch entwickelten Reaktoren kommen vor allem in Forschung, Industrie und urbaner Kreislaufwirtschaft zum Einsatz, um organische Rest- und Abfallstoffe effizient in wertvolle Produkte umzuwandeln.



Ein anschauliches Beispiel hierfür ist das Projekt InBiRa – Insekten-Bioraffinerie in Baden-Württemberg. Dort wird eine Pilotanlage betrieben, in der organische Neben- und Abfallstoffe mithilfe von Insekten in höherwertige, technisch nutzbare Produkte transformiert werden.

Besonders interessant ist die Gewinnung von Insektenfett, das in seiner Zusammensetzung vergleichbar mit Kokosfett ist und bisher nur in tropischen Regionen verfügbar war. Diese regionale Verfügbarkeit fördert die Unabhängigkeit von globalen Lieferketten. Die Einsatzmöglichkeiten des gewonnenen Fettes reichen von der Kosmetik- und Reinigungsmitteleindustrie bis hin zu bioabbaubaren Produkten. Auch die Insektenhäute werden weiterverarbeitet, z. B. zu Chitosan, einem vielseitigen Biopolymer, das für antibakterielle Beschichtungen von Kleidung oder Obst genutzt werden kann.



Stand der Technik: Professionelle & technologische Insektenzuchtsysteme

Voll- / oder halbautomatisierte Regalsysteme

Ein weiterer Bereich moderner Insektenzucht sind modulare Regalsysteme, in denen mehrere Zuchtboxen vertikal übereinander angeordnet sind. Diese Systeme sind meist skalierbar aufgebaut und ermöglichen eine platzsparende Haltung großer Insektenpopulationen. Je nach Ausbaustufe verfügen sie über kontrollierte Temperatur-, Belüftungs- und Feuchtigkeitsregelung, wodurch stabile Haltungsbedingungen geschaffen werden können.

Halbautomatisierte Systeme dienen häufig als Pilot- oder Forschungsanlagen, bevor ein Prozess in die industrielle Produktion überführt wird. Sie bilden damit eine Schnittstelle zwischen Forschung und Praxis: Die Zuchtbedingungen sind weitgehend standardisiert, werden jedoch noch manuell überwacht oder angepasst, um Erkenntnisse über optimale Parameter, Energieverbrauch oder Nährstoffkreisläufe zu gewinnen.

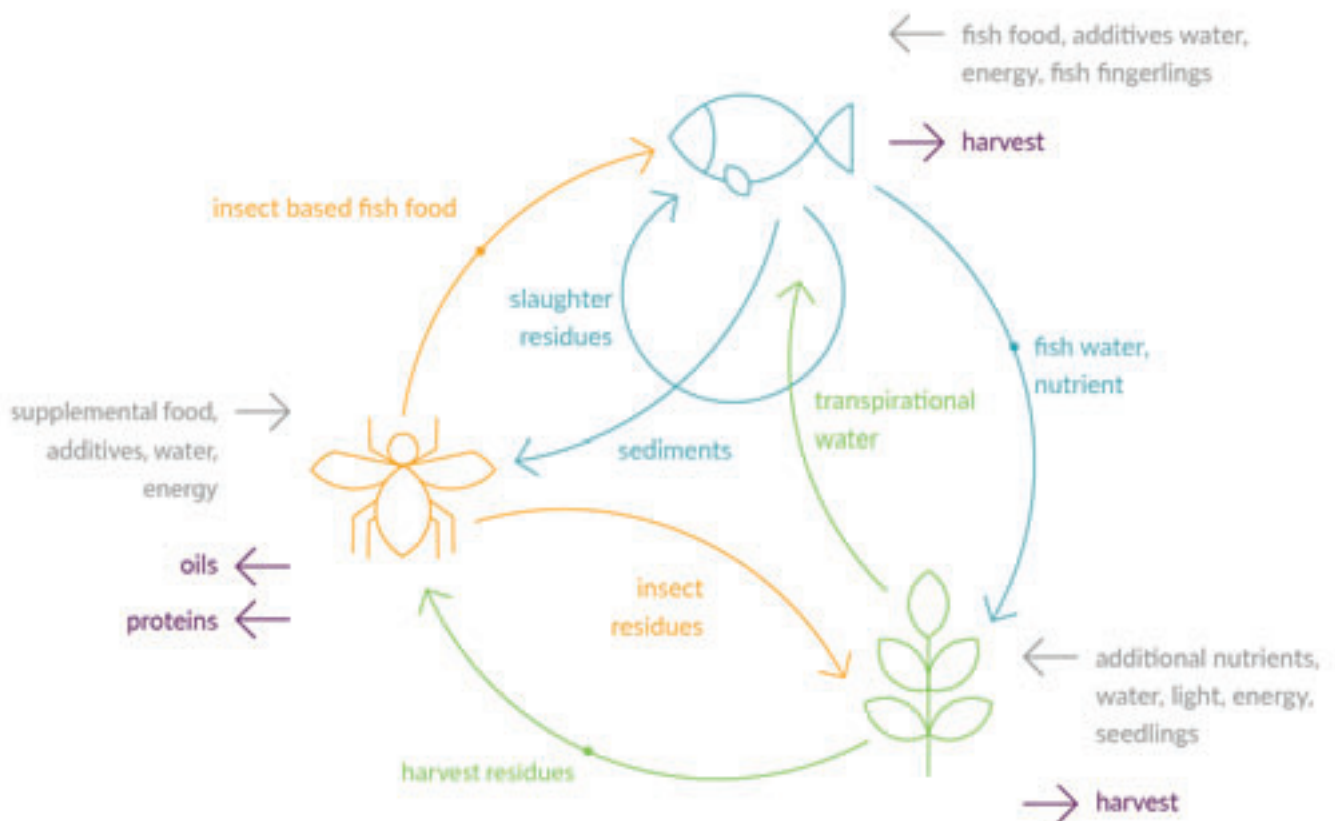


Ein herausragendes Beispiel für solche modulbasierten Systeme ist das Forschungsprojekt CUBES Circle (Closed Urban Bio-Engineering System), das von einem interdisziplinären Konsortium mehrerer Hochschulen und Forschungsinstitutionen in Deutschland entwickelt wurde. Das Ziel von CUBES Circle ist der Aufbau eines geschlossenen, urbanen Nahrungsproduktion-Systems, das Insektenzucht, Pflanzenproduktion und Aquakultur miteinander kombiniert. Das System basiert auf dem Prinzip des stofflichen Kreislaufs: Was in einem Modul als Nebenprodukt anfällt, dient in einem anderen Modul als Ressource.

Insekten werden dabei nicht nur als Proteinquelle, sondern auch als Veredler von Reststoffen eingesetzt: sie wandeln Nebenprodukte aus der Fischzucht oder Pflanzenproduktion in verwertbare Biomasse um. Die Regalsysteme innerhalb des InsectCUBE machen den gesamten Prozess sichtbar, erforschbar und skalierbar, wodurch CUBES Circle als Prototyp einer zukunftsfähigen urbanen Lebensmittelproduktion gilt.



CUBES Circle
Future Food Production



Stand der Technik:

Insektenzucht im Mikroformat

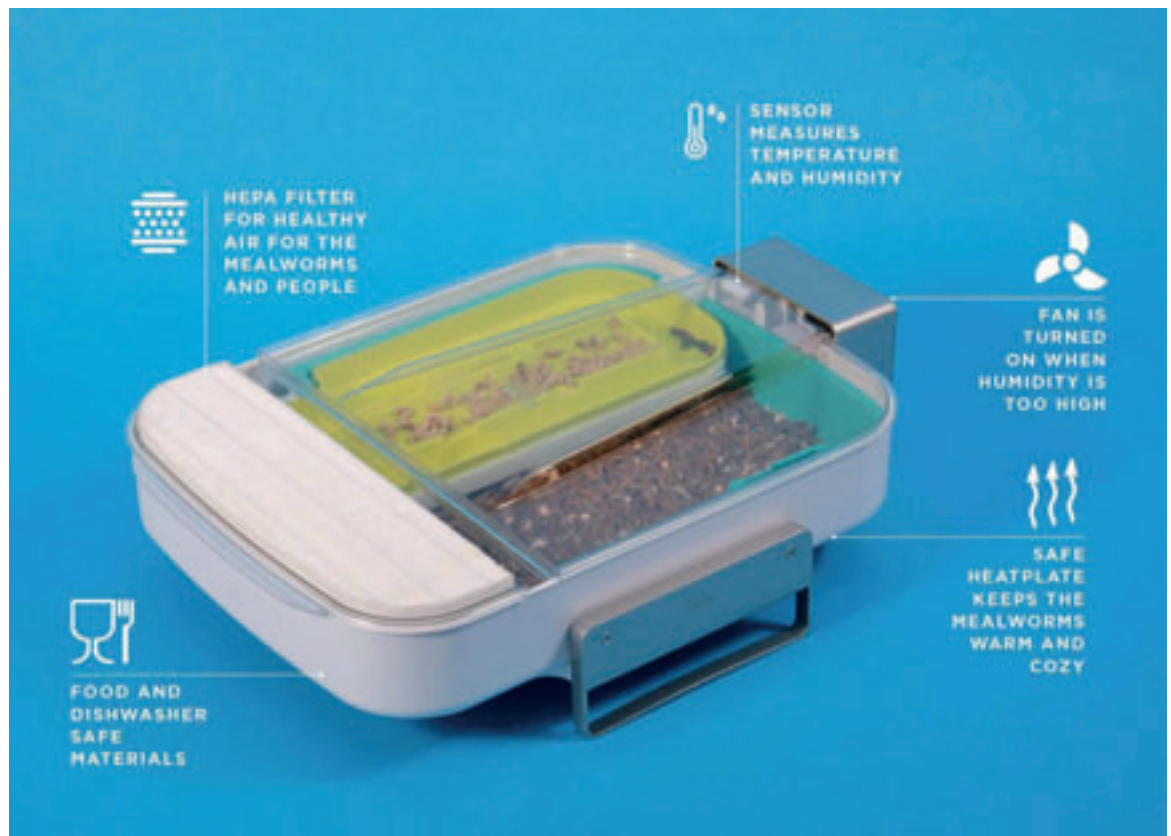
DIY- Formate und kommerzielle Zuchtsysteme

Im Bereich der Insektenzucht im Mikroformat, also für den häuslichen oder kleinskaligen Gebrauch, existiert bislang nur eine begrenzte Zahl funktionsfähiger Systeme auf dem Markt. Ein Teil dieser Systeme entsteht aus der DIY-Community, oft in Form von 3D-gedruckten, modular stapelbaren Varianten, die online frei verfügbar sind und selbst hergestellt oder angepasst werden können.



Daneben treten zunehmend kommerzielle Starter-Kits auf, die Insektenzucht auch für Haushalte und Bildungskontexte zugänglich machen sollen. Ein Beispiel hierfür ist das Heimzucht-Kit der Firma Ofera, das eine kompakte und leicht bedienbare Lösung für Einsteigerinnen und Einsteiger bietet. Ein weiteres Beispiel ist das „Hive“-System der Firma Livin Farms (Wien/Hongkong). Das Unternehmen entwickelt eigentlich skalierbare Insektenzuchtsysteme im industriellen Maßstab, bietet mit dem „Hive Explorer“ jedoch auch eine Mini-Version für den privaten Gebrauch, die sich besonders für Kinder und Bildungseinrichtungen eignet.

Diese Systeme zeigen, dass Insektenzucht zwar bereits in der industriellen Anwendung stark fortgeschritten ist, im häuslichen Bereich jedoch noch experimentell und designt bleibt – mit großem Potenzial für zukünftige Weiterentwicklungen.

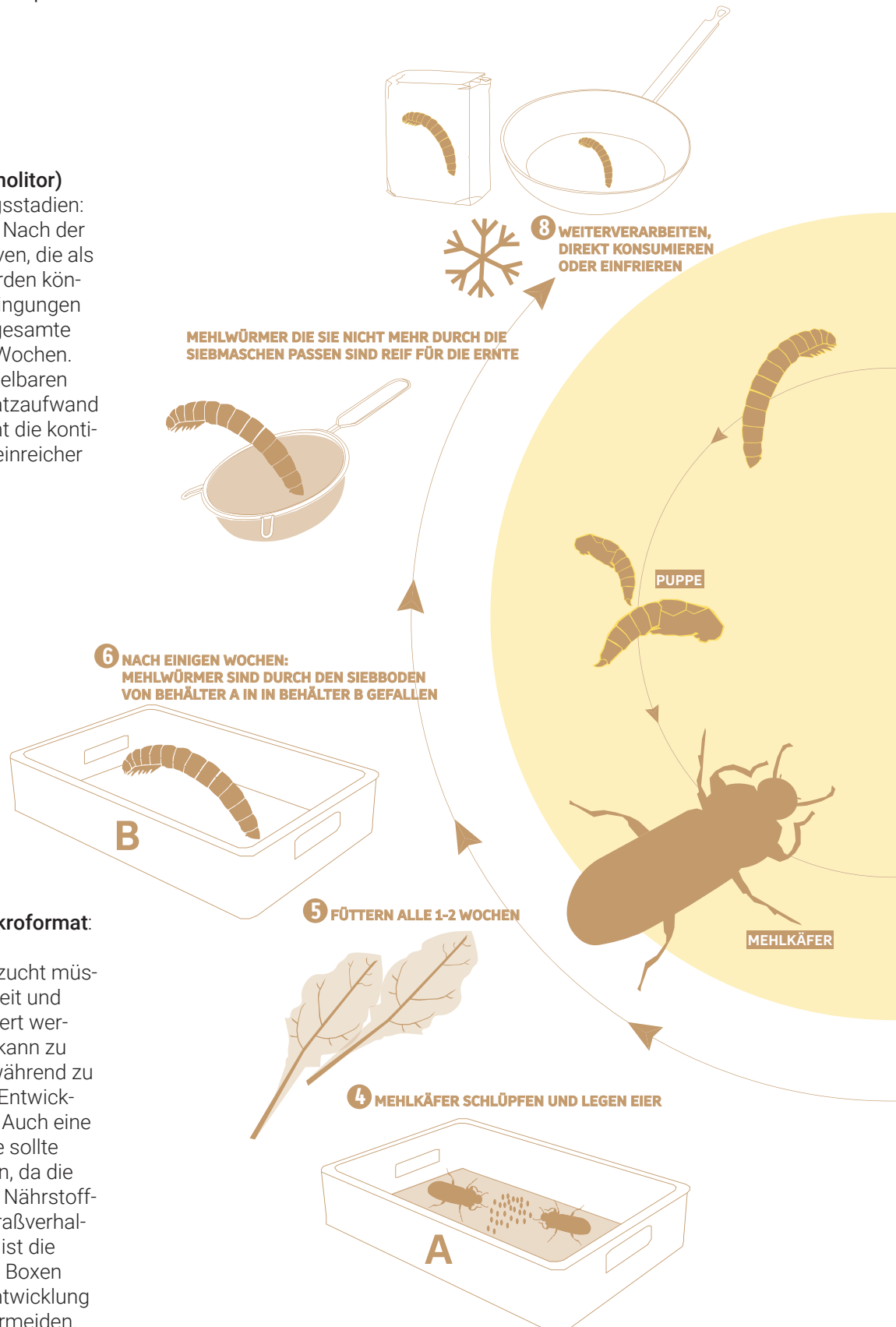


Zuchtprozess im Mikroformat

Zucht, Entwicklung und Herausforderungen
bei der Zucht am Beispiel des Mehlkäfers

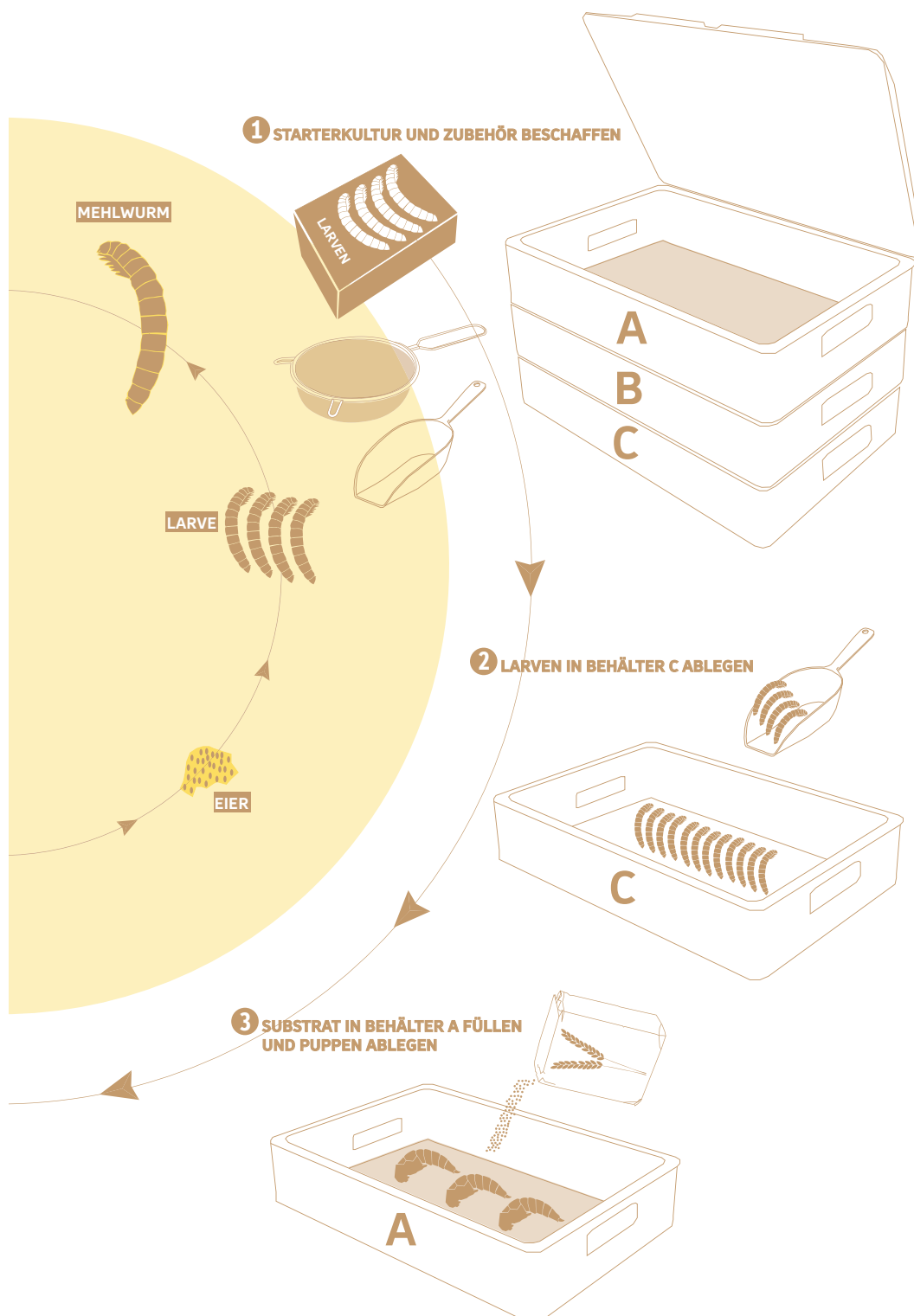
Der Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*)

durchläuft vier Entwicklungsstadien: Ei, Larve, Puppe und Käfer. Nach der Eiablage schlüpfen die Larven, die als „Mehlwürmer“ geerntet werden können. Unter konstanten Bedingungen (ca. 25–28 °C) dauert der gesamte Zyklus rund acht bis zehn Wochen. Die Zucht lässt sich in stapelbaren Behältern mit geringem Platzaufwand durchführen und ermöglicht die kontinuierliche Gewinnung proteinreicher Insekten.



Herausforderungen im Mikroformat:

Für eine erfolgreiche Heimzucht müssen Temperatur, Feuchtigkeit und Hygiene sorgfältig kontrolliert werden. Zu hohe Feuchtigkeit kann zu Schimmelbildung führen, während zu trockene Bedingungen die Entwicklung der Larven behindern. Auch eine zu hohe Populationsdichte sollte unbedingt vermieden werden, da die Tiere bei Platzmangel oder Nährstoffknappheit gegenseitigen Fraßverhalten zeigen können. Zudem ist die regelmäßige Reinigung der Boxen erforderlich, um Geruchsentwicklung und Schädlingsbefall zu vermeiden.



Verwendung von Insekten als Nahrungsmitteln

Kulinarische Einsatzmöglichkeiten und Produkte



Insekten werden heute auf unterschiedliche Weise in der Lebensmittelproduktion eingesetzt. Sie können geröstet, gebraten oder zu Mehl verarbeitet werden und dienen als Zutat in verschiedenen Produkten wie Burgern, Pasta, Backwaren, Riegeln oder Snacks. Ihr nussig-röstiges Aroma ermöglicht eine vielseitige kulinarische Verwendung, sowohl sichtbar als Ganzprodukt als auch „unsichtbar“ in verarbeiteten Lebensmittelkomponenten.

Durch ihre hohe Nährstoffdichte und den geringen ökologischen Fußabdruck stehen Insekten exemplarisch für eine lokale, ressourceneffiziente Form der Proteinversorgung. Ihr Einsatz zeigt, wie sich nachhaltige Ernährung mit bestehenden Esskulturen verbinden lässt.

Für die Verkostungsbeispiele dieser Recherche wurden Produktproben freundlicherweise von der Firma EntoSus aus Bremen zur Verfügung gestellt.



<https://www.lebensmittelklarheit.de/fragen-antworten/wie-erkenne-ich-zusatzstoffe-aus-insekten>,
<https://www.strasser-steine.at/insekten-essen-snacks-mit-sechs-beinen-strasser-steine/>,
<https://www.entosus.de>,
<https://zirpinsects.com/de-de/products/insektenburger>,
 zuletzt aufgerufen am 24.10.2025



Veganer Käse

Recherchiert von Alicia Hattler

Veganer Käse basiert ausschließlich auf pflanzlichen Komponenten wie Kokosöl, Stärke, Nüssen, Hülsenfrüchten, Gemüse, Getreide und Wasser. Er bietet ökologische Vorteile durch einen geringeren CO²-Fußabdruck, vermeidet ethische Probleme der Massentierhaltung und unterstützt eine bewusste, gesunde Ernährung – insbesondere durch Selbstherstellung und Fermentation. In diesem Beitrag wird auf die aktuelle Relevanz, Herausforderungen, Vorteile und Grundzutaten der Eigenherstellung eingegangen. Außerdem findet sich am Ende des Kapitels ein Rezept zu veganem luftgetrocknetem Gouda.

Konventionelle Käseherstellung & Ethik



Je weniger ein tierisches Produkt nach Tier aussieht, desto leichter fällt sein Verzehr.

Käse ist ein Paradebeispiel dafür, wie stark Verarbeitung unsere Wahrnehmung beeinflusst. Während Milch in ihrer reinen Form noch unverfälscht an das Tier erinnert, wirkt Käse wie ein entkoppeltes Produkt. Durch Fermentation, Reifung und Veredelung verliert er optisch wie geschmacklich die direkte Verbindung zum Euter. Für viele fühlt sich sein Konsum dadurch weniger belastend an – vielleicht ein Grund, warum der Käseverzehr in westlichen Ländern steigt, während der Milchkonsum zurückgeht.

Vegane Käseherstellung selber machen

Gleichzeitig gewinnen aber auch pflanzliche Käsealternativen deutlich an Bedeutung. Industriell hergestellte Varianten beruhen meist auf Kokosöl und können aus gesundheitlichen Aspekten nicht überzeugen. Daher ist es durchaus sinnvoll eine Eigenherstellung mit Fermentation in Betracht zu ziehen.

Bevor man startet, sollte man allerdings wissen, dass die Eigenherstellung von veganem Käse etwas Zeit erfordert. Zum einen für das Einweichen der Basiszutaten und zum anderen gegebenenfalls für die Vorbereitung von Fermentationsmedien wie Rejuvelac. Es sollte außerdem stets sauber und nur mit jodfreiem Salz gearbeitet werden, um Milchsäurekulturen bei der Fermentation nicht zu hemmen.

Eine weitere Herausforderung ist das Erreichen ausreichender Nährwerte, da der Eiweißgehalt meist niedriger ist als bei Kuhmilchkäse. Durch die Eigenherstellung können jedoch Inhaltsstoffe individuell nach Geschmack und Unverträglichkeiten gewählt werden, was die Transparenz erhöht.

Hinzu kommen die ökologische Vorteile. Zutaten lassen sich regional und saisonal auswählen und Verpackungsmüll wird reduziert. Das Selbermachen fördert außerdem Kreativität und Selbstwirksamkeit und spart Kosten im Vergleich zu teuren Käsealternativen aus dem Handel.



Herstellung

Grundzutaten, Geschmack & Konsistenz



Die Basis veganen Käses variiert je nach gewünschtem Geschmack und Konsistenz.

Verwendet werden vor allem Nüsse und Samen (z. B. Cashew, Mandeln, Sonnenblumenkerne), Hülsenfrüchte (z. B. Soja, Erbsen), Getreide oder Gemüse wie Blumenkohl sowie Tofu. Aroma und Textur entstehen durch Einweichen, Fermentation, Säuren oder Gewürze. Zugewetzt werden können auch Vitamine, Proteine oder Farbstoffe.

Für die Herstellung veganen Käses gibt es zwei Ansätze. Durch Fermentation mit Rejuvelac (Brottrunk), pflanzlichem Joghurt, Probiotikapulver oder unpasteurisiertem Sauerkrautsaft entstehen Aroma und Reifung. Schneller gelingt es aber auch mit natürlichen Zusätzen wie Zitronensaft oder Essig. Jedoch bekommt der Käse dann einen leicht säuerlichen und nicht so tiefen, vollen Geschmack wie bei der fermentierten Variante. Um mehr Geschmack einzubringen, können auch Gewürze wie Kräuter, Misopaste, Hefeflocken oder Schabzigerklee dazugegeben werden. Die Konsistenz wird über Bindemittel wie Agar-Agar (fest), Tapiokamehl (klebrig, zäh), Kappa-Karrageen (gallertartig, schmelzend) oder weitere Stärken gesteuert. Je nach Kombination und Menge lassen sich unterschiedliche Texturen erzielen.

Basis

Nüsse, Samen,
Hülsenfrüchte,
Öle...



+

Geschmack

Fermentation,
Säuren,
Gewürze...



+

Konsistenz

Fermentation,
Stärke...



+

ggf.

Zusätze

Vitamin B12,
Eiweiße,
Farbstoffe...



Herstellung

Rezept: luftgetrockneter Gouda

Ausrüstung:

- Mixer
- Glas- oder rostfreie Form
- Gitter (wie zum Auskühlen von Kuchen)
- scharfes Messer
- Holzlöffel
- schwerer Topf

Zutatenliste:

für 560 Gramm:

- 260 g Cashewnüsse, 3-8 Std. in Wasser eingeweicht und abgetropft
- 275 g ungesüßter, pflanzlicher Naturjoghurt
- 120 ml Rejuvelac (z.B. bei Kaufland)
- 80 ml Rapsöl, oder raffiniertes Kokosfett
- 60 ml trockener Weißwein
- 3 EL Tapiokamehl (z.B. bei Kaufland)
- 2 EL Hefeflocken (z.B. bei dm)
- 1 EL braunes Miso (z.B. bei fairment)
- 1 EL Karrageen-Pulver o. 2 EL Agar-Agar (z.B. Amazon)
- 2 1/2 TL Salz



1) Pürieren:

Für die Herstellung von luftgetrocknetem Gouda wird eine Mischung aus Cashewkernen, Joghurt, Rejuvelac, Öl, Wein, Tapiokamehl, Hefeflocken, Miso, Karrageen und Salz cremig püriert.

2) Kochen:

Anschließend wird die Masse unter ständigem Rühren bei mittlerer Hitze gekocht, bis sie geschmeidig wird und Bläschen bildet.

3) Auskühlen:

Danach füllt man sie in eine Glasform, lässt sie bei Zimmertemperatur abkühlen und anschließend ca. 4 Stunden im Kühlschrank fest werden.

4) Einsalzen:

Der Käse wird dann aus der Form gelöst, mit salzigen Händen eingerieben und anschließend rund fünf Tage an einem kühlen, gut belüfteten Ort getrocknet, bis er eine feste Konsistenz und eine Rinde entwickelt.

5) Lagerung:

Ist die gewünschte Konsistenz erreicht, kann der Käse im Kühlschrank ca. einen Monat gelagert werden.



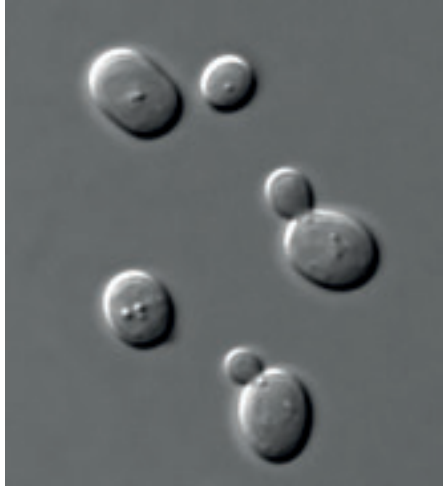
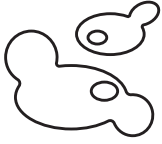


Brot backen und Fermentation

Recherchiert von Jesse Jacobsen

Brot ist eines der traditionsreichsten Lebensmittel in der Geschichte der Menschheit. Es ist ein weltweites Grundnahrungsmittel und hat in den verschiedensten Formen und Zubereitungsarten in nahezu jeder Kultur der Welt einen Platz. Damit geht es über seinen Zweck als reines Nahrungsmittel weit hinaus und hat sowohl kulturelle als auch politische Bedeutung.

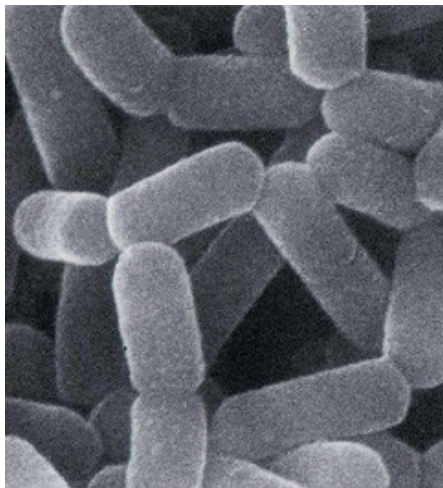
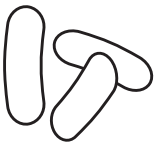
In den letzten Jahren hat besonders das Backen mit Sauerteig einen trendartigen Aufschwung erlebt. Doch Sauerteig Brot ist nicht einfach nur sehr lecker oder gesund, sondern eröffnet auch einen transformativen Zugang dazu, wie wir mit den Mikroorganismen unserer Umwelt in Beziehung treten können und von ihnen lernen, uns zu ernähren.



Saccharomyces cerevisiae

Hefen

Hefen sind einzellige Organismen aus der Familie der Pilze. Sie sind der Hauptakteur in der Fermentation von Brot, da sie, durch ihren Stoffwechsel, einen Teil der Inhaltstoffe des Brotteiges in CO₂ umwandeln. Dies führt letztendlich dazu, dass das Brot während der Gare und im Ofen aufgeht und eine luftige Struktur erhält. Die Hefen werden entweder, während der Zubereitung des Brotes, in Form von Bäckerhefe zum Teig hinzugegeben oder existieren bereits als vielfältige Kultur im Sauerteig Starter.



Fructilactobacillus sanfranciscensis

Milchsäurebakterien

Neben den Hefen spielen Milchsäurebakterien eine zentrale Rolle in der Fermentation von Brot, insbesondere bei Sauerteigen. Sie wandeln Zucker aus dem Mehl in Milchsäure und Essigsäure um, wodurch das Brot seinen charakteristisch leicht säuerlichen Geschmack erhält. Das saure Millieu, welches von den Mikroorganismen erzeugt wird dient außerdem nicht nur dem Geschmack des Brotes, sondern verhindert außerdem, dass sich ungewollte Bakterien und Pilze im Teig vermehren.



Die Grundzutaten, die für die Fermentation von fast jedem Brot die Basis bilden, sind Mehl, Wasser und Salz. Nach der Vermengung zu einem homogenen Teig bilden diese Zutaten den perfekten Nährboden für die Hefepilze und Milchsäurebakterien.





Warum Fermentieren?

Die Fermentation von Sauerteig hat mehrere wesentliche Gründe. Durch den Gärprozess entsteht eine lockere, elastische Krumenstruktur, die dem Brot seine typische Textur verleiht. Gleichzeitig entwickeln Milchsäurebakterien und Hefen ein komplexes Aromenspektrum, das je nach Zubereitungsart in der Säureintensität variiert. Die entstehenden Säuren wirken zudem konservierend und verlängern so die Haltbarkeit des Brotes. Während der Fermentation wird außerdem Phytinsäure abgebaut, wodurch Mineralstoffe wie Eisen und Zink besser vom Körper aufgenommen werden können.

Für viele Menschen ist durch Sauerteig fermentiertes Brot besser verträglich, da die lange Gärung das Gluten teilweise abbaut und so die Verdauung erleichtert.



Bäckerhefe

Grundsätzlich unterscheidet man in der Fermentation von Brot zwischen Hefebasierter Fermentation und spontaner Fermentation durch wilde Sauerteigkulturen. Die Unterschiede in der Zubereitung ergeben sich also aus dem verwendeten Triebmittel.

Hefefermentation meint hierbei die Fermentation von Brotteig mithilfe von Bäckerhefe. Diese Kultur besteht aus einem einzigen Isolierten Hefestamm (*Saccharomyces cerevisiae*) und ist typischerweise in Form kleiner Hefewürfel zu kaufen.

Dieser Hefestamm wurde erstmals Mitte des 19. Jahrhunderts von Louis Pasteur als lebendige Lebensform entdeckt und mikrobiell erforscht und wenig später für die industrielle Produktion von Brot patentiert.

Die Fermentation mit zugesetzter Bäckerhefe verläuft vergleichsweise schnell. Der verwendete Hefepilz vermehrt sich während des Gärprozesses und wandelt den enthaltenen Zucker in Kohlendioxid um. Dieses Gas lockert den Teig und sorgt dafür, dass er aufgeht.

Da bei diesem Triebmittel ausschließlich ein gezielt gezüchteter Hefestamm zum Einsatz kommt, sind die Backergebnisse besonders konstant und gut vorhersehbar.

Aus diesem Grund wird Brot, besonders im Industriellen Kontext, häufig mit Bäckerhefe gebacken.

Buch:

Hendrik Kleinwächter: *The Sourdough Framework*

Ken Forkish: *Flour, Water, Salt, Yeast*

James Morton: *Super Sourdough*

Sauerteig

Dem künstlichen Zusetzen von Bäckerhefe zum Brotteig, steht die Fermentation mit natürlich vorkommenden Sauerteigkulturen gegenüber.

Das Backen mit Sauerteig ist eine Tradition die höchstwahrscheinlich so alt ist wie die Menschheit selbst. Der genaue Ursprung ist allerdings nicht zurückverfolgbar. Es ist jedoch relativ wahrscheinlich, dass der allererste Sauerteig aus dem Zufall heraus entstanden ist.

Denn Sauerteig besteht aus einer Vielzahl verschiedener Mikroorganismen, darunter vornehmlich wilde Hefen und Milchsäurebakterien.

Diese Organismen kommen so gut wie überall vor. Sie sind im Erdboden, in der Luft die wir Atmen, an unseren Händen und natürlich auch im Mehl, mit dem wir backen, vorhanden.

Diese Kultur wird bei der Fermentation von Sauerteig Brot in Form eines Starters hinzugegeben und produziert, genau wie Bäckerhefe, Kohlendioxid und zusätzlich Milchsäure, welche dem Brot einen tieferen Geschmack verleihen.

Durch Vielschichtigkeit und Komplexität der Kultur geht die Fermentation, im Vergleich zu Hefefermentation, in der Regel langsamer von statten und ist schwieriger zu steuern. Sie bringt aber auch einige Vorteile mit sich.



A Hands **B** Starter

Relative abundance

Fungal Order

- Saccharomycetales
- Bacteroidales
- Coriobacteriales
- Coriobacteriales

C Hands **D** Starter

Relative abundance

Bacterial Order

- Lactobacillales
- Actinomycetales
- Bacteroidales
- Bacteroidales
- Bacteroidales
- Bacteroidales
- Bacteroidales
- Bacteroidales
- Bacteroidales
- Bacteroidales

E Hands **F** Starter

Relative abundance

Saccharomycetales

- Saccharomycetales_ADV_1
- Saccharomycetales_ADV_2
- Saccharomycetales_ADV_3
- Saccharomycetales_ADV_4
- Saccharomycetales_ADV_5
- Saccharomycetales_ADV_6
- Saccharomycetales_ADV_7
- Saccharomycetales_ADV_8
- Saccharomycetales_ADV_9
- Saccharomycetales_ADV_10
- Saccharomycetales_ADV_11
- Saccharomycetales_ADV_12
- Saccharomycetales_ADV_13
- Saccharomycetales_ADV_14
- Saccharomycetales_ADV_15
- Saccharomycetales_ADV_16
- Saccharomycetales_ADV_17
- Saccharomycetales_ADV_18
- Saccharomycetales_ADV_19
- Saccharomycetales_ADV_20

G Hands **H** Starter

Relative abundance

Bacteroidales

- Bacteroidales_ADV_1
- Bacteroidales_ADV_2
- Bacteroidales_ADV_3
- Bacteroidales_ADV_4
- Bacteroidales_ADV_5
- Bacteroidales_ADV_6
- Bacteroidales_ADV_7
- Bacteroidales_ADV_8
- Bacteroidales_ADV_9
- Bacteroidales_ADV_10
- Bacteroidales_ADV_11
- Bacteroidales_ADV_12
- Bacteroidales_ADV_13
- Bacteroidales_ADV_14
- Bacteroidales_ADV_15
- Bacteroidales_ADV_16
- Bacteroidales_ADV_17
- Bacteroidales_ADV_18
- Bacteroidales_ADV_19
- Bacteroidales_ADV_20

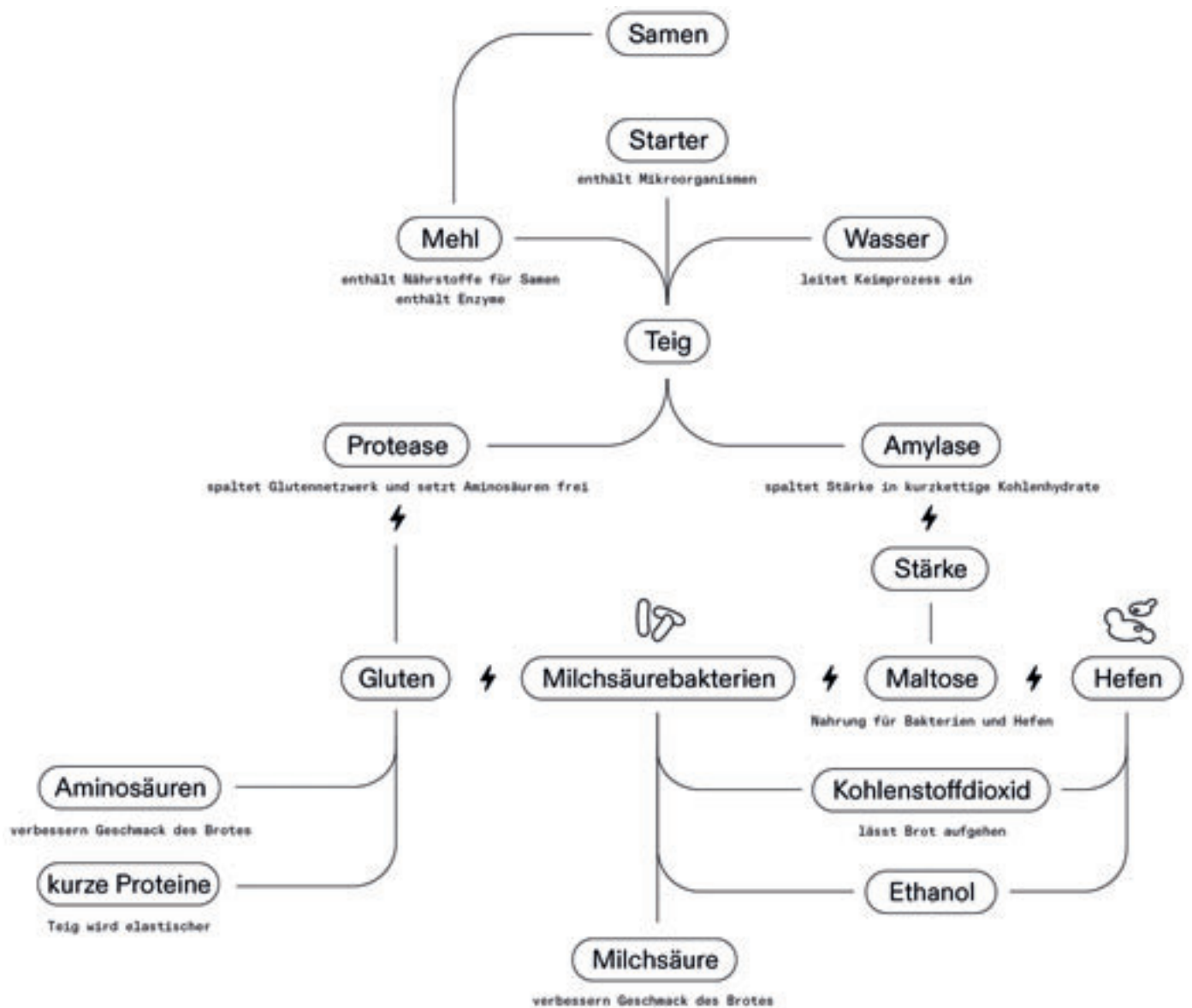
(2) Influences of Ingredients and Bakers on the Bacteria and Fungi in Sourdough Starters and Bread, <https://journals.asm.org/doi/10.1128/msphere.00950-19>

Mikrobielle Vielfalt

Die Unterschiedlichkeiten zwischen Hefebasierter und Sauerteigbasierter Fermentation ergeben sich also aus der Mikrobiellen Vielfalt heraus. Diese sorgt für ein anspruchvolleres und komplexes Endprodukt, da die verschiedenen Mikroorganismen durch Nebenprodukte ihres Stoffwechsels den Teig verbessern.

In Grafik (1) ist ein Auszug einer Studie zu sehen, welche die Vielfalt der verschiedenen Milchsäurebakterien (links) und Essigsäurebakterien (rechts) von 500 Sauerteigen verschiedener Bäcker analysiert. Jeder Sauerteig ist in seiner mikrobiellen Zusammensetzung verschieden und bringt dadurch auch andere Backergebnisse hervor.

Studien (2) zeigen auch, dass das Mikrobiom eines Sauerteiges von den direkten Kontakt mit dem Mikrobiom der Bäckerhände beeinflusst wird und anders herum. Die Mikrobielle Vielfalt entspringt also nicht nur dem Mehl, den Zutaten, der Luft oder dem Ort, sondern eben auch dem eigenen Händen jedes Bäckers.



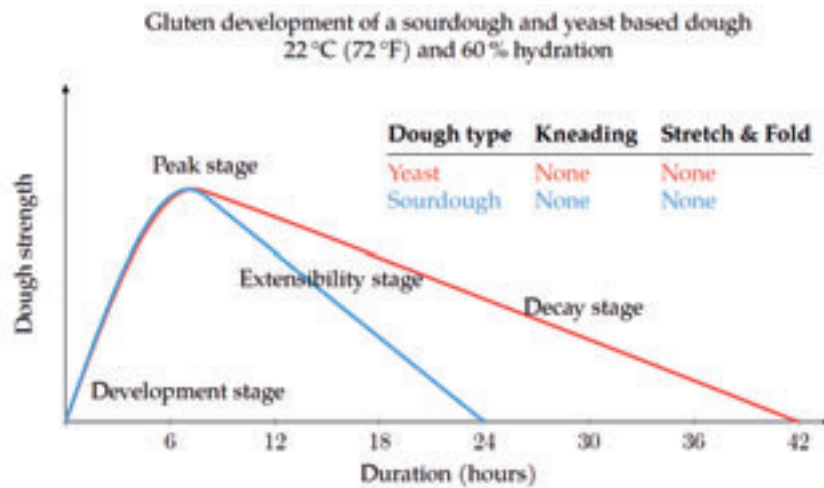
(3) Ablauf der Fermentation von Sauerteig auf mikrobieller Ebene

Ablauf der Fermentation

Bei der Fermentation von Sauerteig entsteht im Teig ein komplexes Zusammenspiel aus Enzymen, Hefen und Milchsäurebakterien, welches in der Grafik (3) dargestellt ist. Zunächst spaltet das im Mehl enthaltene Enzym Amylase die Stärke in kleinere Zuckermoleküle wie Maltose, die wiederum als Nahrung für Hefen und Milchsäurebakterien dient. Während die Hefen aus diesen Zuckern Kohlendioxid und Ethanol bilden, sorgt das entstehende Gas dafür, dass der Teig locker wird und aufgeht. Gleichzeitig setzen Milchsäurebakterien Milchsäure frei, die den pH-Wert senkt, dadurch das Überleben unerwünschter Mikroorganismen

erschwert und dem Brot sein typisch mild-säuerliches Aroma verleiht. Parallel dazu spaltet das Enzym Protease das Klebereiweiß Gluten in kleinere Proteine und Aminosäuren, wodurch der Teig elastischer wird und zusätzlich geschmackliche Nuancen erhält. Die Milchsäurebakterien sind hierbei ebenfalls an der Spaltung des Glutens beteiligt, da sie in der Lage sind eigene Enzyme zu bilden. Durch diese gegenseitige Zusammenarbeit der Mikroorganismen entsteht ein stabiles Ökosystem. Das Ergebnis ist ein aromatischer, bekömmlicher Sauerteig mit komplexer Textur und charakteristischem Geschmack.





(4) Gluten development of a sourdough and yeast based dough, The Sourdough Framework, Hendrik Kleinwächter

Unterschiede Sauerteig – Hefe

Die Sauerteigfermentation verläuft deutlich langsamer als die herkömmliche Hefegärung. Das liegt daran, dass im Sauerteig nicht nur wilde Hefen, sondern auch Milchsäure- und Essigsäurebakterien aktiv sind, die gemeinsam ein komplexes mikrobielles Gleichgewicht bilden. Durch diese verlängerte Reifezeit entsteht ein komplexerer Geschmack, der von feinen, leicht säuerlichen Aromen geprägt ist.

Ein weiterer Vorteil des Sauerteigs ist seine erhöhte Haltbarkeit. Die während der Fermentation entstehenden Säuren senken den pH-Wert und hemmen das Wachstum unerwünschter Mikroorganismen, wodurch das Brot länger frisch bleibt

und weniger schnell verdirbt.

Gleichzeitig bauen die Enzyme und Milchsäurebakterien einen Teil des Glutens ab, was den Teig weniger glutenlastig und das fertige Brot für empfindliche Personen besser verdaulich macht. Auch Phytinsäure wird während der Fermentation abgebaut, was eine besser Verfügbarkeit der Nährstoffe gewährleistet.

Allerdings ist die Arbeit mit Sauerteig schwieriger, da der Fermentationsprozess stark von Temperatur, Feuchtigkeit und Zeit abhängt. Der Teig reagiert empfindlich auf kleine Veränderungen und erfordert daher Erfahrung und ein gutes Gefühl für den Reifezustand und die Glutenentwicklung (4).

Buch:

Hendrik Kleinwächter: The Sourdough Framework

James Morton: Super Sourdough

Faktoren

Generell kann fast jede Sauerteigfermentation erfolgreich sein. Es kommt darauf an, die Umstände aufeinander anzupassen. Entscheidend für die Fermentationsgeschwindigkeit ist zunächst das Verhältnis der Zutaten, also wie viel Mehl, Wasser und Starter verwendet werden. Der Proteingehalt des Mehls beeinflusst die Teigstruktur, da eiweißreiches Mehl ein stabiles Glutengerüst für die Gasentwicklung bietet. Ebenso wichtig ist die Hydratation, also der Wasseranteil im Teig,

der die Porung des Brotes bestimmt. Die Aktivität des Starters steuert die Triebfähigkeit des Teiges. Auch die Knettechnik spielt eine Rolle, weil sie die Struktur und die Teigspannung beeinflusst. Schließlich entscheiden Gärtemperatur, Gärzeit und Luftfeuchtigkeit darüber, wie schnell und gleichmäßig die Mikroorganismen arbeiten. Selbst das Mikrobiom der Hände kann den Prozess subtil prägen, da es eigene Bakterien und Hefen in die Kultur einbringt.



Zutaten

Die wichtigste Zutat für die Fermentation ist das Mehl, es liefert sowohl die Nährstoffe als auch die Mikroorganismen, die den Sauerteig lebendig machen.

Es gibt verschiedene Sorten von Mehl, die sich nach Getreideart, etwa Weizen, Roggen oder Dinkel unterscheiden. Roggenmehl fördert durch seine Enzymaktivität besonders die Milchsäuregärung, während Weizenmehl ein stabileres Glutengerüst bildet.

Die Typenzahl eines Mehls gibt an, wie mineralstoffreich es ist: Je höher die Zahl, desto mehr Randschichten des Korns sind enthalten, was zu intensiverem Geschmack und höherem Nährstoffgehalt führt. Zudem beeinflusst das Mehl die potenzielle Hydratation, also wie viel Wasser der Teig aufnehmen kann, und dadurch auch die Krumenstruktur die letztendlich entsteht.





Weitere typische Zutaten für Brotteig sind beispielsweise Olivenöl, verschiedenste Körner und Saaten, sowie Nüsse.





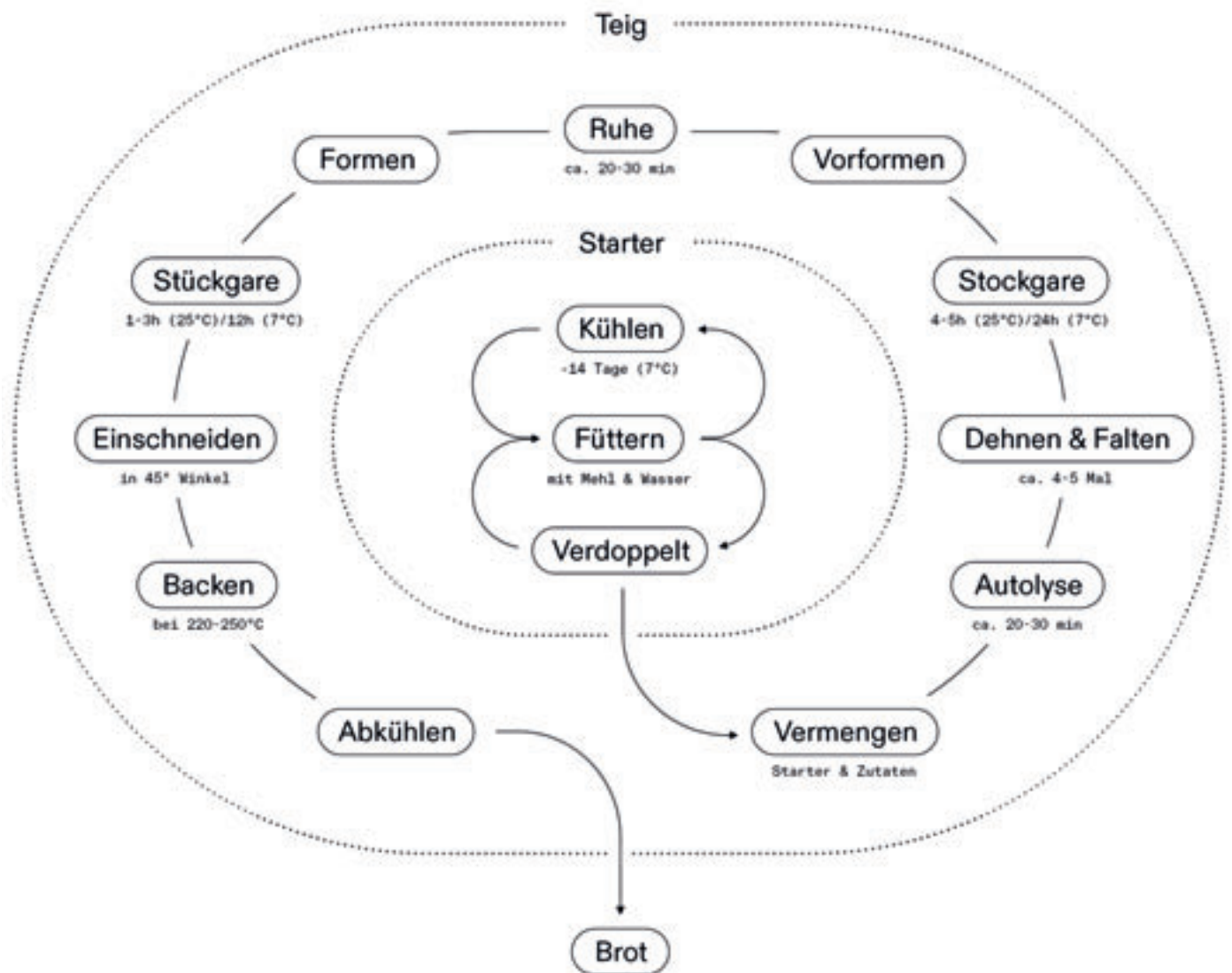


Werkzeuge und Utensilien

Für das Backen von Sauerteigbrot braucht man keine professionelle Ausrüstung, doch einige Backutensilien erleichtern den Prozess erheblich. Ein normaler Haushalts-Ofen reicht völlig aus, ideal sind jedoch Tricks wie ein Dutch Oven, ein Pizzastein oder Dampfzugabe per Sprühflasche für eine bessere Kruste und Ofentrieb. Zwei Einmachgläser werden für den Sauerteigstarter verwendet, und Schüsseln dienen zum Mischen und Gären des Teigs.

Eine Teigkarte hilft beim Formen und Teilen, eine elektronische Waage und ein Messbecher beim genauen Abmessen. Zum Verrühren eignet sich ein Kochlöffel, und der Gärkorb gibt dem Teig während der letzten Gärstufe seine Form. Mit einer Brotschaufel wird das Brot sicher in den Ofen geschoben, während Rasierklingen oder Schneidwerkzeuge für das Einschneiden vor dem Backen sorgen. Außerdem empfiehlt es sich ein paar Handtücher zu besitzen um den Teig während der Gare abdecken zu können.





(5) Arbeitsschritte in der Zubereitung eines Sauerteigbrottes von Starter bis zum fertigen Brot



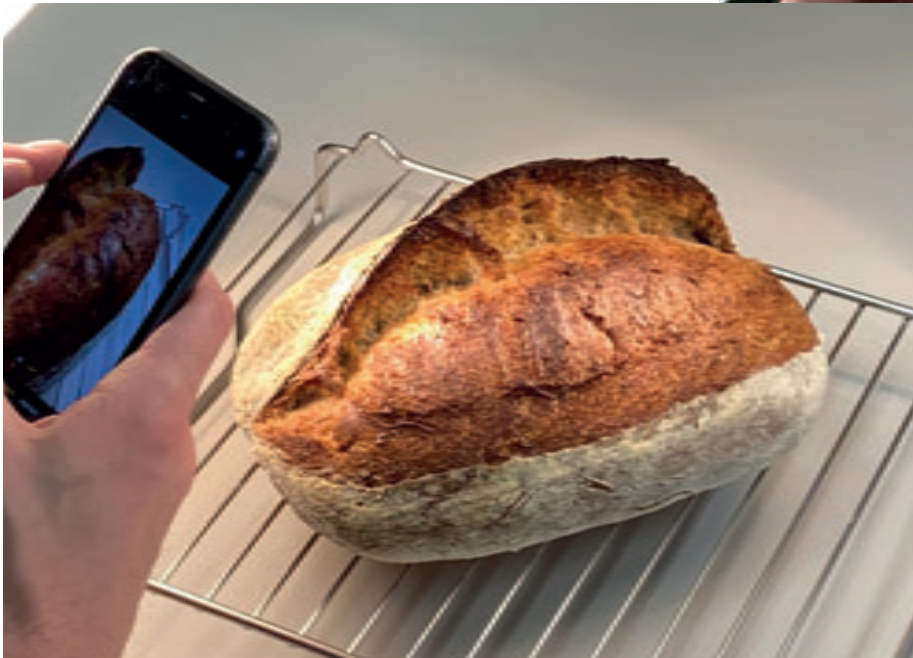
Arbeitsschritte

Die Grafik (5) zeigt den Ablauf der Sauerteigbrot Herstellung – vom aktiven Starter bis zum fertigen Brot. Zunächst wird der Starter regelmäßig gefüttert (mit Mehl und Wasser), bis er sich sichtbar verdoppelt hat. Danach kann er für den Backprozess verwendet oder für bis zu 14 Tage bei etwa 7 °C gekühlt werden. Im nächsten Schritt werden Starter und Zutaten vermengt, worauf eine Autolysephase von etwa 20–30 Minuten folgt, in der sich das Mehl mit Wasser verbindet und das Glutennetz zu entstehen beginnt. Anschließend erfolgt die Stockgare, die bei 25 °C rund 4–5 Stunden oder bei 7 °C bis zu 24 Stunden dauern kann – während dieser

Zeit wird der Teig mehrmals gedehnt und gefaltet, um Struktur und Spannung aufzubauen. Nach einer kurzen Ruhephase wird der Teig vorgeformt und dann geformt, bevor er in die Stückgare übergeht, die bei Raumtemperatur 1–3 Stunden oder im Kühlschrank bis zu 12 Stunden dauern kann. Vor dem Backen wird der Teig in einem Winkel von etwa 45 Grad eingeschnitten, um kontrollierte Risse und eine schöne Kruste zu ermöglichen. Schließlich wird das Brot bei 220–250 °C gebacken und danach vollständig abgekühlt, bevor es angeschnitten wird. Durch Manipulation dieser Schritte entstehen so die unterschiedlichsten Brote.

Buch:
James Morton: Super Sourdough





Fermentation von Milchprodukten

ohne Lab



Recherchiert von Korinna Rennefeld

Die Welt liebt Milchprodukte.

Eine Studie von Juni 2023 prognostiziert, dass das Volumen des Weltmarkts für Milchprodukte von 2022 bis 2028 um nahezu 40 Prozent auf 1.243 Milliarden US-Dollar wachsen wird.

Zusammensetzung der Milch

Milch ist eine eiweißreiche und nährstoffhaltige Quelle, die aufgrund ihrer physikalischen und geschmacklichen Eigenschaften für zahlreiche Getränke und Lebensmittel verwendet wird.

Sie setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

Mineralstoffe



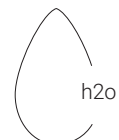
Vitamine



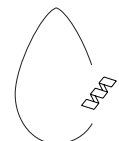
Milchfett



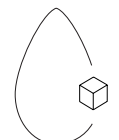
Wasser



Eiweiß



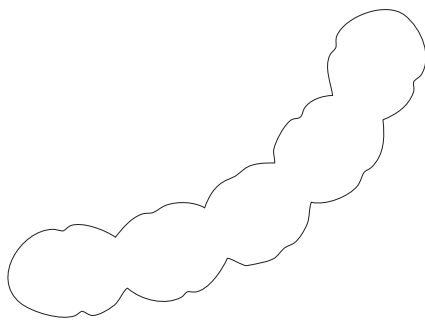
Laktose



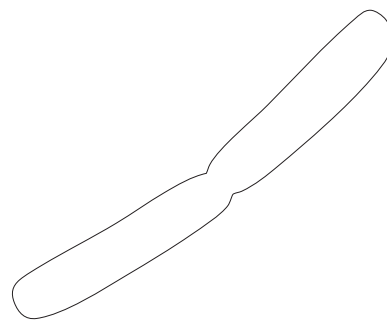
Milchsäuregärung

Die Milchsäuregärung zählt zu den zentralen Prozessen bei der Fermentation von Milchprodukten. Dabei wird der in der Milch enthaltene Milchzucker – die Laktose – von speziellen Milchsäurebakterien in Milchsäure umgewandelt. Durch diesen Vorgang verändert sich nicht nur der Geschmack der Milch, sondern auch ihre Konsistenz und Haltbarkeit.

Milchsäurebakterien



Streptococcus Thermophilus



Lactobacillus Bulgaricus
Lactobacillus Acidophilus

Die für die Fermentation wichtigen Milchsäurebakterien sind Streptococcus thermophilus sowie Lactobacillus bulgaricus oder Lactobacillus acidophilus. Je nach Zusammensetzung der Bakterienkulturen entsteht ein unterschiedlicher Geschmack: Die Kombination aus Streptococcus thermophilus und Lactobacillus bulgaricus sorgt für ein intensiveres Aroma, während die Verbindung von Streptococcus thermophilus und Lactobacillus acidophilus eine mildere Note hervorbringt.

Ausgangsprodukte einer Milchsäuregärung

Eine Vielzahl von Lebensmitteln entsteht durch Milchsäuregärung. Zu den bekanntesten Produkten zählen beispielsweise

Käse

Frischkäse

Joghurt

Kefir

Quark

Buttermilch

Butter

Schmand

Crème Fraîche

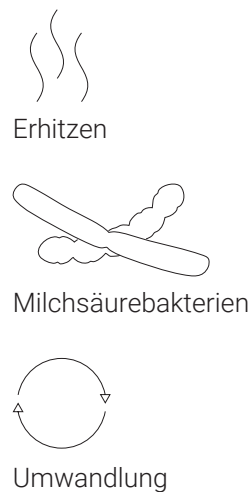


Prozess

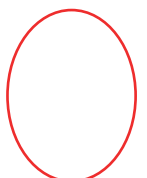
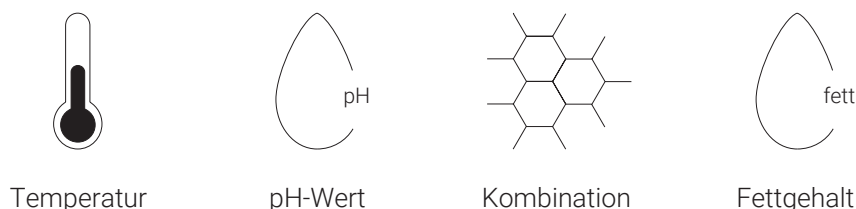
Früher wurde die Rohmilch einfach stehen gelassen, bis sich die Milchsäurebakterien aus der Umgebung von selbst ansiedelten und vermehrten, wodurch die Fermentation auf natürliche Weise in Gang gesetzt wurde. Nach der heutigen Gesetzeslage darf Rohmilch jedoch nicht mehr in Supermärkten in Deutschland verkauft werden und ist nur noch direkt beim Milcherzeuger erhältlich. Grund dafür sind die gesundheitlichen Risiken, die von in der Milch enthaltenen Bakterien und Keimen ausgehen. Aus diesem Grund muss Rohmilch stets entsprechend gekennzeichnet sein.

In den heutigen Supermärkten findet man daher fast ausschließlich pasteurisierte Milch. Dabei wird die Milch für kurze Zeit auf mindestens 72 Grad Celsius, maximal jedoch 100 Grad Celsius erhitzt, um schädliche Bakterien und Krankheitserreger abzutöten und die Milch zugleich schonend haltbar zu machen.

Betrachtet man die Fermentation von Milchprodukten allgemein, so läuft sie im vereinfachten Sinne immer nach einem ähnlichen Prinzip ab. Zunächst wird die Milch auf etwa 40–50 °C erhitzt und anschließend unter Rühren die Bakterienkultur hinzugegeben, sodass sich die Kulturen gleichmäßig in der Milch verteilen. Bei dieser Temperatur können sich die Milchsäurebakterien optimal vermehren und mithilfe des Enzyms Laktase den Milchzucker (Laktose) in Glukose und Galaktose spalten. Diese beiden Einfachzucker werden anschließend von den Bakterien zu Milchsäure abgebaut.



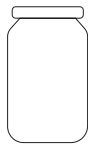
Dabei sind einige Werte zu beachten, die für den Ausgang der Fermentationsprodukte wichtig sind und diese in verschiedener Hinsicht beeinflussen. Die Temperatur bei der Fermentation ist ein entscheidender Faktor, um Bakterien oder Krankheitserreger abzutöten und gleichzeitig eine Wohlfühltemperatur für die Bakterienkulturen zu schaffen, damit sie sich gut vermehren können. Ebenso beeinflusst der pH-Wert den Prozess, da er sowohl den Säuregehalt und damit den Geschmack als auch die Wachstumsfähigkeit der Mikroorganismen bestimmt. Auch die Zusammensetzung der Milchsäurebakterien wirkt sich – wie bereits erwähnt – auf Geschmack und Textur des Endprodukts aus.



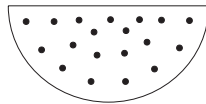
Ohne Lab

Um beispielsweise aus Milch Käse herzustellen, muss die Milch zunächst gerinnen, damit der Käse seine feste Konsistenz bekommt. Dabei kommt sogenanntes Lab zum Einsatz, ein Enzymkomplex, der die Gerinnung der Milch bewirkt. Viele Käsesorten werden mit Lab hergestellt, das traditionell aus dem Labmagen von Kälbern gewonnen wird. Lab ist sowohl als Flüssigkeit als auch als Pulver erhältlich und kann tierischen, mikrobiellen oder pflanzlichen Ursprungs sein. Mikrobielles Lab wird mit Hilfe von Mikroorganismen produziert. Dabei werden spezielle Schimmelpilze oder Bakterien eingesetzt, die das Enzym Chymosin oder ähnliche Gerinnungsenzyme herstellen. Ein Beispiel für die Herstellung ohne Lab ist Joghurt: Hier werden nur Milchsäurebakterien zur Fermentierung genutzt – ganz ohne tierisches Lab. Solcher Joghurt ist vegetarisch.

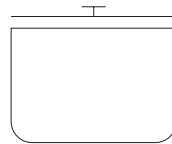
Equipment



Gläser



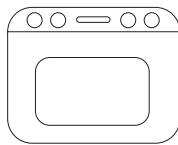
Sieb



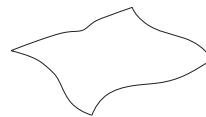
Topf



Thermometer



Ofen



Käseleinen /
Mulltuch

Herstellungsprozess

Joghurt ohne Starter

Die Milch, am besten Sauermilch, in ein desinfiziertes Glas füllen und mit einem Deckel verschließen. Den Ofen anschließend auf etwa 40 °C vorheizen und das Glas für rund 12 Stunden hineinstellen. Nach dieser Zeit hat sich die Molke am Boden des Glases abgesetzt, während sich oben eine cremig-joghurtartige Schicht gebildet hat. Nun die Molke vorsichtig durch ein Sieb vom Joghurt trennen. Den Joghurt anschließend für einige Stunden oder über Nacht ruhen und durchziehen lassen.

Joghurt mit Joghurt als Starter

Etwa zwei Teelöffel gekauften Joghurt in ein desinfiziertes Glas geben (Menge für ca. 500 ml Milch). Die Milch aus dem Kühlregal kurz auf etwa 80–90 °C erhitzen und anschließend auf 40–50 °C abkühlen lassen. Die lauwarme Milch zum Joghurt ins Glas geben und gut verrühren. Das Glas anschließend bei ca. 40 °C für einige Stunden oder über Nacht im Ofen ruhen lassen, bis der Joghurt fest geworden ist.

Joghurt mit Starterkulturen

Die Milch aus dem Kühlregal in einen Kochtopf gießen und kurz auf etwa 80–90 °C erhitzen. Anschließend die Milch auf 40–50 °C abkühlen lassen. Nun die Starterkulturen hinzufügen und sorgfältig umrühren. Die Mischung in ein desinfiziertes Glas füllen und bei 40 °C für mehrere Stunden im Ofen ziehen lassen, bis sich eine cremige Konsistenz gebildet hat.

Kefir

Die Kefirknollen in ein desinfiziertes Glas geben und mit Milch auf Raumtemperatur auffüllen. Das Glas nicht fest verschließen, sondern lediglich mit einem sauberen Tuch und einem Gummiband abdecken. Anschließend das Gefäß bei Zimmertemperatur etwa 24 Stunden stehen lassen. Danach den entstandenen Kefir durch ein Sieb in ein anderes Glas abgießen, um die Kefirknollen von der Flüssigkeit zu trennen. Die aufgefangenen Knollen können anschließend wieder für einen neuen Ansatz verwendet werden.

Kefirknollen kann man von Freunden erhalten oder im Internet erwerben.

Käse

Die Milch in einen Kochtopf füllen und so lange erhitzen, bis sie zweimal aufkocht. Die heiße Milch dann beiseitestellen und etwas Zitronensaft hinzufügen. Dies hilft, dass sich die flüssigen und fettigen Bestandteile voneinander trennen. Innerhalb von etwa 4–5 Minuten gerinnt die Milch, und Molke sowie Käsebrocken trennen sich voneinander. Die Käsebrocken können mit einem Schaumlöffel abgeschöpft und in ein mit Mulltuch ausgelegtes Sieb gelegt werden, um die Molke abtropfen zu lassen, oder vorsichtig ausgedrückt werden. Die Käsemasse anschließend in eine Form füllen, gut andrücken und ggf. mit Gewichten mehrere Stunden oder über Nacht stehen lassen, damit der Käse schnittfest wird. Wer möchte, kann den Käse vor dem Formen oder hinterher nach Belieben würzen.



Herausforderungen

Bei der Herstellung von Milchprodukten gibt es viele Herausforderungen, die darüber entscheiden, ob das Endprodukt gelingt oder nicht. Schon kleine Fehler können große Auswirkungen auf Geschmack, Konsistenz und Haltbarkeit haben.

Hygiene kann ein entscheidender Faktor für das Gelingen der Fermentation sein und stellt gleichzeitig eine Herausforderung dar. Sind Töpfe oder Gläser nicht ausreichend gereinigt, desinfiziert oder sterilisiert, können die Produkte schnell verderben und ungenießbar werden. Im Heimgebrauch genutzte Geräte erlauben meist keine stabile Temperaturkontrolle oder exakte Überwachung des pH-Werts. Das kann dazu führen, dass die Fermentation ungleichmäßig verläuft und das Ergebnis bei wiederholten Prozessen jeweils unterschiedlich ausfällt. Auch die Eigenschaften der verwendeten Milch wirken sich auf das Endprodukt aus. Unterschiede im Fettgehalt oder in der Marke können Konsistenz, Geschmack und Aussehen beeinflussen. Hinzu kommt, dass die Wahl der Starterkulturen je nach Art unterschiedliche Ergebnisse liefert und Textur, Konsistenz und Geschmack des Produkts prägt.

Vorteile

Fermentierte Produkte zeichnen sich nicht nur durch ihren intensiven Geschmack aus, sondern sind auch länger haltbar und können die Gesundheit positiv beeinflussen.

Insbesondere für die Darmgesundheit sind fermentierte Milchprodukte von Vorteil. Sie unterstützen die Verdauung von Laktose, weil Milchsäurebakterien das Enzym Laktase bilden und die Laktose im Darm abbauen, wodurch die Toleranz gegenüber Milchzucker erhöht wird. Darüber hinaus können fermentierte Milchprodukte das Immunsystem stärken, da bestimmte Milchsäurebakterien die Aktivität bestimmter Immunzellen steigern. Sie fördern auch die Knochengesundheit, denn in Verbindung mit Vitamin D kann die Knochendichte verbessert, das Wachstum unterstützt und das Risiko von Hüftfrakturen verringert werden. Auch die Zahngesundheit profitiert von fermentierten Milchprodukten. Zusammen mit Vitamin D kann ihr regelmäßiger Verzehr dazu beitragen, das Risiko von Zahnkaries zu senken.



Fermentation von Getränken ... Kombucha

Recherchiert von Allegra D'Achille

Eine Recherche durch die Geschichte, Entwicklung
und Herstellung von Kombucha.

Die Geschichte der Kombucha



Kombucha ist ein fermentiertes, leicht kohlenstoffhaltiges Getränk, das aus gesüßtem Tee hergestellt wird. Seine Herkunft ist ungewiss, doch man nimmt an, dass es etwa 200 v. Chr. in der Mandschurei (heutiges Nordostchina) entstand. Von dort verbreitete es sich nach Osten, unter anderem durch einen legendären koreanischen Arzt namens Kombu (Cha heißt in Chinesisch „Tee“) – daher Kombu-Cha.

Im Laufe der Jahrhunderte wurde Kombucha in Japan, Korea, Vietnam, China und Teilen des östlichen Russlands konsumiert. In den letzten Jahrzehnten erlebt es wachsende Beliebtheit in Nordamerika und Westeuropa dank geschicktem Marketing und dem wachsenden Interesse an probiotischen Getränken.



Scoby



Die Kultur, mit der Kombucha hergestellt wird, heißt SCOBY (Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast). Die Hefen im SCOBY sind oft *Saccharomyces cerevisiae*, doch auch verwandte Arten können beteiligt sein. Die Essigsäurebakterien (AAB) gehören oft zu Gattungen wie *Gluconacetobacter* oder *Acetobacter*. Die Hefen spalten Saccharose in Glukose und Fruktose und wandeln sie in Ethanol und Kohlendioxid um; die Bakterien oxidieren anschließend einen Teil des Ethanols zu Essigsäure, was zur Säurebildung und pH-Senkung beiträgt.

Der Begriff „Symbiose“ beschreibt, wie diese Mikroorganismen zusammenleben: Die Bakterien profitieren von den Hefen, ohne ihnen zu schaden.

Der SCOBY bildet im Verlauf der Fermentation eine stabile, gelartige Zellulosemembran, die sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit ausbreitet und häufig als „zoogeleale Matte“ bezeichnet wird. Diese schwimmende Struktur entsteht, weil die im Kombucha vorhandenen Essigsäurebakterien der Lage sind, extrazelluläre Zellulose zu synthetisieren. Unter statischen Bedingungen, bleibt diese Membran an der Grenzfläche zwischen Luft und Flüssigkeit haften und wächst dort stetig weiter.

Die in der Kultur enthaltenen Essigsäurebakterien sind obligate Aerobier, das heißt, sie benötigen Sauerstoff, um Ethanol – das von den Hefen während der Gärung gebildet wird – zu Essigsäure zu oxidieren. An der Luftoberfläche ist die Sauerstoffkonzentration am höchsten, wodurch die Bakterien optimale Bedingungen für ihre oxidative Aktivität finden. Darüber hinaus erfüllt die Zellulosemembran auch eine Schutzfunktion. Sie bewahrt die darunterliegende Flüssigkeit vor schädlichen Mikroorganismen und Temperaturschwankungen. Während die Fermentation fortschreitet, wächst der SCOBY weiter, verdickt sich und passt sich der Form des Gefäßes an.

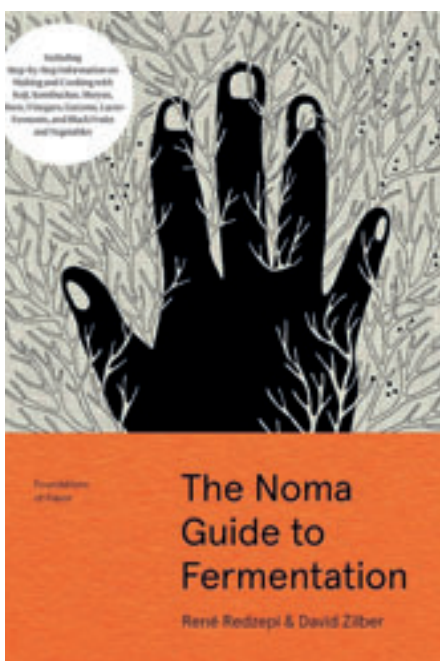


Der Fermentations-Prozess

Sobald der SCOBY in eine zuckerhaltige Flüssigkeit gegeben wird, setzt die Hefe im Inneren einen komplexen Fermentationsprozess in Gang. Sie beginnt, die im Tee enthaltenen einfachen Zuckerarten wie Glukose und Fruktose zu verstoffwechseln und dabei Ethanol sowie eine geringe Menge Kohlendioxid zu produzieren. Dieses Gas verleiht dem Kombucha seine charakteristische, leicht prickelnde Textur. Während die Hefen also den Zucker in Alkohol umwandeln, übernehmen die im gleichen Kulturverband lebenden Essigsäurebakterien (vor allem Komagataeibacter und Acetobacter) den nächsten Schritt des Prozesses. Sie oxidieren den entstandenen Alkohol mithilfe des aus der Umgebungsluft aufgenommenen Sauerstoffs zu Essigsäure, was dem Getränk seinen typischen säuerlichen Geschmack verleiht. Die enge Zusammenarbeit von Hefe und Bakterien macht den symbiotischen Charakter des SCOBY aus. Während die Hefe Energie aus Zucker gewinnt, nutzen die Bakterien die von der Hefe produzierten Stoffwechselprodukte als Nahrungsquelle. Unter idealen Bedingungen fermentiert die Hefe etwa zwei Teile Zucker zu einem Teil Alkohol, den die Essigsäurebakterien anschließend nahezu vollständig in Säure umwandeln ein fein abgestimmter biologischer Kreislauf.



Kombucha ist nicht vollständig alkoholfrei: Der Alkoholgehalt (ABV – Alcohol by Volume) liegt in der Regel zwischen 0,5 % und 1 %, abhängig von der Dauer der Fermentation und den spezifischen Bedingungen, wie Temperatur, Zuckerkonzentration und Sauerstoffzufuhr. Diese geringe, aber messbare Menge Alkohol entsteht als natürlicher Bestandteil des Fermentationsprozesses und trägt gemeinsam mit der leichten Säure und der Kohlensäure zum erfrischenden, lebendigen Charakter von Kombucha bei.



Book: The Noma guide to Fermentation by Rene Redzepi & David Zilber (2018)

Kombucha Herstellungsprozess



Die Herstellung von Kombucha erfolgt typischerweise so:
1. Man bereitet Tee (schwarz, grün oder gemischt) mit heißem Wasser zu und löst Saccharose (Zucker) darin auf.

2. Der gesüßte Tee wird auf Raumtemperatur abgekühlt und mit einer Portion zuvor fermentierten Kombucha und dem SCOBY versetzt.

3. Während der ersten Fermentation (etwa 7–12 Tage) wandeln Hefen Zucker in Ethanol und CO₂ um, während Bakterien einen Teil des Ethanols in organische Säuren, vor allem Essigsäure, umwandeln. Der pH-Wert sinkt nach und nach.

4. Nach dieser Phase kann eine zweite Fermentation in Flaschen erfolgen, wobei Früchte oder Aromen hinzugefügt werden, um durch eingeschlossenes CO₂ eine Kohlensäure zu erzeugen.

Wird die Fermentation zu lange fortgesetzt, kann der gesamte Zucker verbraucht werden und das Getränk sehr sauer werden, ähnlich wie Essig.

Jede Teesorte kann zur Herstellung von Kombucha verwendet werden. Dennoch werden am häufigsten schwarzer und grüner Tee eingesetzt, da sie die besten Bedingungen für das Wachstum des SCOBY bieten. Nach der Fermentation wird der Tee oft mit pflanzlichen Zutaten aromatisiert, zum Beispiel mit Früchten, Kräutern oder Gewürzen, um dem Getränk einen besonderen Geschmack und Duft zu verleihen.



Design Projekte mit Scoby

Scoby als Textil

Kombucha leather Jacket by Cypress Rollins



Diese Jacke wurde aus SCOBY, dem sogenannten „Teepilz“ der Kombucha-Herstellung, gefertigt. Nach dem Fermentationsprozess wurde der SCOBY sorgfältig getrocknet und anschließend von Hand weiterverarbeitet, wodurch ein einzigartiges Bioleder entstanden ist. Das Ergebnis ist eine innovative, nachhaltige Jacke, das kreative Experiment eines Studenten, der zeigt, wie aus Mikroorganismen Mode werden kann.

From peel to peel Emma Sicher BA Thesis



Emma Sicher hat mit ihrem Projekt „From Peel to Peel“ eine nachhaltige Verpackungsalternative entwickelt, bei der Lebensmittelabfälle und ein SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast) kombiniert werden. Dabei nutzt sie Fruchtschalen, Gemüseabfälle und organische Biomasse zusammen mit Bakterien und Hefen, um mikrobielle Zellulose herzustellen. Diese Zellulose bildet sich zu einer gelatinösen Schicht, die nach einigen Wochen Ruhezeit bei Raumtemperatur trocknet und zu einem durchscheinenden Material wird, das in Struktur und Haptik Eigenschaften von Papier, Kunststoff oder Leder aufweist.

Sicher experimentiert mit verschiedenen Obst- und Gemüsesorten wie Äpfeln, Kartoffeln, Roter Beete, Traubentrestern oder Hopfen, um unterschiedliche Farben, Texturen und Materialeigenschaften zu erzeugen. Ihr Ziel ist es, Verpackungen zu schaffen, die kompostierbar sind und aus Abfällen bestehen, also eine echte Kreislaufwirtschaft fördern und Einwegkunststoffe und Papierverpackungen, wie sie in der Lebensmittelindustrie üblich sind, ersetzen sollen.



Ein wichtiger Gedanke hinter dem Projekt ist, Verpackung eher als natürliche Schale („Peel“) des verpackten Produkts zu verstehen. Sicher orientiert sich dabei an der Idee, dass Verpackungen ihren Inhalt schützen sollten, ähnlich wie Schalen, Häute oder Hülsen es in der Natur tun. From Peel to Peel ist sowohl ästhetisch als auch funktional: das Material lässt sich in verschiedenen Dicken, Oberflächen und Designs herstellen, obwohl es in seiner natürlichen Form empfindlich gegenüber Feuchtigkeit ist – daher werden natürliche Beschichtungen geprüft, um die Gebrauchstauglichkeit zu verbessern.



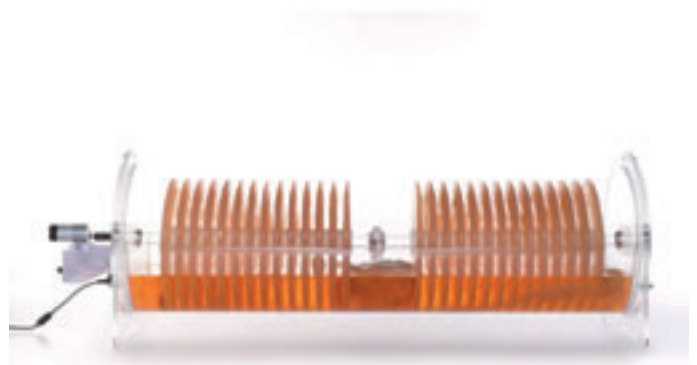
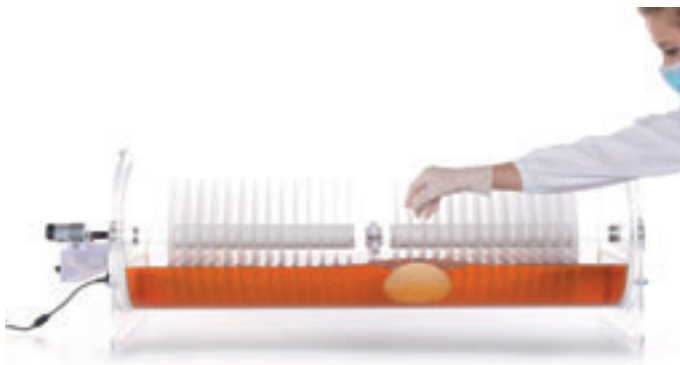
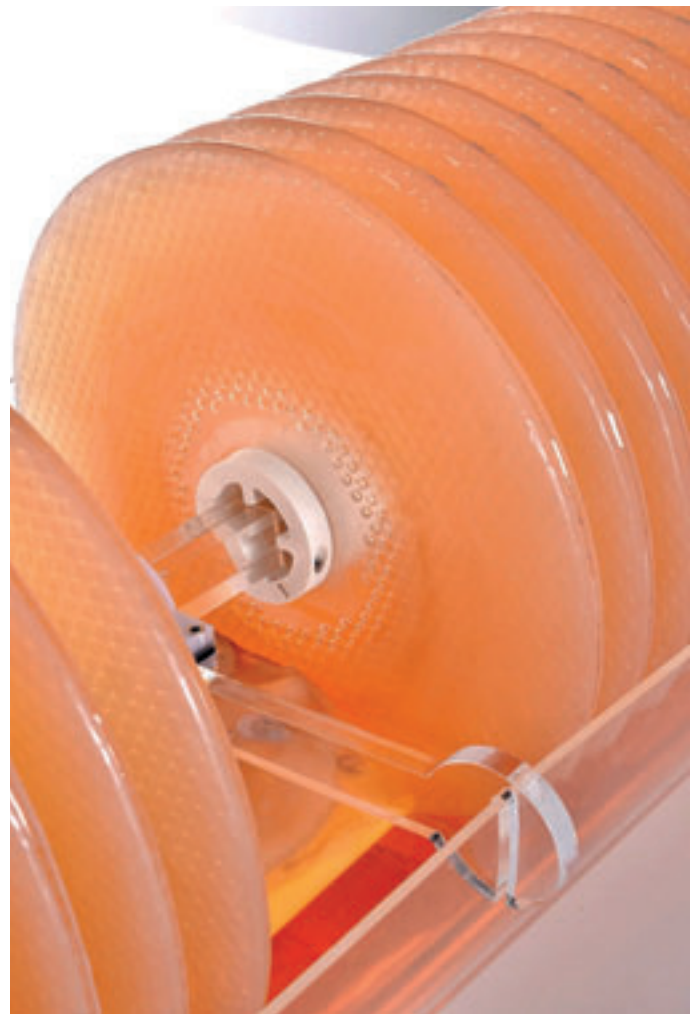
INNOCEL BIOREACTOR

Research project by Emma Sicher, Secil Ugur Yavuz and Nitzan Cohen in the Design Friction Lab (UNIBZ)

Der InnoCell Bioreaktor ist ein Open-Source-Projekt des Design Friction Lab an der Freien Universität Bozen. Ziel des Bioreaktors ist es, die Produktion von SCOBY (mikrobielle Zellulose aus Kombucha-Kulturen) deutlich zu maximieren und für Forschung, Biomaterialien und Verpackungsanwendungen verfügbar zu machen.

Das Gerät arbeitet mit einer rotierenden Achse, an der gelochte Scheiben montiert sind – diese Scheiben bieten eine größere Oberfläche, auf der die Zellulosepläster wachsen kann. Die Rotation sorgt für eine gleichmäßigere Sauerstoffversorgung der Kultur, was das Wachstum beschleunigt und die Ausbeute deutlich gegenüber statischen Kulturen erhöht. Alle Konstruktionspläne, Materialien und Methoden sind unter einer Open-Source-Lizenz frei verfügbar, so dass verschiedene Teams weltweit diesen Bioreaktor nachbauen, modifizieren und in ihrer Forschung einsetzen können.

Mit diesem offenen Ansatz tragen Sicher und ihre Kollegen dazu bei, Forschung und Innovation im Bereich biologischer Materialien zu demokratisieren, und zeigen, wie Nachhaltigkeit, Design und Wissenschaft verbunden werden können, um nachhaltige Alternativen zu Einwegprodukten zu entwickeln.

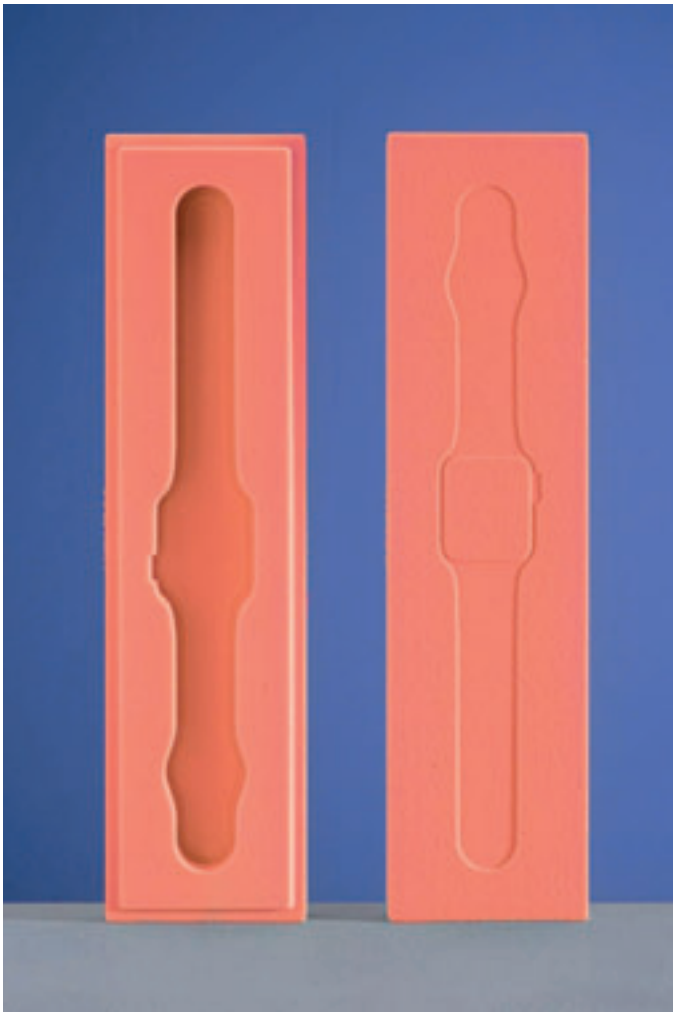


INNOCELAPPLICATIONS - Packaging

Research project by Emma Sicher, Secil Ugur Yavuz and Nitzan Cohen in the Design Friction Lab (UNIBZ)

Der Packaging basiert auf SCOBYSchaum ist einem pflanzenbasierten, vollständig kompostierbaren Material, das als regenerative Einwegverpackung genutzt werden kann. Im Gegensatz zu herkömmlichen Verpackungen aus Kunststoff, Papier oder Verbundstoffen besteht SCOBYSchaum aus nur einem Material, wodurch Recycling und Kompostierung unkompliziert möglich sind. Nach Gebrauch kann das Material als Dünger dienen und wertvolle Nährstoffe in den Boden zurückführen, wodurch es vollständig in biologische Kreisläufe zurückgeführt wird. Darüber hinaus schützt SCOBYSchaum Produkte zuverlässig beim Transport, lässt sich in verschiedenen Größen und Härtegraden herstellen und bietet eine nachhaltige Alternative zu konventionellen Füllstoffen oder Schutzverpackungen.

Durch seine Kompostierbarkeit, einfache Handhabung und Verbindung zur Natur trägt das VotoDiscobi-Packaging zur Kreislaufwirtschaft bei und vermittelt gleichzeitig den Verbrauchern einen direkten Bezug zu den natürlichen Ursprüngen des Produkts.





Fermentation von Getränken ... Wein

Recherchiert von Allegra D'Achille

Eine Recherche durch die Geschichte, Entwicklung
und Herstellung von Wein.

Die Geschichte des Weins

Die frühesten Hinweise auf Traubenweinherstellung stammen aus der Kaukasusregion und datieren ins Neolithikum (um 6000 v. Chr.). Archäologische Funde und chemische Analysen an Keramikgefäßen, insbesondere das Vorhandensein von Weinsäure (Tartarinsäure) und anderen Markern, belegen, dass sesshafte Gemeinschaften bereits damals Reben kultivierten und Traubensaft fermentierten. Im Lauf der Jahrtausende verbreitete sich die Weinproduktion im Mittelmeerraum; Griechen und Römer verfeinerten Anbau- und Vinifikationstechniken, und im Mittelalter trugen Klöster zur Bewahrung und Weiterentwicklung dieses Wissens bei.



Bacco von Caravaggio,
Öl auf Leinwand (1598) -->



Mönch, der Wein trinkt,
Mittelalter ---->



Römische Figur mit
Füllhorn
<--



Die Grundlagen der Wein-Herstellung

Wein ist das Produkt der Gärung der im Most der Trauben enthaltenen Zucker

Wein entsteht aus der Kombination zweier zentraler Weinwissenschaften: Vitikultur und Önologie. Die Vitikultur (Rebenbau) beschäftigt sich mit dem Anbau und der Pflege der Weinreben, der Auswahl geeigneter Rebsorten und der optimalen Bedingungen für Wachstum, Ertrag und Qualität der Trauben. Dabei werden Faktoren wie Bodenbeschaffenheit, Klima, Bewässerung und Schnittmethoden berücksichtigt, um gesunde und aromatische Trauben zu erzeugen.

Die Önologie (Weinbaukunde oder Weinwissenschaft) hingegen beschäftigt sich mit der Verarbeitung der Trauben zum Wein. Sie umfasst alle Schritte von der Traubenernte über das Pressen und die alkoholische Gärung bis hin zu Ausbau, Reifung, Lagerung und Abfüllung. Ziel ist es, aus den Trauben ein qualitativ hochwertiges und geschmacklich ausgewogenes Endprodukt zu erzeugen.

Die wichtigste Rebsorte für die Weinproduktion ist *Vitis vinifera*, zu der alle europäischen Weinsorten gehören. Eine weitere bekannte Art ist *Vitis labrusca*, die amerikanische Weinrebe, die vor allem für ihren hohen Tanningehalt bekannt ist und häufig für Spezialweine oder zur Kreuzung mit europäischen Sorten genutzt wird.

Der Most

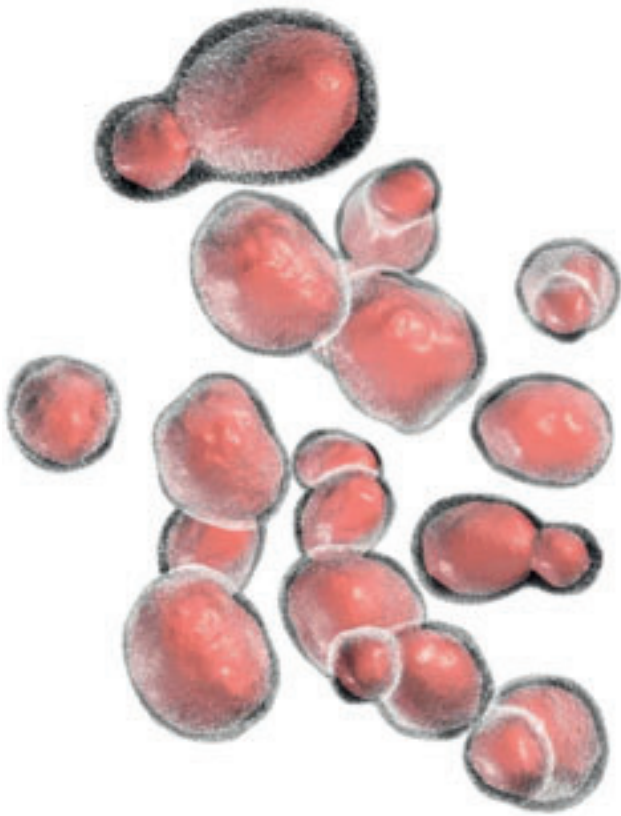


Der Most ist die durch Pressung gewonnene Flüssigkeit und bildet die „Rohware“ der Weinbereitung. Er besteht überwiegend aus Wasser (70–80 %), vergärbaren Zuckern (Glukose und Fruktose – typischerweise 18–22 % bei reifen Beeren), organischen Säuren (Äpfel-, Wein- und Zitronensäure), Pektinen, Mineralien, Enzymen, Aromastoffen und einer natürlichen Mikroflora auf der Beerenhaut. Der Zuckergehalt bestimmt das potenzielle Alkoholvolumen (ca. 1 g Zucker → 0,6 ml Ethanol), die Säure beeinflusst Geschmack und mikrobiologische Stabilität. Daher sind Mostanalysen (Zucker, Säure, pH, Nährstoffe) entscheidend für die Vergärungsplanung und die Auswahl geeigneter Hefestämme.



In vielen Weinregionen wurde der Most traditionell durch das Stampfen der Trauben in großen Bottichen gewonnen. Diese Methode war nicht nur ein festlicher Moment während der Weinlese, sondern auch technisch sinnvoll: Der sanfte Druck der Füße zerquetschte die Beeren, ohne die Kerne zu zerbrechen, wodurch bittere Tannine vermieden wurden. Heute wird das Treten der Trauben meist symbolisch oder zu kulturellen Zwecken praktiziert, etwa bei Volksfesten, doch es bleibt ein Symbol für die handwerkliche, gemeinschaftliche Seite der Weinherstellung.

Alkoholische Gärung durch Hefen



Die alkoholische Gärung ist der zentrale biologische Prozess der Weinherstellung, bei dem Hefen den in den Trauben enthaltenen Zucker, hauptsächlich Glukose und Fruktose, in Ethanol (Alkohol) und Kohlendioxid (CO₂) umwandeln. Dabei wird Wärme freigesetzt, und es entstehen zahlreiche Nebenprodukte, die wesentlich zum Aroma und Charakter des Weins beitragen. Die Hauptakteure sind Hefen, meist der Art *Saccharomyces cerevisiae*, die entweder natürlich (autochthon) auf den Traubenschalen vorkommen oder gezielt als Reinzuchthefen zugesetzt werden, um die Gärung zu steuern und bestimmte Aromaprofile zu erzielen.

Die Temperatur spielt eine entscheidende Rolle: Bei Weißweinen erfolgt die Gärung in der Regel bei niedrigeren Temperaturen zwischen 15 und 17 °C, um frische, fruchtige Aromen zu bewahren. Bei Rotweinen hingegen liegt die Temperatur meist zwischen 25 und 30 °C, um eine bessere Extraktion von Farbstoffen, Tanninen und phenolischen Verbindungen aus den Beerenschalen zu erreichen. Zu hohe Temperaturen können jedoch unerwünschte Aromen hervorrufen und die Qualität der Farbe beeinträchtigen. Daher wird die Temperatur während der Gärung sorgfältig kontrolliert.



Bei der Rotweinbereitung erfolgt die Gärung zusammen mit den Schalen (Mazeration), wodurch der Most intensive Farbe, Struktur und Tannine erhält.

Bei Weißweinen hingegen wird der Most meist ohne Hautkontakt vergoren, um Leichtigkeit und Frische zu bewahren. Nach Abschluss der Primärgärung wird der sogenannte „freie Wein“ von den festen Bestandteilen getrennt, während die Pressrückstände (Trester) häufig separat verarbeitet und bei Bedarf wieder zugesetzt werden.

In manchen Weinregionen wird die sogenannte Chaptalisierung praktiziert – die gezielte Zugabe von Zucker vor der Gärung –, um den Alkoholgehalt bei Trauben mit geringem Zuckergehalt zu erhöhen. Bei süßen Weinen wird die Gärung oft absichtlich gestoppt, bevor aller Zucker vergoren ist, sodass ein Teil als Restzucker im Wein verbleibt. Dadurch entsteht ein harmonisches Gleichgewicht zwischen Süße und Alkohol. Insgesamt stellt die alkoholische Gärung den Herzschlag der Weinbereitung dar: ein präzise kontrollierter biologischer Prozess, in dem Mikroorganismen, Temperatur, Sauerstoff und menschliche Erfahrung in perfektem Zusammenspiel wirken.

Malolaktische Gärung



Nach der Primärgärung erfolgt bei vielen Weinen – insbesondere bei Rotweinen und manchen Weißweinen, die einen Ausbau in Holzfässern erhalten – die malolaktische Gärung (MLF).

Dabei wandeln Milchsäurebakterien, meist *Oenococcus oeni*, in weichere Milchsäure um. Dies reduziert die wahrgenommene Säure, glättet den Wein und verbessert seine Lagerfähigkeit. Die MLF kann direkt nach der alkoholischen Gärung stattfinden oder in speziellen Fällen teilweise simultan ablaufen. In aromatischen Weißweinen wie Riesling oder Sauvignon Blanc wird sie oft unterdrückt, um Frische und primäre Aromen zu bewahren. Sowohl die alkoholische als auch die malolaktische Gärung finden typischerweise in Edelstahltanks, Holzfässern oder anderen geschützten Behältern in der Kellerei statt. Nach Abschluss beider Prozesse wird der Wein verfeinert, geklärt, stabilisiert und schließlich abgefüllt. In manchen Regionen wird zusätzlich die Chaptalisierung angewandt – die gezielte Zuckerzugabe vor der Gärung –, um den Alkoholgehalt zu erhöhen. Bei süßen Weinen wird die alkoholische Gärung oft gestoppt, sodass Restzucker erhalten bleibt. Dies ergibt ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Süße und Alkohol.

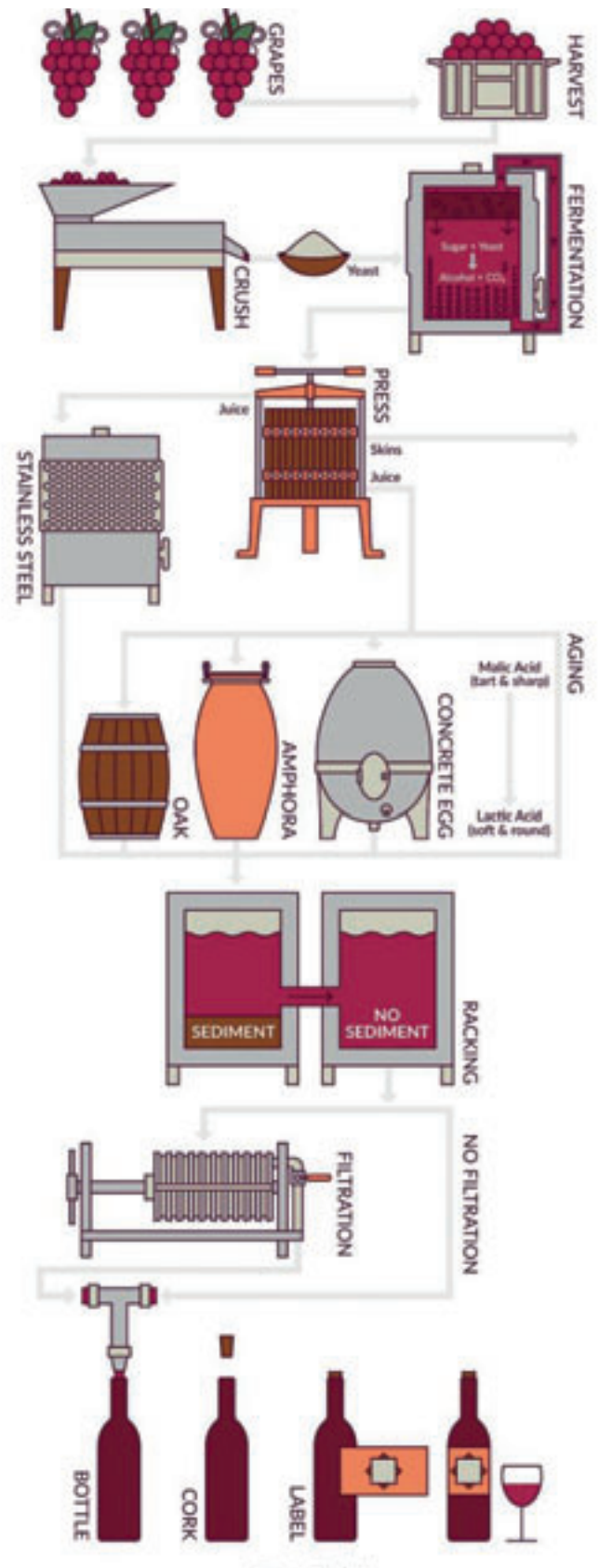
Insgesamt bilden alkoholische und malolaktische Gärung das Herzstück der Weinbereitung: ein Zusammenspiel von Mikroorganismen, Temperatur, Sauerstoffmanagement, Hefenährstoffen und menschlichem Können, das den Stil, die Struktur und das Aroma des Weins entscheidend prägt.

Rotweinbereitungsprozess

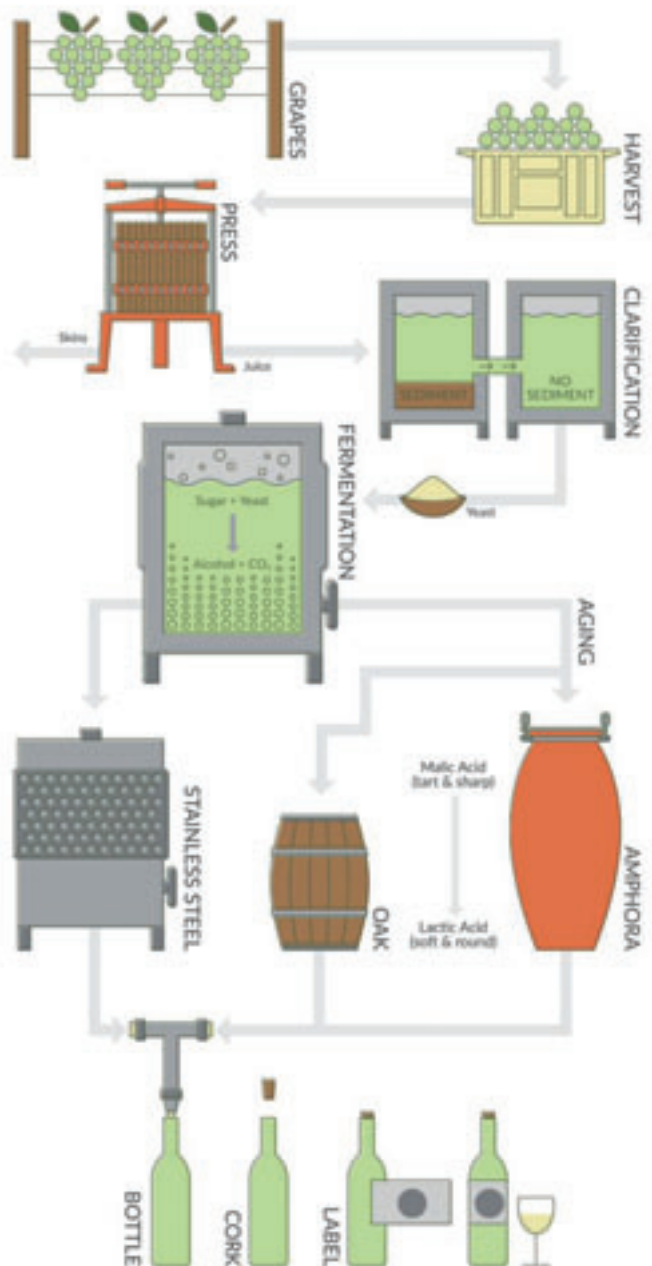
Die Rotweinbereitung unterscheidet sich vor allem durch die Mazeration mit den Beerenschalen, die während der alkoholischen Gärung erfolgt. Nach der Ernte werden die Trauben entrappt und leicht zerquetscht, sodass der Most zusammen mit den Schalen in den Gärbehältern verbleibt. Dieser Schritt ist entscheidend, da die Schalen Anthocyane (Farbstoffe), Tannine und weitere phenolische Verbindungen liefern, die dem Rotwein seine Farbe, Struktur und Langlebigkeit verleihen.

Während der Mazeration wird regelmäßig der Tresterhut unterstoßen oder umgepumpt (Pigeage oder Remontage), um den Kontakt zwischen Most und Schalen zu optimieren. Die Gärung erfolgt typischerweise bei höheren Temperaturen (25–30 °C), um eine intensive Farbstoff- und Aromastoffextraktion zu gewährleisten. Nach Abschluss der alkoholischen Gärung wird der Wein vom Trester getrennt, die Rückstände gepresst und ggf. wieder zugesetzt.

Anschließend folgt die malolaktische Gärung, bei der Milchsäurebakterien Malinsäure in weichere Milchsäure umwandeln. Danach erfolgt der Ausbau in Holzfässern oder Edelstahltanks, Klärung und schließlich die Abfüllung. Rotweine zeichnen sich durch komplexe Tannine, tiefe Farben und intensive Aromen aus, die direkt von der kontrollierten Mazeration und der Kombination aus alkoholischer und malolaktischer Gärung abhängen.



Weißweinbereitungsprozess



Die Weißweinbereitung unterscheidet sich vor allem dadurch, dass der Most kaum oder gar nicht mit den Beerenschalen in Kontakt kommt. Nach der Ernte werden die Trauben entrappt und gepresst, um einen klaren Most zu gewinnen. Die alkoholische Gärung erfolgt meist bei niedrigen Temperaturen (15–17 °C), um frische, fruchtige Aromen zu bewahren.

Bei einigen Weißweinen findet eine kurze Hautmazeration oder Cryomazeration statt, bei der die Schalen für wenige Stunden bei niedrigen Temperaturen mit dem Saft in Kontakt bleiben. Dies ermöglicht eine schonende Extraktion von Aromen und Farbtönen, ohne Bitterstoffe oder Tannine freizusetzen. Die malolaktische Gärung wird bei aromatischen Sorten wie Riesling bewusst unterdrückt, um die Frische zu erhalten. Anschließend erfolgt der Ausbau in Edelstahltanks, Holzfässern oder Beton, häufig auf der Hefe (*sur lie*), um Textur und Aroma zu verstärken, bevor der Wein geklärt, stabilisiert und abgefüllt wird.

Weißweine zeichnen sich durch Leichtigkeit, Frische und feine Aromatik aus, die durch schonende Verarbeitung und präzise Temperaturkontrolle während der Gärung erzielt werden.



Tempeh

Recherchiert von Julika Schwarz

Tempeh ist eine Design-Strategie der Natur, bei der lose (Soja)Bohnen mit einem Edelschimmelpilz zu einem schnittfesten Feststoffprodukt fermentiert werden. Die Bohne, die fermentiert wird, ist das Substrat und macht den Grundcharakter aus. Der Pilz bringt den Geschmack und die Textur.

Ursprünglich stammt Tempeh aus Indonesien und wurde traditionell in Bananenblätter eingewickelt. Nun wird Tempeh den Verbraucher*innen in Plastikfolie verpackt als Fleischersatz präsentiert.

Vorteile von Tempeh für die Ernährung

→
Hohe Nährstoffdichte

→
Vitamin B-12

→
Viel Magnesium

Proteinreich

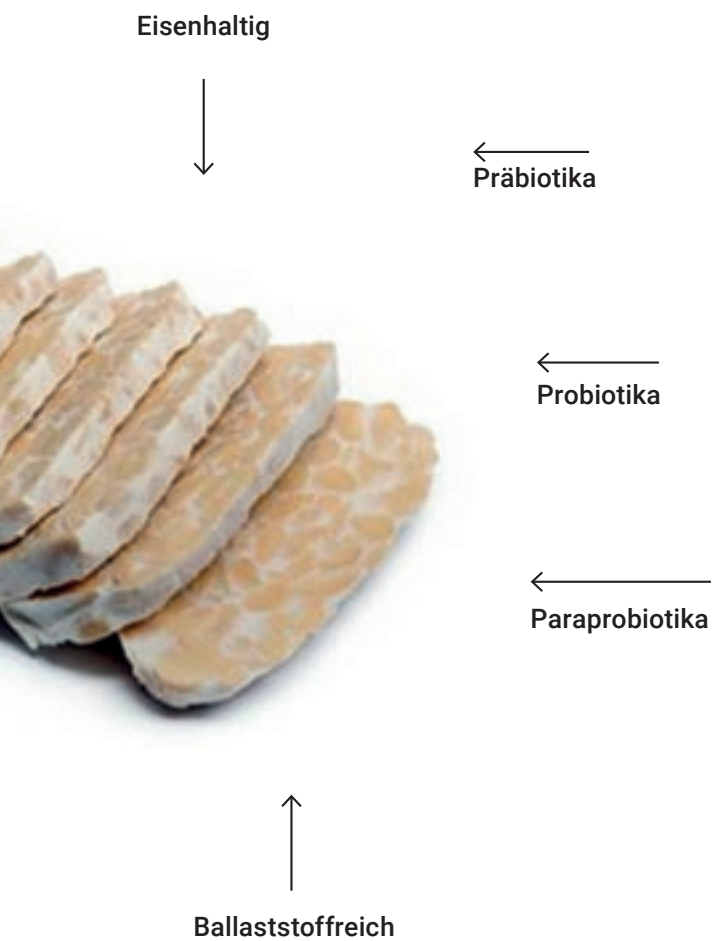


Bioverfügbarkeit von Mineralien

Der gesamte Fermentationsprozess von Tempeh führt dazu, dass sich die Bohne als Ausgangsrohstoff, zugunsten unserer Gesundheit verändert.

Der Edelschimmelpilz leistet die Aufspaltung der Fette, Proteine und Kohlenhydrate und setzt dabei Enzyme frei. Das sind dieselben Enzyme, die unsere Bauchspeicheldrüse für die Verdauung von Nahrung bildet, also leistet der Pilz eine Art von Vorverdauung, so dass Tempeh leicht bekömmlich wird.

Die Freisetzung der Enzyme sorgt für eine bessere Verfügbarkeit von Proteinen, Mineralien und anderen Nährstoffen wie Vitamin B12, die im Rahmen dieser Vorverdauung freigesetzt werden. Außerdem sind die Enzyme auch für eine Veränderung in der Textur, im Geschmack und in der Konsistenz verantwortlich.



Durch die Fermentation entstehen Probiotika, Präbiotika und Paraprobiotika. Im Vergleich zu Tofu bei der Sojamilch verwendet wird, ist Tempeh eine vollwertige Proteinquelle mit höherer Nährstoffdichte, da die ganze Bohne behalten wird. Somit hat Tempeh zum Beispiel doppelt so viele Proteine und deutlich mehr Ballaststoffe.

In einer Studie verglich ein Forschungsteam 24 pflanzliche Fleischalternativen. In puncto Nährwerte und Umweltauswirkungen landete Tempeh auf den ersten Plätzen.

Zutaten und Ausrüstung



500g Sojabohnen geschält
 5 EL Essig nach Wahl
 1 TL Tempeh-Starter (Rhizopus
 Ologosporus)

Frischhaltebeutel
 Thermostat
 Inkubator z.B. Backofen
 Kochtopf Abtropfsieb
 Esslöffel
 Teelöffel

Herstellungsprozess

①



Einweichen und anschließend „al dente“ kochen, **nicht zu weich!**

②



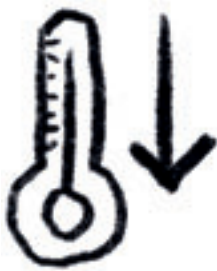
Abgießen und trocknen, Bohnen zurück in den heißen Topf

③



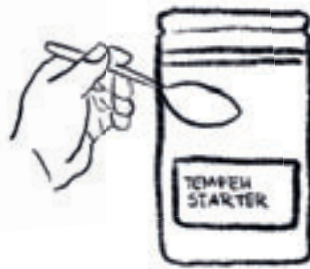
5 EL Essig nach Wahl (z.B. Apfel-essig) hinzufügen und durchrühren

④



Auf ca. 30 Grad runterkühlen, **sonst sterben die Pilzkulturen direkt ab**

⑤



1 TL Tempeh-Starter hinzufügen

⑥



Alles zusammen gut durchrühren

⑦



Bohnen dicht pressen, stramm verpacken und Beutel einstechen **da der Tempeh Luftzirkulation benötigt**

⑧



Bei ca. 30 Grad 24-48 Stunden reifen, bis sich gleichmäßig Schimmel bildet

⑨



Nach belieben Marinieren/ Würzen

Lokale Alternativen

Für die Herstellung von Tempeh aus anderen Hülsenfrüchten oder Speisebohnen, wird typischerweise derselbe Edelschimmelpilz verwendet wie bei Sojabohnen, der *Rhizopus oligosporus*. Auch Pressekuchen von der Sojamilch oder der Kokosöl Produktion kann mitverwendet werden.

Mit dem Gedanken des Lokalen und Regionalen Anbaus spielen:

Sojabohnen, Süßlupinen, Schwarze Bohnen, Kidneybohnen, Kichererbse



Zubereitung: Essen



Tempeh kann roh gegessen werden oder einfach in der Pfanne, im Backofen, auf dem Grill, im Kochtopf oder im Airfryer zubereitet werden. Das bei der Fermentation entstandene Pilzgeflecht nimmt gut Marinaden auf, egal ob salzig oder süß.

Verbraucher*innen können Würfel für eine Bowl oder dünne Scheiben für einen Bacon Ersatz anbraten. Alternativ kann Tempeh als Hackfleischersatz gerieben werden oder ganz einfach als Brotbelag.

Impressum

Urban Foodcraft

Design-Strategien für indoor Lebensmittel-Produktion
im Mikroformat

Entwurfsprojekt / Komplexes Gestalten
Studiengang BA Industriedesign und MA Industrial Design

Kompodium der Themen Recherche

Layout, Texte, Fotos, Illustrationen

Projektteilnehmer_innen

Teilnehmer_innen

Bruno Bleschke, Allegra D'Achille, Hannah Enk,
Anina Gill, Alicia Hattler, Jesse Jacobsen, Maša Kralj,
Henriette Meyer-Stork, Korinna Rennefeld,
Julika Schwarz, Črt Štrubelj

Moderation

Prof. Guido Englich, Julius Abromeit

Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle
Wintersemester 2025/26

