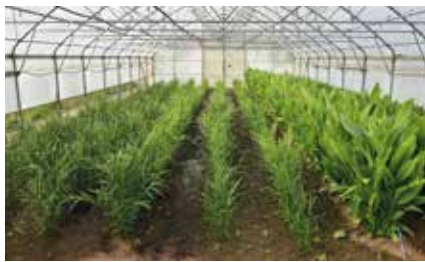


# Anbauratgeber: Ingwer im geschützten Anbau



www.bio-net.at



Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

Bundesministerium  
Land- und Forstwirtschaft,  
Regionen und Wasserwirtschaft

LE 14-20  
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer  
Landwirtschaftsfonds für  
die Entwicklung des  
ländlichen Raums:  
Hier investiert Europa in  
die ländlichen Gebiete.



## Impressum

**Eigentümer, Herausgeber und Verleger:**

Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich, Schauflergasse 6, 1015 Wien

**Redaktion:**

Anna-Sophie Wild, Christine Judt, Andreas Kranzler

**AutorInnen:**

Anna-Sophie Wild, Anna Derler

**Bezugsadresse:**

Forschungsinstitut für biologischen Landbau, FiBL Österreich

Doblhoffgasse 7/10, 1010 Wien, Tel.: 01/907 63 13

E-Mail: [info.oesterreich@fibl.org](mailto:info.oesterreich@fibl.org), [www.fibl.org](http://www.fibl.org)

**Fotos Cover:**

Versuchsanstalt für Spezialkulturen Wies, Sri Pranam Industries, Klaus Schmid

**Grafik:**

Ingrid Gassner, Wien

**Druck:**

TM-Druck, 3184 Türnitz

Gedruckt auf PEFC-zertifiziertem Papier, für dessen Erzeugung Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft verwendet wurde. [www.pefc.at](http://www.pefc.at)

**Hinweis:** Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wurde zum Teil von geschlechtergerechten Formulierungen Abstand genommen. Die gewählte Form gilt für Frauen und Männer gleichermaßen.

## Vorwort

---

Das große Interesse am Bionet-Webinar „Ingwer im geschützten Anbau“ mit über 60 Teilnehmer:innen aus Österreich, Deutschland und der Schweiz zeigte, dass der Anbau von Ingwer zunehmend an Bedeutung gewinnt. Während des Webinars wurden sowohl die Versuchsergebnisse der Versuchsanstalt für Spezialkulturen Wies als auch die praktischen Erfahrungen von Klaus Schmid aus der Klauserei vorgestellt. Die rege Diskussion im Anschluss unterstreicht den wachsenden Bedarf an Wissen über diese vielversprechende Kulturpflanze.

Die steigende Beliebtheit von lokal angebautem Ingwer zeigt, dass Verbraucher:innen verstärkt Wert auf Frische, Regionalität und gesundheitliche Aspekte legen. Neben seiner Verwendung in der Küche – von asiatischen Gerichten über Säfte bis hin zu Smoothies – wird Ingwer traditionell auch für seine gesundheitsfördernden Eigenschaften geschätzt. Wissenschaftliche Studien weisen darauf hin, dass sie entzündungshemmend wirken, die Gelenkgesundheit unterstützen und den Blutzuckerspiegel regulieren können – ein Effekt, der auf die hohen Gehalte an Gingerol zurückzuführen ist.

Frischer Ingwer zählt zu einer der lukrativsten Pflanzen pro Flächeneinheit. Aufgrund seines hohen Wärmebedarfs erfolgt der Anbau meist in Gewächshäusern und Folientunneln – beheizt oder unbeheizt. Trotz des großen Potenzials mangelt es bisher an fundierten Informationen zum ökologischen Ingweranbau auf kleineren Betrieben. Wissenslücken bestehen insbesondere hinsichtlich der besten Anbaumethoden, Mischkulturmöglichkeiten, Schattierungen, Lagerfähigkeit, sowie der Gefahr samenbürtiger Krankheiten.

Diese Broschüre soll dazu beitragen, diese Lücken zu schließen. Sie bietet wertvolle Einblicke in Anbaupraktiken, nationale und internationale Versuchsergebnisse und Erfahrungsberichte, um interessierten Landwirt:innen sowie Gärtner:innen praxisnahes Wissen an die Hand zu geben. Der geschützte Anbau ermöglicht nicht nur eine bessere Kontrolle über die Wachstumsbedingungen, sondern eröffnet auch neue Möglichkeiten für eine wirtschaftlich erfolgreiche Produktion von Ingwer in unseren Breiten.

Diese Broschüre wurde im Rahmen des Bildungsprojektes Bionet erstellt.

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg beim Anbau!

Anna-Sophie Wild, FiBL Österreich

# Inhalt

<b>Herkunft und Botanik</b> .....	<b>5</b>
Botanische Besonderheiten.....	5
Frischer vs. reifer Ingwer.....	6
Sorten.....	7
<b>Jungpflanzen</b> .....	<b>7</b>
Gefahr samenbürtige Krankheiten.....	7
Zertifizierte Jungpflanzen und Rhizom-Kauf.....	9
Rhizom-Saatgut herstellen .....	9
Jungpflanzenanzucht .....	9
Pflanzliche Gewebekultur .....	13
<b>Kulturbedingungen</b> .....	<b>13</b>
Mischkultur vs. Monokultur .....	14
Pflanzdichte .....	14
Bodenbedingungen.....	14
Feuchtigkeit und Temperatur .....	16
<b>Krankheiten und Schädlinge</b> .....	<b>18</b>
Bakterielle Welkekrankheit ( <i>Ralstonia Pseudosolanacearum</i> ) .....	18
<i>Fusarium</i> -Welke.....	20
<i>Pythium</i> -Weichfäule .....	20
Wurzelgallennematode.....	20
Pflanzenschutz .....	21
Bodensterilisation.....	21
<b>Ernte</b> .....	<b>22</b>
Entfernung des Mutterrhizoms .....	23
<b>Lagerung</b> .....	<b>23</b>
Auswirkungen unterschiedlicher Lagervarianten auf die Haltbarkeit von steirischem Ingwer .....	24
<b>Interview mit Klaus Schmid von „der Klauserei“</b> .....	<b>26</b>
<b>Quellen</b> .....	<b>26</b>

## Herkunft und Botanik

Ingwer (*Zingiber officinale*) gehört zur Familie der Zingiberaceae innerhalb der Ordnung Zingiberales, welche die größte Familie dieser Ordnung blühender Pflanzen darstellt. Die Familie umfasst etwa 60 Gattungen und rund 1500 Arten. Viele Arten innerhalb dieser Gattungen sind wirtschaftlich wertvoll aufgrund ihrer Eigenschaften als Gewürz, ihrer Farbe, ihres Aromas sowie ihrer antimikrobiellen und gesundheitsfördernden Wirkungen. Zu den Arten gehören auch Kurkuma-Rhizome (*Curcuma longa*) und Kardamom (*Elettaria cardamomum*).



Abbildung 1: Echter Ingwer (*Zingiber officinale*), Illustration aus Koehler 1887.

Ingwer wurde erstmals von den Völkern des maritimen Südostasiens domestiziert, die ihn während der austro-nesischen Expansion (vor etwa 5.000 Jahren) mit sich führten, als sie über die Indo-Pazifik-Region bis nach Hawaii reisten. Die alten Griechen und Römer verwendeten Ingwer, eine der frühesten Gewürzpflanzen, die aus Asien gehandelt und im Rahmen des Gewürzhandels nach Europa gebracht wurden.

## Botanische Besonderheiten

Ingwer (*Zingiber officinale*) ist eine krautige mehrjährige Pflanze, die einjährig für ihre wüchigen, unterirdischen Rhizome oder Stängel angebaut wird. Die Pflanze hat faserige Wurzeln, die aus den verzweigten Rhizomen hervorgehen. Aus den Rhizomen werden dicht gruppierte, unverzweigte Pseudostämme oder Triebe gebildet. Diese Triebe erreichen eine Höhe von 50 bis 120 cm. Die einfachen, glatten Blätter sind wechselseitig und etwa 25 cm lang. Allerdings kann er, abhängig von der Sorte und den Wachstumsbedingungen, diese Höhe überschreiten. Ingwer wird asexuell durch Teile des Rhizoms vermehrt. Die Blüten des Ingwers sind normalerweise steril und setzen selten Samen an.

Der wertvollste Teil der Ingwerpflanze ist das unterirdische Rhizom, das aufgrund seiner kulinarischen, medizinischen und wirtschaftlichen Bedeutung geschätzt wird. Dieses Rhizom besteht aus drei Wurzelarten. Jede Wurzelart spielt eine wichtige Rolle im Wachstum und in der Nutzung der Ingwerpflanze.

- 1. Saatwurzeln:** Sie stammen aus dem ursprünglichen Saatstück, das zur Pflanzung verwendet wird. Dieses Saatstück kann ebenfalls geerntet werden, in manchen Fällen auch vor der Haupternte.
- 2. Faserwurzeln:** Sie sind dünn und mit Wurzelhaaren versehen, die eine entscheidende Rolle bei der Aufnahme von Nährstoffen und Wasser aus dem Boden spielen. Diese Wurzeln werden in der Regel nicht verzehrt.
- 3. Fleischige Wurzeln:** Sie sind dicker, haben nur wenige Wurzelhaare und bei vielen Sorten keine Seitenwurzeln. Sie sind der essbare Teil der Pflanze und werden hauptsächlich wegen ihres kulinarischen und medizinischen Wertes geerntet.

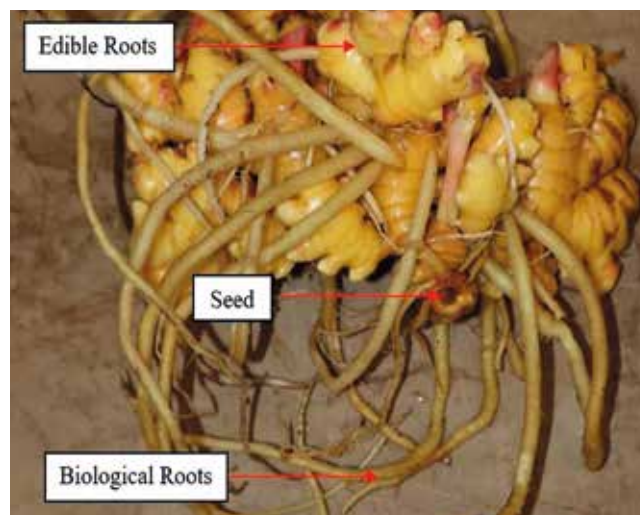


Abbildung 2: Frisch geerntetes Hawaii Yellow Ingwer-Rhizom mit seinen an der Wurzel befestigten Rhizomteilen, einschließlich der biologischen Wurzeln (biological roots), essbaren Wurzeln (edible roots) und des Saatguts (seed) (Lashley et al. 2024).

Ingwer ist eine selbstinkompatible Pflanze mit hohen Unfruchtbarkeitsraten, was bedeutet, dass ihre genetische Vielfalt hauptsächlich durch Mutationen und natürliche Selektion entsteht. Es wurden signifikante Unterschiede in der genetischen Vielfalt zwischen verschiedenen Akzessionen und Sorten von Ingwer festgestellt, die auf eine starke genetische Struktur hinweisen. Dies deutet auf eine beträchtliche genotypische Vielfalt zwischen den Ingwersorten hin. Darüber hinaus zeigt die genetische Variabilität innerhalb des Ingwers, wenn er an denselben oder mehreren Standorten angebaut wird, eine erhöhte Anpassungs- und Überlebensfähigkeit der Art.

## Frischer vs. reifer Ingwer

Ingwer wird meist in zwei Stadien angebaut und geerntet: frischer und reifer Ingwer, der eine braune Schale aufweist, lang haltbar und üblicherweise im Handel erhältlich ist. Frischer Ingwer (auch genannt Baby-Ingwer, junger Ingwer oder grüner Ingwer) ist ein faserfreies, rosa und zartes Rhizom von jungen Ingwerpflanzen, die typischerweise weniger als 8 Monate lang angebaut werden und leicht verderblich sind. Er kann für typische kulinarische Zwecke verwendet werden und eignet sich aufgrund seines geringen Fasergehalts hervorragend zum Kandieren oder Einlegen. Obwohl frischer Ingwer schnell verderbt, lässt er sich gut einfrieren und später zum Kochen verwenden. Zudem zeigen

### Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau

Im Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg wurde 2021 ein „Sorten“-Test durchgeführt, indem man Ingwer aus sieben verschiedenen Herkunftsorten im Folientunnel angebaut. Die sieben Herkunftsorte waren TARI (Papua-Neuguinea), China, Israel, Taiwan, Thailand, Äthiopien, und Peru. Bei dem Versuch wurde Augenmerk auf Ertrag und Qualität bei der Ernte gelegt. Die Ernte erfolgte am 07.10.2021, nachdem die Bodentemperatur aufgrund kühler Nächte auf 13 °C gesunken war. In Bezug auf Qualität war Ingwer 1. Wahl unbeschädigt, 2. Wahl hatte kleine mechanische Beschädigungen und leichte Fraßstellen, und jene, die nicht marktfähig deklariert wurden, waren

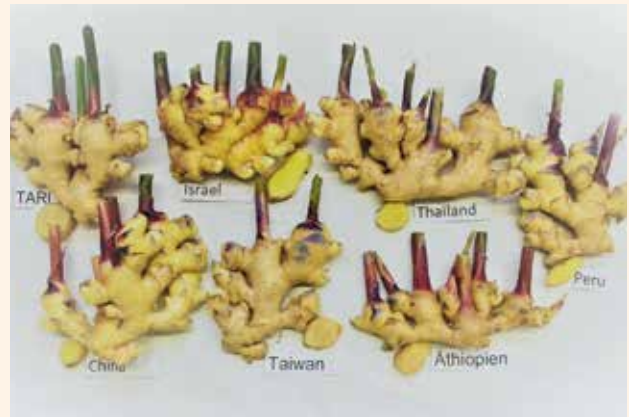


Abbildung 4: Sieben Ingwerherkünfte, Rhizom und Innenfarbe, nach Ernte und Waschen (© LWG Veitshöchheim).

stärker von Schnecken oder Asseln angefressen oder mit Faulstellen versehen.

Nr.	Herkunft	Laub/m <sup>2</sup> (kg)	Höhe (cm)	Triebe (Stk/m <sup>2</sup> )	Gesamtertrag (kg/m <sup>2</sup> )				
					gewaschen	1. Wahl	2. Wahl	n mf*	Putzverlust
1	TARI	2,11	130	53,2	3,50	0,49	2,40	0,29	0,31
2	China	2,60	135	58,5	3,42	1,18	1,66	0,11	0,46
3	Israel	3,49	135	62,3	4,13	1,38	2,12	0,19	0,44
4	Taiwan	1,85	120	47,4	2,81	0,62	1,87	0,11	0,21
5	Thailand	1,36	115	36,8	2,35	0,05	1,91	0,14	0,25
6	Äthiopien	2,11	120	61,1	1,80	0,68	0,77	0,06	0,30
7	Peru	2,35	127	57,9	2,85	1,38	1,00	0,15	0,31

Abbildung 3: Laub- und Rhizome-Ertrag unterschiedlicher Ingwerherkünfte (Hendrich & Rascher 2021).

Die Herkunft ‚Israel‘ hatte in dem Versuch das üppigste, höchste Laub und die größte Gesamternte von 4,13 kg/m<sup>2</sup>. Wenn es aber um Qualität geht,

hatten bei der 1. Wahl ‚Peru‘ und ‚Israel‘ den gleichen Gesamtertrag von 1,38 kg/m<sup>2</sup>.

aktuelle Studien von der Virginia State University (VSU), dass frischer Ingwer signifikant mehr Polyphenole und Antioxidantien enthält als reifer Ingwer, da der Gehalt an Phenolen und die antioxidative Aktivität während der Reifung des Ingwers um bis zu 50 % abnehmen können. Die VSU-Forschung bestätigt, dass unreifer Ingwer etwa doppelt so viele Polyphenole enthält und eine zwei- bis dreimal höhere Antioxidationswirkung hat als der reife Ingwer, den man in den meisten Lebensmittelgeschäften findet.

## Sorten

Weltweit existieren zahlreiche Ingwersorten und die meisten sind bisher nicht vollständig charakterisiert. Die Sorten unterscheiden sich in der Größe des Rhizoms, Geschmack, Aroma, Schärfe, Farbe und Fasergehalt. Beliebte Namen von Ingwersorten stammen oft



Abbildung 5: Schwarzes Ingwer (© Sri Pranam Industries).

von den Anbaugebieten. Zu den bekanntesten Sorten gehören Himachal, Rio de Janeiro, Nadia, indischer und chinesischer Ingwer. Alternativ erfolgt die Benennung auch nach der Farbe des inneren Rhizoms, wie z. B. gelber, weißer (mit beiger Farbe), blauer, schwarzer oder roter Ingwer. Eine beliebte Ingwersorte aus Hawaii ist beispielsweise ‚Bubba Blue‘.

## Jungpflanzen

Ingwer kann aus Rhizom-Stücken, aus Setzlingen von reifen Rhizomen oder aus Gewebekulturen mikrovervihrten Setzlingen aus Knospen gezogen werden. Letztere Art von Vermehrungsmaterial ist dafür bekannt, krankheitsfreies Pflanzgut zu liefern. Die Hauptmethode zur Vermehrung von Ingwer im tropischen Anbau ist die Verwendung von Rhizom-Stücken. Im Vergleich zu Rhizom-Stücken beschleunigen Setzlinge die Pflanzenentwicklung, was im gemäßigten Klima essenziell ist.

## Gefahr samenbürtige Krankheiten

Ingwer ist bekannt für seine Anfälligkeit gegenüber verschiedenen Pilz-, Bakterien-, Viruskrankheiten und Nematoden, die sowohl die Qualität als auch die Quantität der Ernte beeinträchtigen. Besonders problematisch sind die samen- und bodenbürtigen Krankheiten (SSDs), die weltweit die Produktion einschränken und bedrohen. Ein Grund dafür ist der Mangel an genetischer Resistenz gegen die Krankheitserreger, die SSDs verursachen, was auf die anhaltende Verwendung vegetativer Vermehrungsmethoden durch Rhizom-Saatstücke zurückzuführen ist. Ein weiterer Grund ist, dass die Krankheiten sowohl im infizierten Pflanzenmaterial als auch als freilebende Mikroorganismen im Boden überdauern, was ihre Bekämpfung erheblich erschwert.

Bei der Jungpflanzenanzucht auf Betrieben in Europa werden oft importierte Ingwer-Rhizome aus dem Lebensmittelhandel bezogen. Im Handel erhältlicher Ingwer stammt aus dem Freilandanbau und als Lebensmittel unterliegen sie nicht den gleichen phytosanitären Kontrollen wie das Saatgut. Daher sollten Lebensmittel nicht als Pflanzmaterial verwendet werden, da sie eine Vielzahl potenzieller Krankheiten und Probleme mit sich bringen könnten, darunter bei Ingwer die bakterielle Welkekrankheit, Fusarium-Welkekrankheit, Pythium-Weichfäule, Nematoden und Rhizoctonia. Unsachgemäßer Einsatz solcher Rhizome führte bereits in Deutschland, der Schweiz und Slowenien zu mehreren Ausbrüchen des bakteriellen Welkekrankheit in Ingweranbau unter Folientunneln.



Abbildung 6: Symptome der bakteriellen Welkekrankheit (*Ralstonia pseudosolanacearum*) des Ingwers: Nekrose und Fäulnis der essbaren Wurzel (© Scot Nelson).

## Ralstonia pseudosolanacearum

*Ralstonia pseudosolanacearum* (Bakterielle Welkekrankheit) ist ein Bakterium, welches zum *Ralstonia solanacearum*-Artenkomplex gehört und in der Schweiz sowie in der EU als Quarantäneorganismus geregelt ist. Es gilt entsprechend eine Melde- und Bekämpfungspflicht. Das Bakterium lebt im Boden und kann mehr als 200 Pflanzenarten befallen. Dazu gehören unter anderem Kartoffeln, Tomaten, Auberginen, Paprika, Ingwer, Kurkuma, Kohl, Petersilie, Heidelbeeren, Erdnüsse, Rosengewächse, Chrysanthemen, Wallwurz und Schwarzer Nachtschatten.

Ingwer-Rhizome werden als Konsumware insbesondere aus südamerikanischen und asiatischen Ländern eingeführt. Seit 2022 wird eine verstärkte stichprobenartige Testung der Einfuhr von Ingwer-Rhizomen aus Drittländern auf latente Infektionen mit *R. pseudosolanacearum* durchgeführt. Bislang wurden in Deutschland 131 Sendungen von Ingwer getestet, von denen 14 aufgrund des Nachweises von *R. pseudosolanacearum* beanstandet wurden (Stand 6. Juli 2023). In Deutschland wurde das Auftreten von *R. pseudosolanacearum* bei Ingwer in Betrieben bereits mehrfach festgestellt. In der Schweiz beispielsweise wurde im Jahr 2023 der Eidgenössische Pflanzenschutzdienst (EPSD) informiert, dass aus Deutschland gelieferte Ingwer-Pflanzen möglicherweise mit *Ralstonia pseudosolanacearum* befallen sind. Inzwischen ist das Bakterium auf zwölf Betrieben in sieben Kantonen nachgewiesen worden.

### Visuelle Kontrolle zur Feststellung der Symptomatik von *Ralstonia pseudosolanacearum* an Ingwer-Rhizomen

Die visuelle Kontrolle von Rhizomen kann durch das Anschneiden der Narbenenden (Querschnitt) durchgeführt werden. Die Beschreibung der Symptome basiert im Fall von Ingwer fast ausschließlich auf der Untersuchung von angepflanzten Rhizomen. Bisher gibt es keine Erfahrungen bezüglich der Symptomatik von Ingwer-Importware, was man berücksichtigen sollte.

Symptome an Ingwer-Rhizomen zeigen sich in den frühen Stadien möglicherweise als glasige Verfärbung des Gewebes, die sich mit fortschreitender Infektion in eine bräunlich-dunkle Färbung verwandelt. Diese dunkle Verfärbung kann sich über das gesamte Gewebe – einschließlich Zentralzylinder, Endodermis und Rinde – ausbreiten (Abbildung 7). In der Abbildung sind besonders stark befallene Gewebeteile als dunkle Stellen zu erkennen (A). Bei einer frühen Infektion kann

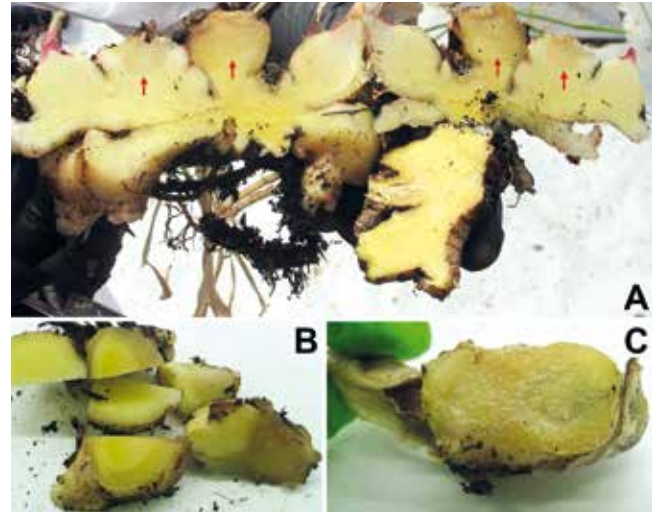


Abbildung 7: Mit *Ralstonia pseudosolanacearum* befallene Rhizome von *Zingiber officinale* (Julias-Kühn-Institut 2023).

die glasige Verfärbung des Gewebes dazu führen, dass die Abgrenzung zwischen Zentralzylinder und Rinde im Bereich der Endodermis deutlicher sichtbar wird (B). Diese Abgrenzung könnte jedoch auch durch das Alter der Rhizome oder andere Ursachen beeinflusst werden. Bei einer stark fortgeschrittenen Infektion, die in Form von dunklen Fäulnissen auftritt, kann ein Flüssigkeits- oder Schleimaustritt aus der Schnittfläche beobachtet werden (C). Solche ausgeprägten Symptome mit Schleimaustritt wurden bisher jedoch nur an angepflanzten Rhizomen in Verbindung mit oberirdisch symptomatischen Pflanzen festgestellt.

### Behandlungen von Ingwer-Rhizome

Es ist möglich, die Ingwer-Rhizome vor der Jungpflanzenanzucht zu behandeln, um die Gefahr mancher samenbürtigen Krankheiten zu verringern. Das Pflanzgut kann beispielsweise gewaschen und anschließend für Zehn Minuten in eine Zehn-prozentige Bleichlösung (Ein Teil handelsübliches Bleichmittel zu neun Teilen Wasser) eingetaucht werden, um eine oberflächliche Desinfektion zu gewährleisten, bevor es gründlich abgespült wird (beachte dabei, ob das Mittel im zertifizierten Bio zugelassen ist). Eine weitere Methode zur Bekämpfung von Nematoden ist die Heißwasserbehandlung, bei der die Saatstücke für zehn Minuten einer konstanten Temperatur von 50 °C ausgesetzt werden. Allerdings sind Heißwasserbehandlungen sowie die Desinfektion mit Bleichmittel nicht wirksam gegen Krankheitserreger, die bereits im Inneren des Rhizoms vorhanden sind (wie *Ralstonia*), sodass das Infektionsrisiko durch latente Erreger weiterhin bestehen bleibt.



## Zertifizierte Jungpflanzen und Rhizom-Kauf

Es gibt derzeit (Stand 2025) wenige Jungpflanzen- und Saatgutfirmen, die Ingwer-Rhizome und -setzlinge für den Anbau in Europa verkaufen. Mutterpflanzen anzubauen, die zu 100 % frei von samenbürtigen Krankheiten sind, erfordert viel Wissen und Ressourcen. In Österreich beziehen einige Betriebe Ingwerjungpflanzen von der Handelsfirma Plantagent.com, die wiederum ihre Pflanzen von dem italienischen Jungpflanzenproduzenten Habitat So.Agr.Coop. beziehen. Beim Habitat So.Agr.Coop wurden ursprünglich saubere Rhizome aus Peru importiert und seitdem in Töpfen vermehrt, um die Verbreitung von samen- und bodenbürtigen Krankheiten zu verhindern. Der im Gewächshaus angebaute Ingwer wird im Dezember geerntet und für vier Wochen in Kisten aufgestellt, um die Rhizome anzutreiben. Anschließend werden sie in Töpfe umgesiedelt, und nach etwa drei Wochen erscheinen die ersten grünen Triebe.

## Rhizom-Saatgut herstellen

Eine andere Möglichkeit, sauberes Rhizom-Saatgut zu gewährleisten, wäre, es im kleineren Rahmen selbst herzustellen. Bisher gibt es aber nur wenige Erfahrungen und wenige Betriebe, die damit experimentieren. Grundsätzlich wäre eine späte Ernte wichtig (z. B. beim Anbau in einem Glashaus), um möglichst reife Mutterrhizome zu ernten, sowie das Anbauen in Töpfe. Nach der Ernte sollten unbeschädigte und gut entwickelte Rhizome ausgewählt und desinfiziert werden, um sie als Saatgut zu konservieren. Ingwer-Rhizome werden in der Regel in gut belüfteten Behältern bei 12 bis 14 °C mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60 % bis 70 % gelagert. Bei Ingwer sollte die Temperatur nicht unter 12 °C liegen, da die Rhizome kälteempfindlich sind.

## Jungpflanzenanzucht

Alle Betriebe muss am Ende selbst entscheiden, ob sie das Risiko eingehen wollen, samenbürtige Krankheiten durch die Jungpflanzenanzucht von Rhizomen aus dem Lebensmittelhandel einzuschleppen.

### Rhizome schneiden

Für die Jungpflanzenanzucht werden Mutterrhizome in kleinere Stücke geschnitten. Die Größe der Saatstücke ist dabei wichtig: Größere Samenstücke können unter Stressbedingungen oder bei später Pflanzung sich besser entwickeln, kleinere Samenstücke hingegen können unter idealeren Bedingungen gut gedeihen und liefern natürlich mehr Samenstücke. Höhere Rhizom-Gewichte wiederum stehen in Zusammenhang mit einer erhöh-

ten Anzahl von Trieben pro Pflanze. Eine Studie in Maryland zeigte, dass Setzlinge mit drei oder mehr Trieben signifikant höhere Erträge erzielten als Setzlinge mit weniger als drei Trieben. Aus diesem Grund werden in der Regel Pflanzstücke im Größenbereich von 40 bis 70 g verwendet, da diese entsprechend hohe Triebzahlen produzieren. Die Saatstücke sollten zudem zwei bis vier entwickelte Augen bzw. Knospen haben. Eine allgemeine Faustregel lautet: Solange die Samenstücke größer als Ihr Daumen sind, sind sie geeignet.



Abbildung 8: Jungpflanzenanzucht (© Versuchsanstalt für Spezialkulturen Wies).

Es kann hilfreich sein, etwa 0,3–0,6 cm oberhalb der Stelle zu schneiden, an der ein Finger auf den anderen trifft. So wird sichergestellt, dass die Schnittstelle beim Abheilen und leichten Schrumpfen nicht in das andere Stück zurück schrumpft. Das Messer sollte nach jedem Schnitt oder nach einigen Schnitten, je nach Vorliebe, in einer Desinfektionslösung (wie Wodka) getaucht werden. Es ist auch möglich, sowie schon vorher beschrieben, die Saatstücke nach dem Schneiden zehn Minuten in eine zehnpromzentige Bleichlösung einzutauchen. Rhizome sollten nach dem Schneiden in einem sauberen und krankheitsfreien Bereich bei Raumtemperatur und 60 % relativer Luftfeuchtigkeit für 2–7 Tage trocknen, wo auch ihre Wunden geheilt werden.

### Substratausbringung

Nach dem Schneiden und Trocknen werden die Stücke mit ca. 10 x 10 cm Abstand in einer ca. 5 cm starken Substratschicht in Schalen eingelegt. Dabei können größere Kunststofftablets/-kisten verwendet werden. Es empfiehlt sich, bei jeder Schale das Datum und die Anzahl der Stücke aufzuschreiben, um den Überblick nicht zu verlieren.



Abbildung 9: Einlegen der Rhizome (© LWG Veitshöchheim).



PLANTAGENT.COM

# Ihr Partner wenn es um Innovationen im Gartenbau geht!

Unsere Leidenschaft sind Pflanzen und unser Credo ist beste Beratung dafür stehen wir und unsere Partner mit unserem Namen und meisterlicher Erfahrung.

Unsere Partner:



Wir freuen uns auf das Gespräch mit Ihnen, Ihr

*Peter Mayer*  
Peter Mayer  
Gärtnermeister



## Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau

Im Jahr 2021 wurden im Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg verschiedene Experimente zur Ingweranzucht durchgeführt. Dabei wurden drei unterschiedlich stark gedüngte Substrate getestet, um die Austriebsrate und die Qualität der Jungpflanzen zu beurteilen. Das ungedüngte Substrat erzielte dabei die besten Ergebnisse: Der Austrieb verlief schneller, und die Jungpflanzenqualität war mit 71–88 % der Pflanzen, die mit „sehr gut“ oder „gut“ bewertet wurden, am höchsten. Substrate mit halber oder voller Düngung zeigten einen langsameren Austrieb und eine geringere Qualität, wobei lediglich 6–43 % der Pflanzen die besten Bewertungen erreichten.

Im weiteren Verlauf der Kultur wurde im kalten, doppelt schattierten Folien-

tunnel die Herkunft „Peru“ untersucht. Jungpflanzen aus dem ungedüngten Substrat zeigten eine höhere Triebzahl und erzielten mit 3,39 kg/m<sup>2</sup> den besten Ertrag im Vergleich zu den anderen Substratvarianten. Gepflanzt wurde im Mai in Gräben mit anschließender Anhäufelung. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass **ungedüngte Substrate sowohl für die Jungpflanzenanzucht als auch für die spätere Kultur von Ingwer Vorteile bieten**, insbesondere bei der getesteten Herkunft „Peru“.



Abbildung 10: Ingwerjungpflanzen auf dem Anzuchtstisch, v.l.n.r. halbe Düngung, ohne Düngung, Originalrezept (©LWG Veitshöchheim).

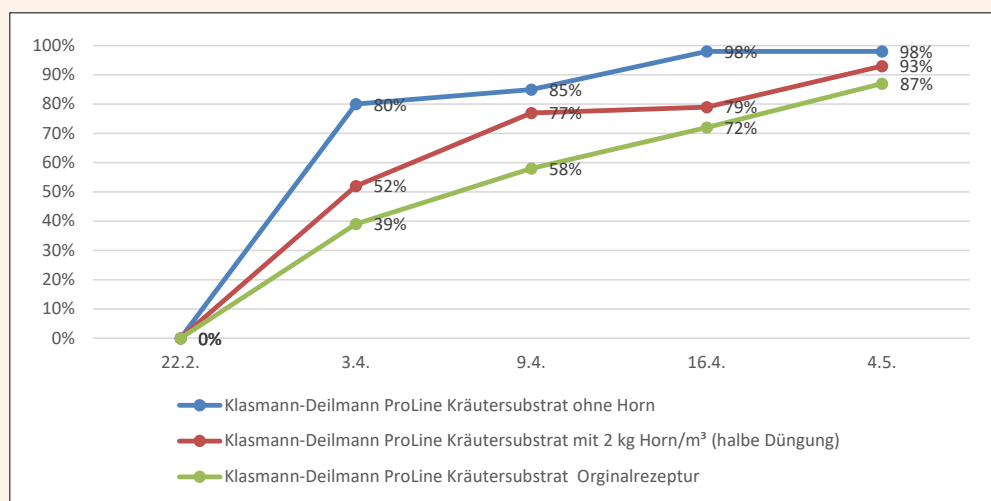


Abbildung 11: Austriebstempo von Ingwer-Rhizom-Stücken in Abhängigkeit vom Anzuchtsubstrat (Hedrich & Rascher 2021)

## Keimung

Die Keimung der Samen erfolgt bei einer Temperatur von 24 bis 28 °C. Temperaturen über 30 °C führen angeblich zu schnellerer Keimung, aber auch zu schwächeren Trieben. Es wird empfohlen, Heizmatten zu verwenden, um die zuvor genannte Temperatur zu erreichen. Des Weiteren kann eine durchsichtige Plastikfolie oder eine Reihenabdeckung, welche auf die Setzlinge gelegt wird, die Keimung fördern. An sonnigen Tagen ist es empfehlenswert, die durchsichtige Plastik- oder Reihenabdeckung zu entfernen, sobald die Temperatur 40 bis 45 °C erreicht. Sobald die Samen gekeimt sind,

ist die durchsichtige Plastik- oder Reihenabdeckung vollständig zu entfernen. Im Allgemeinen brauchen die Ingwer-Rhizome durchschnittlich 50 Tage zum Keimen. Die Feuchtigkeit muss konstant gehalten werden, wobei eine Überwässerung zu vermeiden ist, da dies zu Fäulnis führen könnte. Es empfiehlt sich, das Substrat austrocknen zu lassen, bevor man wieder gießt. Die Setzlinge werden bis zu einer Höhe von 20 bis 50 cm mit 2 bis 3 Trieben gezogen. Insgesamt braucht die Jungpflanzenanzucht 6–8 Wochen. Der optimale Zeitpunkt für den Beginn der Keimung ist der März, die Verpflanzung erfolgt im April oder Mai und die erste Ernte wird im August eingebracht.

## University of New Hampshire, USA

In einer einjährigen Studie von der University of New Hampshire in den USA wurde die Auswirkung von Wärmematten auf die Keimung und den Ertrag untersucht. **Die Anwendung von Wärmematten zu Beginn der Saison führte zu einem beschleunigten Wachstum.**

Es konnte ein signifikant beschleunigter Austrieb in Platten beobachtet werden, die auf Wärmematten lagen, im Vergleich zu Platten, die nicht auf Wärmematten lagen. Die Anzahl der Rhizome pro Platte betrug 14–18, wobei in sämtlichen beheizten Platten mindestens ein Spross gebildet

wurde. Bis zum 21. Mai war in den Platten, die nicht auf Wärmematten lagen, kein Sprossenwachstum zu beobachten. Bei der Beobachtung des Umpflanzens wurde jedoch ersichtlich, dass alle Rhizome, auch diejenigen ohne Sprossen, ein signifikantes Wurzelwachstum aufwiesen.

**Die Erwärmung mit Heizmatten resultierte ebenfalls in höheren Erträgen.** Bei jedem Erntetermin hatten sie höhere Erträge, wenngleich diese Ergeb-

nisse statistisch nicht signifikant waren. Bei einer Zusammenführung aller Daten lässt sich festhalten, dass die Erträge bei den beheizten Behandlungen signifikant höher waren.

In dieser einjährigen Studie wurde festgestellt, dass die Erwärmung zu Beginn der Saison das Wachstum des Ingwers beschleunigt hat, was sich am Ende



Abbildung 12: Nicht gekeimtes, aber gut bewurzelt Rhizom (Sideman 2018).



Abbildung 13: Anwendung von Heizmatten. Sprossauftreten des Ingwers (Anzahl/Platte) und Ertrag der für den Verkauf geschnittener Ingwer in Gramm pro 6 Pflanzen, nach Erntedatum (Sideman 2018).

der Saison in höheren Erträgen niederschlug. Es ist jedoch wichtig, dies gegen die Kosten der Heizung abzuwägen; in dem Versuch wurde die Heizmatte fast 12 Wochen lang betrieben. Die ersten Keimlinge tauchten erst 6 Wochen nach der Aussaat auf, selbst auf der Wärmematte. Die gleichen Ergebnisse ließen sich wahrscheinlich auch erzielen, wenn man den Ingwer mehrere Wochen lang an einem warmen, isolierten Ort ohne Licht keimen ließe.

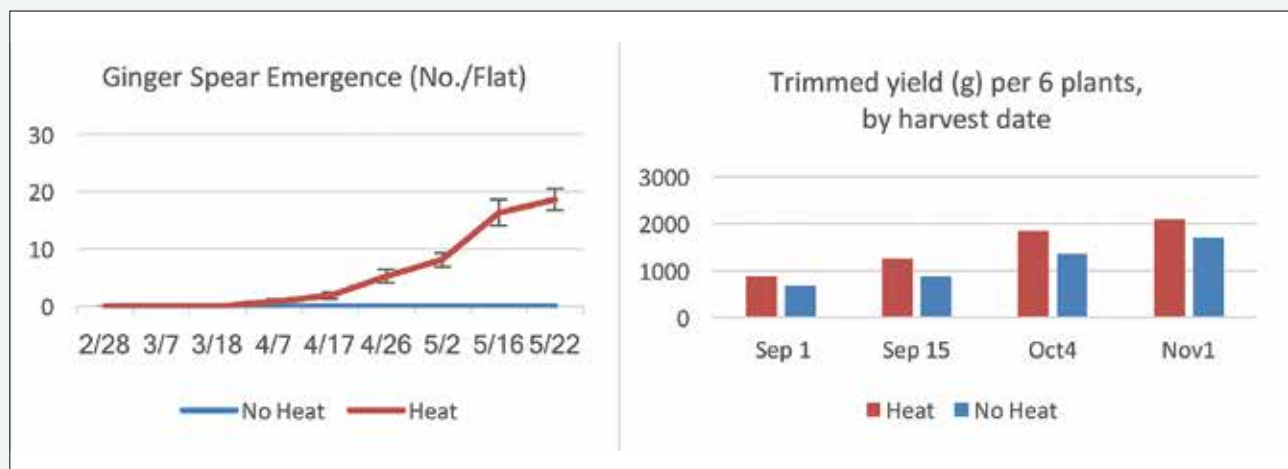


Abbildung 14: Keimung des Ingwers mit und ohne Heizmatten (Sideman 2018).

## Pflanzliche Gewebekultur

Eine Alternative zur Vermehrung über Saatgut-Rhizome ist die Verwendung von Pflanzensetzlingen aus pflanzlichen Gewebekulturen, die pathogenfreies, einheitliches Ausgangsmaterial gewährleisten können. Gewebekulturen werden unter sterilen Laborbedingungen aus winzigen Zellhaufen, die aus dem teilungsfähigen Gewebe einer Pflanze (z. B. Knospen, Sprossspitzen oder Zellen) entnommen wurden, gezüchtet. Dieses Verfahren wird häufig bei Orchideen, bestimmten Flieder- und Rhododendronarten sowie zahlreichen neuen Staudenarten angewendet. Derzeit forscht die AGES im Rahmen des Projektes KNODIV – Förderung des österreichischen Knoblauchanbaus durch Erweiterung des Sortenspektrums, zu in-vitro erzeugten Knoblauch.

### Hauptmerkmale pflanzliche Gewebekulturen:

- 1. Krankheitsfreies Material:** Die Gewebekultur erzeugt krankheitsfreie Pflanzen, da der Prozess in einer sterilen Umgebung durchgeführt wird, wodurch das Risiko von boden- und saatgutübertragenen Krankheiten minimiert wird.
- 2. Einheitlichkeit:** Pflanzen aus der Gewebekultur sind genetisch einheitlich, was eine gleichbleibende Qualität und Leistung sicherstellt.
- 3. Schnelle Vermehrung:** Diese Methode ermöglicht die schnelle Produktion einer großen Anzahl von Transplantaten aus einer kleinen Menge Ausgangsmaterial.
- 4. Gesundes Wachstum:** Gewebekulturpflanzen zeigen oft ein kräftigeres Wachstum, da sie frei von Krankheitserregern sind und unter optimalen Anfangsbedingungen gezogen werden.

### Anwendung bei Ingwer:

Bei Ingwer werden aus Knospen oder Sprossspitzen Gewebekulturen produziert. Diese werden dann in vitro vervielfältigt, um junge Pflanzen zu erzeugen, die in den Boden oder andere Anbausysteme gepflanzt werden können. Diese Methode ist besonders wertvoll, um krankheitsfreies Pflanzmaterial sicherzustellen, was bei anfälligen Kulturen wie Ingwer von großer Bedeutung ist.

Im Allgemeinen werden von Gewebekultur abgeleitete Pflanzen gegenüber traditionell vermehrten Pflan-

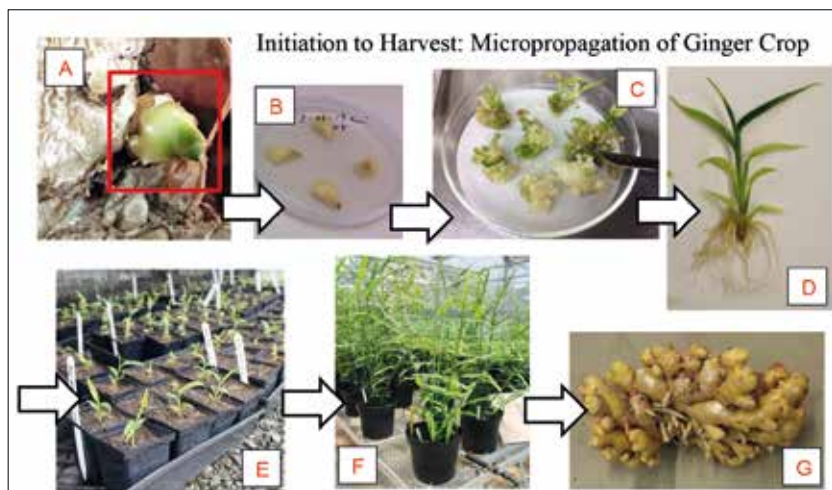


Abbildung 15: Lebenszyklus des Ingwers von der Mikrovermehrung der ursprünglichen Knospe bis zur Ernte des Ingwerhizoms. A) Knospen zur Initiierung der Ingwer-Gewebekultur. B) Sterilisierte und in Nährmedium initiierte Knospen. C) Kalluswachstum auf Ingwer-Gewebekulturknospe. D) Gewebekultur-Setzling der Stufe 4, bereit zur Pflanzung im Gewächshaus. E) Ingwer-Gewebekultur-Setzlinge, einzeln in Töpfe gepflanzt zur Akklimatisierung im Gewächshaus. F) Ingwerpflanze in der mittleren Wachstumsphase in einem 7.5l-Topf. G) Geerntetes Ingwerhizom mit entfernten biologischen Wurzeln (Yang et al. 2024).

zen mehrere Vorteile erwartet, wie z. B. ein höheres Wachstumspotenzial, gesteigerte Erträge, verbesserte Qualität der Ernte und eine geringere Krankheitsanfälligkeit. Frühere Studien zeigten jedoch, dass die Ingwerpflanzen im ersten Wachstumszyklus einen deutlich geringeren Ertrag mit kleineren Knollen aufwiesen als Rhizom-vermehrte Pflanzen. Zum Zeitpunkt der Pflanzung befinden sich aus Gewebekultur gewonnene Setzlinge nämlich in ihrer ersten Wachstumsphase. Sie sind in der Regel sehr klein, wiegen weniger als 1 g und besitzen noch keine Rhizomstruktur. Rhizome sind die Hauptquelle für Nahrung und Reserven der Ingwerpflanze zu Beginn des Anbauzyklus. Es dauert mindestens 2 bis 3 Wachstumszyklen, um Saathizome mit einer akzeptablen Größe und ausreichenden Knollen für die kommerzielle Nutzung zu erzeugen, was die Produktionskosten für krankheitsfreie Ingwer-Rhizome erhöht und somit deren kommerzielle Anwendung erschwert.

## Kulturbedingungen

Ingwer ist eine tropische Pflanze und bevorzugt hohe Temperaturen zwischen 25 und 30 °C. Temperaturen unter 15 °C hemmen das Wachstum, während Frost die Pflanze stark schädigen kann. Eine hohe Luftfeuchtigkeit zwischen 70 und 90 % ist besonders in der Wachstumsphase vorteilhaft. Direkte, intensive Sonneneinstrahlung kann das Wachstum beeinträchtigen, daher eignet sich ein leicht schattierter Standort besser für den Anbau.



Abbildung 16: Ingwer und Kurkuma im kleinen Folientunnel  
(© Anna-Sophie Wild).



Abbildung 17: Ingwer und Kurkuma im großen Folientunnel  
(© Versuchsanstalt für Spezialkulturen Wies).

## Mischkultur vs. Monokultur

In tropischen Regionen wird Ingwer häufig in Agroforstsystemen zwischen Reihen von Kokospalmen, Obstbäumen oder spaliertgetragenen Kulturen wie Bittermelone (*Momordica charantia*) oder Bohnen gepflanzt. Ingwer eignet sich gut für Agroforstsysteme, da er mäßig schattentolerant ist.

Um die optimale Temperatur und Feuchtigkeit für Ingwer zu gewährleisten, wird Ingwer in kühleren Regionen im Gewächshaus oder Folientunnel angebaut. Hohe Temperaturen und hohe Luftfeuchtigkeit sind jedoch für viele andere Kulturen nicht optimal und sie leiden darunter. Ausnahmen sind andere Pflanzen aus der Familie der Zingiberaceae und beispielsweise Zitronengras. Nachtschattengewächse, die mit hohen Temperaturen zurechtkommen würden, sind nicht geeignet, da sie die bakterielle Welkekrankheit (*Ralstonia*) verstärken könnten.

Einige Betriebe haben gute Erfahrungen mit dem Anbau von Ingwer in kleineren Folientunneln, wie beispielsweise „Caterpillar“ Tunneln, gemacht, da Ingwerpflanzen keine hohen Folientunnel benötigen. Damit können die optimale Temperatur und Feuchtigkeit erreicht werden, ohne dass andere Kulturen benachteiligt werden. Zusätzlich sind kleine Tunnel oft mobil und ermöglichen damit die empfohlene Fruchtfolge von 5 Jahren. Alternativ ist es auch möglich, Minitunnel mit Vlies oder Plastikfolien in einem gemischten Tunnel zu verwenden.

## Pflanzdichte

Im geschützten Anbau variiert die Pflanzdichte stark zwischen Betrieben und Forschungsinstitutionen. An-

gaben gehen von 4 bis 11 Pflanzen/m<sup>2</sup>. Die Frage ist, ob mit einer höheren Pflanzendichte auch höhere Ernten zu erzielen sind (siehe Versuch unten). Die Versuchsanstalt für Spezialkulturen Wies z. B. hat bisweilen gute Erfahrungen mit einem Pflanzenabstand von 60 x 40 cm gemacht.

## Bodenbedingungen

Ingwer wächst am besten in gut durchlässigen, tiefen, lockeren und humusreichen Böden mit hohem organischem Anteil. Sandige Lehm Böden oder lockere Lehm Böden mit guter Drainage sind besonders geeignet, um Staunässe zu vermeiden. Der ideale pH-Wert des Bodens liegt zwischen 5,5 und 6,5. Sehr tonhaltige oder verdichtete Böden sind ungeeignet, da sie die Rhizombildung hemmen und das Risiko von Fäule erhöhen.

Ingwer gehört zu den Starkzehrern mit einem hohen Stickstoffbedarf, um große Rhizome zu bilden. Während des gesamten Lebenszyklus benötigt Ingwer unterschiedliche NPK-Verhältnisse in den verschiedenen Wachstumsstadien. In der frühen Phase benötigt die Pflanze mehr Kalium (K), gefolgt von Stickstoff (N) und Phosphor (P). In späteren Wachstumsphasen nimmt der Bedarf an Kalium ab, während der Bedarf an Stickstoff und Phosphor zunimmt, um ein üppiges Wachstum und einen höheren Rhizomertrag zu gewährleisten. Im Allgemeinen braucht Ingwer 250 kg Stickstoff/ha, 55 kg Phosphor/ha und 100 kg Kalium/ha. Die zweite und dritte Stickstoffgabe oder Kompostgabe sollte nahe am Pflanzenstamm erfolgen. Kommerzielle Ingweranbauer in der Pazifikregion erhöhen jedoch bei späteren Düngergaben das Verhältnis von Kaliumdünger, um die Glanzbildung der Wurzeln zu verbessern.

## Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau

Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurde im Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau im Jahr 2018 eine Kultivierung von Ingwer im geheizten Anbau durchgeführt. Das Pflanzgut zweier Herkünfte wurde eigenständig vermehrt und hinsichtlich zweier unterschiedlicher Pflanzdichten miteinander verglichen. Bei einer Pflanzendichte von 4,1 Pflanzen/m<sup>2</sup> wurde ein marktfähiger Ertrag von 3,9 Kg/m<sup>2</sup> bei der

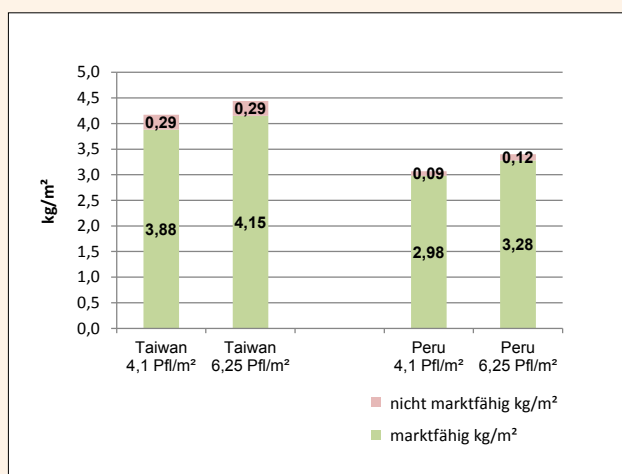


Abbildung 18: Ingwer im geheizten Anbau. Ertrag in kg/m<sup>2</sup> (Hedrich und Rascher 2018).

Herkunft ‚Taiwan‘ und von 3 Kg/m<sup>2</sup> bei der Herkunft ‚Peru‘ erzielt. Eine Erhöhung der Pflanzendichte auf 6,25 Pflanzen/m<sup>2</sup> resultierte in einer Steigerung des Ertrags bei der Herkunft ‚Taiwan‘ um sieben Prozent sowie bei der Herkunft ‚Peru‘ um zehn Prozent.

Im Folgejahr 2019 wurden im Rahmen eines weiteren Versuchs wieder zwei unterschiedliche Pflanzdichten untersucht. Bei einer Dichte von 5,5 Pflanzen/m<sup>2</sup> erzielten die Rhizome einen durchschnittlichen Ertrag von 2,91 kg/m<sup>2</sup>. Eine Erhöhung der Pflanzendichte auf 6,8 Pflanzen/m<sup>2</sup> führte zu einem vergleichbaren Durchschnittsertrag von 2,92 kg/m<sup>2</sup>. **Eine Erhöhung der Pflanzdichte über 5,5 Pflanzen/m<sup>2</sup> zeigte also keinen positiven Einfluss auf den Ertrag.**

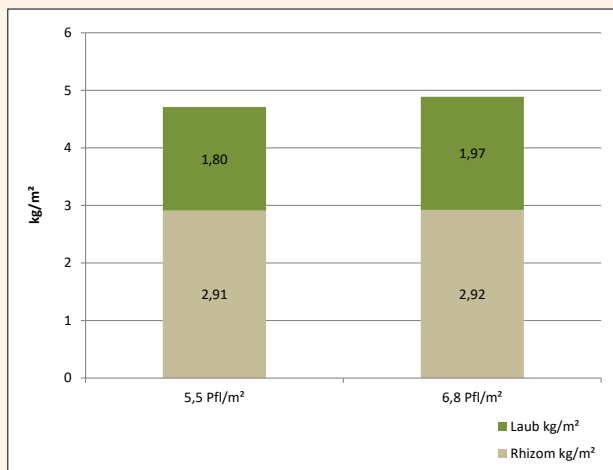


Abbildung 19: Ingwer ‚Peru‘ im kalten Folientunnel. Auswirkung der Pflanzweite auf den Ertrag, (Hedrich und Rascher 2019).

## Anhäufeln

Wenn Ingwer unbeaufsichtigt wächst, dann werden nach einer Zeit die Spitzen des Rhizoms aus der Bodenoberfläche herausragen, wodurch sie Sonnenbrand bekommen. Wenn das Rhizom die Oberfläche erreicht, beginnt es automatisch, seitwärts und nach unten zu wachsen, was im Allgemeinen zu einer weniger attraktiven und verarbeitbaren Ingwerhand führt. Aus diesem Grund wird Ingwer während der Wachstumsperiode ein- bis dreimal gehäufelt. In den Tropen wird der Ingwer sogar drei- bis fünfmal gehäufelt. Dabei



Abbildung 20: Einpflanzen der Ingwerjungpflanzen im Graben (Sideman 2018).

werden die Rhizom-Stücke oder die Jungpflanzen in Gräben gelegt/gesetzt, um ein späteres Häufeln zu erleichtern. Das Häufeln ermöglicht den Rhizomen, vertikal zu wachsen. Diese Praxis hat auch andere Vorteile, wie die Unterdrückung von Unkraut und die einfache Anwendung von Dünger in der Bodenmischung, der die Pflanze bedeckt und so optimal von den Wurzeln aufgenommen werden kann, da Ingwerpflanzen keine effizienten Nährstoffsammler sind. Wenn der Ingweranbau mit Tropfbewässerung erfolgt, dann besteht die Möglichkeit, am Anfang Ingwer mit einer einzigen Tropfbewässerungsleitung zu kultivieren und bei der ersten Anhäufelung eine zweite Leitung hinzuzufügen.

Die erste Anhäufelung kann erfolgen, sobald eine Verfärbung der Stängelbasis von weiß zu hellrosa beobachtet wird. Diese Verfärbung kann auch unter der Bodenoberfläche auftreten, so dass es notwendig sein kann, die oberste Erdschicht zu entfernen, um die Verfärbung zu sehen. Die zweite Anhäufelung kann vier bis sechs Wochen später gemacht werden, und wenn erwünscht eine letzte Anhäufelung zwei Wochen danach.

## Beikrautmanagement

Einige Wochen nach Pflanzung beginnen kleine Beikräuter zu keimen. Es wird empfohlen, Ingwer zweimal pro Saison zu hacken und bei jedem Arbeitsschritt mindestens zehn Zentimeter Erde auf den Ingwer zu geben und mit Düngung unterzumischen. Es ist darauf zu achten, dass die Rhizome beim Hacken nicht beschädigt werden. Um die unerwünschte Entwicklung von Beikraut zu verhindern, kann die Erde um die Ingwerpflanzen mit unterschiedlichen Mulchmaterialien (wie beispielsweise Heu, Silage oder Folien) abgedeckt werden.

## Bewässerung

Der Ingweranbau erfordert eine regelmäßige und ausreichende Wasserversorgung, da Ingwer eine tropische Pflanze ist, die hohe Luftfeuchtigkeit und gleichmäßige Bodenfeuchte bevorzugt. Besonders während der Wachstumsphase benötigt Ingwer viel Wasser, um



Abbildung 21: Bohnen-Kurkuma-Zitronengras-Ingwer Mischkultur mit Tröpfen- und Mikrosprinklerbewässerung (© Klaus Schmid).

eine optimale Rhizomentwicklung zu gewährleisten. Allerdings sollte keine Staunässe herrschen, da dies zu Wurzelfäule führen kann. Je nach Klima und Anbaumethode liegt der Wasserbedarf zwischen 500 und 1.200 mm Niederschlag oder Bewässerung pro Saison. Im geschützten Anbau wird daher häufig eine Tropfbewässerung (mit zwei Wasserleitungen pro Reihe) und/oder Mikrosprinklerbewässerung eingesetzt, um eine effiziente Wassernutzung sicherzustellen.

Ein Versuch in der Versuchsstation Bamberg 2018 untersuchte die optimale Bewässerungsmenge für den Ingweranbau. Ein Teil des Bestandes erhielt während des Kulturverlaufs eine Oberberegnung von 300 l/m<sup>2</sup>, während der andere Teil zusätzlich mit weiteren 300 l/m<sup>2</sup> durch Mikrosprinkler bewässert wurde. Die Gesamtwassermenge von 600 l/m<sup>2</sup> führte zu besseren Erträgen.

## Feuchtigkeit und Temperatur

Im Gewächshaus ist die Pflanzung von Ingwer möglich, sobald die Bodentemperatur mindestens 12 °C beträgt. Die optimale Temperatur für das Wachstum des Ingwers liegt zwischen 19 und 30 °C und die optimale Luftfeuchtigkeit zwischen 70 und 95 %. Die Luftfeuchtigkeit kann mithilfe einer Oberberegnung und allgemeines Lüften geregelt werden. Oberberegnungen können automatisch gesteuert werden, sodass sie immer angehen, wenn die Luftfeuchtigkeit unter 75 % sinkt.

Es gibt auch mehrere Möglichkeiten, die Pflanzzeit zu verfrühen. Bei der Versuchsanstalt für Spezialkulturen Wies wurde mit Verrottungsdämmen experimentiert, um die Kulturdauer zu verlängern. Die Verrottungsdämme, die nach dem Prinzip eines Mistkastens funktionieren, wurden bereits zwei Wochen vor der Pflanzung

## University of Delaware, USA

Von Februar bis November 2022 wurden fünf Experimente in Newark und Georgetown, Delaware (DE), durchgeführt, um das Produktionspotential in dieser Region des mittleren Atlantiks der Vereinigten Staaten zu bewerten. Gelbe Ingwer-Rhizome wurden 10 Wochen lang in Wachstumskammern vorgekeimt und dann unter verschiedenen Systemen angebaut: Hoch-Tunnel, Regenschutz, mulchbedecktes Freiland und Freiland ohne Abdeckung. Die Versuche umfassten verschiedene Bodentypen (Ton-Humus-

Böden und sandige Lehmböden) sowie unterschiedliche Bewässerungshäufigkeiten (80 %, 60 %, 40 % und 20 % Wasserentzug vor Sättigung während des Anbaus.

Die Parzellen wurden 135 Tage nach der Pflanzung geerntet. **Die Bewässerungshäufigkeit hatte signifikante Auswirkungen auf den Ertrag. Die besten Ergebnisse wurden bei einer Bewässerungshäufigkeit von 80 % erzielt.** Hier lag der Ertrag zwischen 19,19 bis 30,24 t/ha, je nach Standort, und war damit 2,7-mal höher als bei der 20 %-Behandlung. Generell nahmen die Erträge mit abnehmender Bewässerungshäufigkeit ab.





Abbildung 22: Feuchtigkeitsmesser im Folientunnel (© Klaus Schmid).

zung angelegt und intensiv oberkopfbewässert, um eine gleichmäßige Durchfeuchtung und Erwärmung des Bodens zu gewährleisten. Dadurch war es möglich, die Pflanzung bereits im März, statt wie üblich erst im Mai durchzuführen. Obwohl die Ingwer-Rhizome eine bräunlichere Schale entwickelten, zeigte sich bei der Haltbarkeit keine signifikante Verbesserung. Dennoch führte die frühere Pflanzung zu einer deutlichen Steigerung des Ertrags beim Ingwer, was den positiven Effekt dieser Methode auf das Wachstum und die Produktivität der Pflanzen unterstreicht.

Eine andere Option, um optimale Temperaturen zu ermöglichen und/oder Heizkosten zu reduzieren ist, eine Struktur aus durchsichtigem Kunststoff über den wachsenden Pflanzen anzubringen. Zu diesem Zweck wird ein durchsichtiger Kunststoff mit Löchern an zwei hoch entlang des Beetes verlaufenden, verzinkten Stahldrähten angebracht. Die zusätzliche Schicht beinhaltet ein Heizungsrohr, welches untergelegt wird. Eine weitere Möglichkeit ist die Platzierung des Ingwers in der Mitte des Gewächshauses, da dort höhere Temperaturen und eine höhere Luftfeuchtigkeit herrschen.

Der Herbst bei uns entspricht dem Ende der Monsunzeit in Südostasien. Die Temperaturen beginnen zu sinken, und die ersten Fröste treten zwischen Mitte Oktober und Anfang November auf. Die meisten Ingwerarten können leichten Frost tolerieren, doch die Rhizome dürfen niemals einfrieren. Die Blätter beginnen sich gelb zu färben, wenn die Pflanze in die Ruhephase übergeht. Zu diesem Zeitpunkt sollte die Bewässerung reduziert werden, da die Pflanze weniger Wasser benötigt. Die Energie aus den Blättern wird zu den Rhizomen transportiert.

## Schattierung

Die meisten Ingwerarten sind relativ tolerant gegenüber unterschiedlicher Sonnenstrahlung. Dieselben Arten innerhalb vieler Gattungen wurden in der Natur sowohl in vollsonnigen als auch in stark schattigen Gebieten beobachtet. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass sie aus einer Monsunregion stammen, wo es während des größten Teils ihrer Wachstumsphase bewölkt und regnerisch ist. Daher können hohe Temperaturen und starke Sonneneinstrahlung zu Sonnenbrand und sogar zum Absterben der Pflanzen führen. Besonders junge Ingwerpflanzen sind anfällig für Sonnenbrand, wenn die Schattentemperatur über 32 °C steigt. Sowohl hohe Temperaturen als auch hohe Lichtintensität, insbesondere während der Keimlingsphase, können Photoinhibition verursachen. Dies verringert die Photosyntheseeffizienz und dadurch den Ertrag. Pflanzen, die ausgebleichte Farben, verbrannte Blattränder oder Stresssymptome wie eingerollte Blätter oder eine aufrechtere Blattstellung zeigen, benötigen wahrscheinlich mehr Schatten. Allerdings können auch Trockenheit und Wassermangel ähnliche Symptome hervorrufen. Studien zeigen, dass Ingwerpflanzen unter voller Sonneneinstrahlung, kleiner bleiben und weniger Blätter pro Ausläufer entwickeln. Schatten fördert hingegen das Höhenwachstum, die Anzahl der Ausläufer, die Nettphotosyntheserate und den Chlorophyllgehalt.

Daher ist es üblich, im geschützten Anbau die Ingwerpflanzen entweder durch Fliese, Netze oder Schattierfarbe zu schattieren. In der Versuchsstation Bamberg z. B. wurden die Folientunnel mit einem grünen Schattierungsnetz innen ausgestattet und zusätzlich die gesamte Anbaufläche mit einem 19 g-Vlies versehen. Eine andere Möglichkeit, um die Pflanzen vor Sonnenbrand zu schützen, ist eine Bewässerung mit Überkopfsprinklern, wie sie z. B. in einem Versuch in Queensland, Australien, erfolgreich eingesetzt wurde.



Abbildung 23: Kultur im kalten Folientunnel mit Schattierung und Vlies (© LWG Veitshöchheim).

## North Carolina Agricultural & Technical State University, USA

In den Jahren 2018 und 2019 wurde auf der Farm der North Carolina Agricultural & Technical State University in Greensboro, NC, USA, die Auswirkung von Schattierung auf den Ingweranbau untersucht. Dabei wurden drei Schattierungsbedingungen im Hochtunnel verglichen: 0 %, 22 % und 40 % Schattierungsgrad (Abb. 15). Das 40 %-Schattierungsgewebe war schwarz, das 22 %-Schattierungsgewebe weiß, und bei 0 % Schattierung wurde kein Schattierungsgewebe verwendet. Die Ergebnisse zeigten, dass **Ingwerpflanzen unter 22 % oder 40 % Schattierung im Allgemeinen kräftiger und gesünder wuchsen als jene ohne Schattierung.**



Abbildung 24: Ingwer im Hochtunnel unter verschiedenen Schattierungsbedingungen: schwarzes Gewebe (40 % Schattierung), weißes Gewebe (22 % Schattierung) und ohne Gewebe (0 % Schattierung) (Lashley et al. 2024).

## Krankheiten und Schädlinge

Ingwer ist bekannt für seine Anfälligkeit gegenüber verschiedenen Pilz-, Bakterien- und Viruskrankheiten und Nematoden, die sowohl die Qualität als auch die Quantität der Ernte beeinträchtigen. Besonders problematisch sind die samen- und bodenbürtigen Krankheiten (SSDs), die weltweit die Produktion einschränken und bedrohen, darunter die bakterielle Welkekrankheit (*Ralstonia pseudosolanacearum*), die *Fusarium*-Welkekrankheit, die *Pythium*-Weichfäule sowie Wurzelgallennematoden. Ein Grund dafür ist der Mangel an genetischer Resistenz gegen die Krankheitserreger, die SSDs verursachen, was auf die anhaltende Verwendung vegetativer Vermehrungsmethoden durch Rhizom-Saatstücke zurückzuführen ist. Erschwerend kommt hinzu, dass der hohe Wasserbedarf der Pflanze gleichzeitig ein infektionsfreundliches Milieu schafft und die Ausbreitung der Krankheitserreger begünstigt. Der Mangel an natürlichen Gegenspielern in gemäßigten Klimazonen – im Vergleich zu den Tropen – sowie die wiederholte Nutzung derselben Flächen in Gewächshäusern und Folientunneln verstärken die Häufigkeit von SSDs.

## Bakterielle Welkekrankheit (*Ralstonia Pseudosolanacearum*)

Die bakterielle Welkekrankheit ist eine schwerwiegende Krankheit, die neben Ingwer auch viele andere Nutzpflanzen befällt. Sie wird durch verschiedene Untergruppen des bodenbürtigen Bakteriums *Ralstonia solanacearum* verursacht. Der Erreger verbreitet sich über kontaminiertem Boden, der an Händen, Stiefeln, Werkzeugen, Fahrzeugreifen und landwirtschaftlicher Ausrüstung haftet. Zudem kann die Übertragung durch Bewässerungs- oder Regenwasser sowie infizierte Ingwer-Rhizome erfolgen. *Ralstonia solanacearum* dringt über natürliche Öffnungen, an denen Seitenwurzeln austreten, oder durch Verletzungen in die Ingwerwurzel und -rhizome ein. Solche Verletzungen können durch Handhabung, parasitäre Insekten oder Wurzelnematoden entstehen. Das Bakterium überlebt im Boden sowohl in infiziertem Pflanzenmaterial als auch als freilebender Mikroorganismus. In stark befallenen Boden können ganze Ingwerplantagen zerstört werden. Ist ein Feld einmal mit der bakteriellen Welkekrankheit infiziert, kann es viele Jahre dauern, bis dort wieder Ingwer angebaut werden kann.

## Versuchsbetrieb für Gemüsebau Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau

Die Versuche im Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg über drei Jahre (2018–2020) zeigten, dass der kontinuierliche Ingweranbau ohne Flächenwechsel zu starken Ertragsrückgängen führen kann. Das war der Fall im beheizten Glashaus. Während die Erträge im ersten Jahr (2018) stabil blieben, sank der durchschnittliche Ertrag pro Pflanze im dritten Jahr (2021) drastisch von 640 g auf 191 g. Als Hauptursachen wurden bodenbürtige Krankheiten wie *Fusarium solani* und *Rhizoctonia solani* iden-

tifiziert. Der Versuch verdeutlichte die **Notwendigkeit einer entsprechenden Fruchtfolge bzw. das Wechseln der Anbaufläche für Ingwer, um die Boden- und Pflanzengesundheit zu erhalten.**

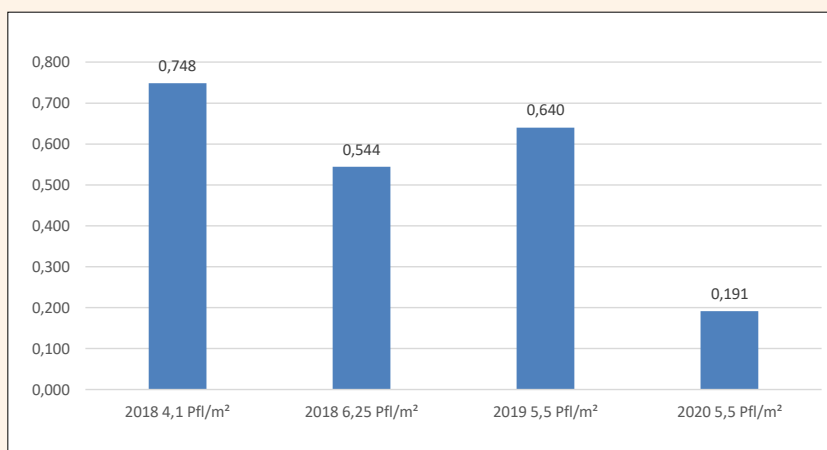


Abbildung 25: Ingwer ‚Peru‘ – dreijähriger Anbau. Gesamtertrag in kg pro Pflanze (Hedrich & Rascher 2021).

### Symptome und Erkennungsmerkmale

*Ralstonia pseudosolanacearum* befällt das Xylem, die wasserleitenden Gefäße der Ingwerpflanze, und führt so zum Welken. Die ersten Symptome sind eine leichte Gelbfärbung und das Welken der unteren Blätter. Mit fortschreitender Infektion breitet sich die Welke nach oben aus, erfasst die jüngeren Blätter und führt schließlich zu einer vollständigen Gelbfärbung und Bräunung des gesamten Triebs. Dies kann innerhalb weniger Tage passieren.

Folgende Symptome lassen sich unterscheiden:

- „**Grünes Welken**“ ist das charakteristische Frühsymptom und tritt bereits im frühen Krankheitsverlauf auf



Abbildung 26: Typische Symptome der bakteriellen Welke: „grünes Welken“, Blattvergilbung und Nekrose (© Nelson 2013).

– noch vor der Gelbfärbung der Blätter. Bei infizierten Ingwerpflanzen führt der durch das Bakterium verursachte Wasserstress zur Blockade des wasserleitenden Gefäßsystems in den Stängeln. Infolgedessen beginnen die grünen Blätter sich zu rollen und zu kräuseln.

- **Blattvergilbung und Nekrose:** Die Blätter infizierter Pflanzen werden unweigerlich gelb und verfärben sich dann braun und nekrotisch. Allerdings führen auch andere Krankheitserreger wie z. B. der Pilz *Fusarium osysporum* f. sp. *zingiberi* zu einer Gelbfärbung. Bei einem Fusarienbefall verwelken die Pflanzen jedoch nicht so schnell wie bei der bakteriellen Welke.
- **Pflanzenverkümmern:** Erkrankte Pflanzen wachsen schlecht und können verkümmert sein.
- **Verfärbte Rhizome**, die oft innen verfault sind.
- **Rhizome und Stängel mit einem wassergetränkten Aussehen.**
- **Verfärbung des Gefäßgewebes.**
- **Weichfäule** (sekundäre Krankheiten), die durch opportunistische bakterielle Pflanzenpathogene der Gattungen *Erwinia* oder *Pectobacterium* verursacht wird.

### Quarantäne Krankheit

*R. solanacearum* ist gemäß der Durchführungsverordnung (EU) 2019/2072, Anhang II, Teil A, ein Unions-

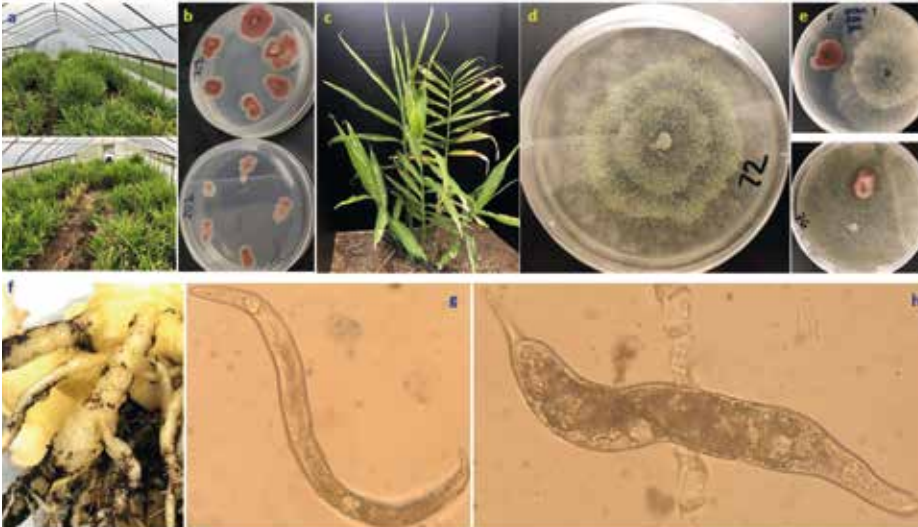


Abbildung 27: a) Vorder- (oben) und Rückansicht (unten) eines Folientunnels mit betroffenen Bereichen, einem typischen räumlichen Muster von Saatgut- und Krankheitsverbreitung (SSDs); (b, c) Isolation von *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* und Vergilbungssymptomen nach künstlicher Inokulation; (d, e) *Trichoderma harzianum* Stamm T-22 und Dualkulturen auf Kartoffeldextrose-Agar (PDA), die die Interaktionen 3 Tage (oben) und 9 Tage (unten) nach der Inokulation bei 30 °C zeigen; (f) Wurzelgallensymptome an Ingwer; (g, h) adultes und weibliches *Meloidogyne incognita* (Merscha & Ibarra-Bautista 2022).

quarantäneschadorganismus (UQSO). Daher besteht eine Meldepflicht für das Auftreten dieses Organismus, die für alle UQSO gilt. Wird das Vorhandensein eines UQSO festgestellt, müssen sofortige Maßnahmen ergriffen werden, um die Ansiedlung und weitere Ausbreitung zu verhindern. Auf Anordnung des zuständigen Pflanzenschutzdienstes sind Quarantänemaßnahmen zur Bekämpfung des Befalls umzusetzen, die erhebliche Einschränkungen für den Betrieb zur Folge haben können, wie die Vernichtung des befallenen Materials, Desinfektion/Reinigung und Anbauverbote. Dies ist insbesondere aufgrund der breiten Wirtspflanzenpalette im Gemüse- und Zierpflanzenanbau, der Fähigkeit des Bakteriums, im Boden zu überdauern, und der hohen Übertragbarkeit durch Wasser von Bedeutung.

**Bei jedem Verdacht eines Auftretens des Unionsquarantäneschädling ist der zuständige Pflanzenschutzdienst des Bundeslandes zu benachrichtigen und es sind Maßnahmen zu ergreifen, um eine Verschleppung zu verhindern.**

## Fusarium-Welke

Die *Fusarium*-Welke ist wahrscheinlich das schwerwiegendste Problem beim Ingweranbau. Pflanzen, die mit dem Pilz *Fusarium oxysporum* f. *zingiberi* infiziert sind, welken nicht so schnell wie bei der bakteriellen Welke. Stattdessen zeigen sie ein gestauchtes Wachstum und Vergilbung. Die unteren Blätter trocknen über einen längeren Zeitraum aus. Häufig finden sich gelbe, verkümmerte Triebe zwischen scheinbar gesunden, grünen Trieben. Im fortgeschrittenen Stadium breitet sich der Pilz im gesamten Gefäßsystem der unterirdischen Rhizome aus, wodurch die Pflanze schließlich

vollständig austrocknet. Die Rhizome zeigen eine cremebraune Verfärbung sowie eine auffällige schwarze, trockene Fäule des Gewebes der Rinde. Im Gegensatz zur bakteriellen Welke werden die Rhizome nicht weich und wasserdurchtränkt, und beim Anschneiden tritt kein bakterieller Schleim aus.

Die Krankheit kann bereits im ursprünglich gepflanzten Saatstück beginnen. Zudem wurde beobachtet, dass der Pilz leicht in verletzte, aber gesunde Saatstücke eindringt, wenn diese in kontaminiertem Boden gepflanzt werden. Dringt die Fäule in jüngere Rhizom-Abschnitte vor, zeigen

sich eingesunkene Stellen in der Rinde, was besonders bei infizierten Rhizomen während der Lagerung auffällt. Einmal im Boden, kann der Pilz über viele Jahre hinweg überdauern. Ingwer, der von einem *Fusarium*-Welke-Pilz kontaminierten Feld geerntet wird, kann ebenfalls infiziert sein, und wobei der Pilz das Rhizom-Gewebe auch während der Lagerung weiter zerstört.

## Pythium-Weichfäule

*Pythium graminicolum* kann eine Ursache für schweren Weichfäule-Befall bei Ingwer sein. Der Algenpilz wird vor allem über Pflanzstücke verbreitet und tritt besonders unter feuchten Bedingungen mit hohen Niederschlagsmengen und schlecht entwässerten Böden auf. Befallene Pflanzen zeigen eine Gelbfärbung, die leicht mit den Symptomen der *Fusarium*-Welke oder anderen Problemen wie Mineralstoffmangel verwechselt werden kann. *Pythium*-Weichfäule lässt sich vor allem an abgestorbenen Wurzeln und großflächigen Fäulniserscheinungen im Wurzelsystem erkennen.

## Wurzelgallennematode

Ingwer-Rhizome können stark mit *Meloidogyne*, dem Wurzelgallennematoden, infiziert werden. Obwohl Wurzelgallennematoden vor allem in Tropen und Südtropen weit verbreitet sind, können einige wenige Arten in den gemäßigten Breiten leben. Drei Arten von tropischen Wurzelgallenälchen (*M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*) kommen bei uns in Gewächshäusern vor. Gefährdet sind alle Kulturen unter Glas, insbesondere Gurken, Tomaten und Kopfsalat und natürlich Ingwer.

Der Nematode beeinträchtigt die Marktqualität der Ernte erheblich, zerstört jedoch normalerweise nicht die Rhizome. Anders als bei anderen Pflanzen bildet dieser Parasit bei Ingwer keine auffälligen Oberflächengallen, und die äußeren Symptome bleiben meist verborgen. Bei starken Infektionen erscheint die Rinde der Rhizome jedoch etwas uneben und rissig. Offensichtlich brechen die Oberflächengallen, wenn die weiblichen Nematoden die Reife erreichen, die Epidermis der Rhizome auf, wodurch die Oberfläche eine korkige Erscheinung annimmt. Wird die Korkschicht entfernt, zeigen sich kleine, kreisförmige, wassergetränkte, leicht bräunliche Läsionen. In diesen Läsionen befinden sich die ausgewachsenen weiblichen Nematoden. In stark befallenen Rhizomen sind diese wassergetränkten Bereiche unter der Epidermis zahlreich. Die Nematodenläsionen können als Eintrittspunkte für Bakterien und Pilze dienen, die ansonsten intaktes Gewebe nicht befallen könnten. Infolgedessen können die Rhizome während der Lagerung durch diese sekundären Organismen zerstört werden.

Die Verbreitung der Nematoden findet hauptsächlich durch das Vertragen von Erde, Jungpflanzen oder Ernteprodukten, durch verschmutzte Arbeitsgeräte und Traktorreifen statt. Es sollte vermieden werden, in Folientunneln mit einer Vorgeschichte von Nematodenbefall zu pflanzen.

## Pflanzenschutz

Bodenbürtige Krankheiten sind ein wichtiger limitierender Faktor in der Ingwerproduktion, und vorbeugende Maßnahmen gelten als die wirksamste Strategie zu deren Bekämpfung. Die zwei wichtigsten Techniken zur Krankheitsbekämpfung sind: 1) die Verwendung von gesundem Pflanzmaterial, um die Ausbreitung der bakteriellen Welkekrankheit, *Fusarium* und Nematoden zu verhindern, und 2) das Pflanzen in Feldern, die frei von Krankheiten sind. Darüber hinaus sind auch allge-

meine Hygienemaßnahmen wie die Desinfektion von Werkzeugen sinnvoll.

Im Allgemeinen wird empfohlen, eine 5-jährige Fruchtfolge einzuhalten. Gleichzeitig sollte es vermieden werden, Ingwer neben oder in Fruchtfolge mit Nachtschattengewächsen (Tomaten, Paprika, Auberginen) anzubauen.

Dennoch gibt es ein paar Pflanzenschutzmittel (auch im Bioanbau), die wirksam gegen die verschiedenen bodenbürtigen Krankheiten sein können:

- *Bacillus velezensis* gehört zur Gattung *Bacillus* und wird erfolgreich als Biokontrollmittel gegen *Ralstonia solanacearum* eingesetzt, den Erreger von Welkekrankheiten bei Tomaten.
- Eine Studie aus Indien untersuchte verschiedene Behandlungen gegen Weichfäule (*Pythium spp*) und deren Auswirkung auf die Keimung und den Ertrag. Die effektivste Behandlung war eine Bodenbehandlung mit Kupferoxychlorid (0,3 %).

## Bodenentseuchung

Anstatt Pflanzenschutzmittel gibt es auch die Möglichkeit, verschiedene Bodenentseuchungstechniken zu verwenden. Diese Techniken haben jedoch neben der gezielten Bekämpfung pathogener Organismen auch weitere, teils unerwünschte Effekte. Während schädliche Mikroorganismen erfolgreich abgetötet werden, können auch neutrale oder sogar nützliche Mikroorganismen negativ beeinträchtigt werden.

Die bekannteste Bodenentseuchungsmethode im Gartenbau ist das Dampfen. Dabei wird heißer Dampf in den Boden eingeleitet, wodurch unerwünschte Organismen wie Unkrautsamen, Pilze, Bakterien und Viren durch die Zerstörung ihrer Zellstrukturen abgetötet werden.

### Virginia State University, USA

Zwischen 2018 und 2020 wurden in der Agricultural Research Station in Virginia Labor- und Folientunnelstudien durchgeführt, um die Wirkung von Boden- und Behandlungen mit ausgewählten Biokontrollmitteln und Chemikalien zu bewerten. In-vitro-Tests mit Trichoderma-Präparaten zeigten vielversprechende Ergebnisse, sodass in Folge zwei Produkte im Folientunnel getestet wurden. Neben den Trichoderma-Präparaten RootShield® WP (Wirkstoff: *Trichoderma harzianum* Rifai Stamm T-22) und RootShield® Plus WP (Wirkstoffe: *T. harzianum* Stamm T-22 und *T. vi-*

*rens* Stamm G-41) kamen auch andere Chemikalien (nicht im Bio zugelassen) zum Einsatz. Zum einen ein Insektizid/Nematizid (Vydate®) und ein Desinfektionsmittel (10 % Clorox). Alle fünf Produkte wurden zweimal angewendet: im und um den Rhizosphärenbereich im Boden 2–3 Wochen vor der Pflanzung und erneut 3 Wochen nach der Pflanzung.

Alle Biokontrollmittel und Chemikalien reduzierten die Schwere der Gelbfärbung und Rhizomfäule signifikant im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Der Ertrag hingegen war nur in einem der Versuche bei RootShield® Plus signifikant höher als bei der Kontrolle.

Dieses Verfahren führt zu einer teilweisen Entkeimung, da hitzebeständige, sporenbildende Bakterien den Boden nach der Abkühlung wieder besiedeln und so zur Wiederherstellung des mikrobiellen Gleichgewichts beitragen. Dampfen ist im Bio nur im geschützten Anbau erlaubt. Die Bodenentseuchung mit Dampf ist jedoch eine kostspielige Methode, sowohl in Bezug auf die Energiemenge als auch auf Arbeitskräfte. Sie sollte die zuletzt eingesetzte Maßnahme bleiben.

Bodensolarisation ist eine andere Möglichkeit, um den Boden nach Befall zu entseuchen. Die Solarisation wird vor der Pflanzung und während langer, trockener Sonnenstunden durchgeführt. Dabei wird der Boden bis zur Sättigung befeuchtet und anschließend mit einer transparenten Polyethylenfolie abgedeckt, um ihn für 5 bis 6 Wochen der direkten Sonneneinstrahlung auszusetzen. Diese Methode ist besonders für kleinere Anbausysteme geeignet.

Die Verwendung ätherischer Öle zur Abtötung oder Unterdrückung eines Krankheitserregers wird als Biofumigation bezeichnet. Ihr Wirkungsprinzip beruht auf der Verwendung von Gründüngungspflanzen, die einen hohen Gehalt an Glukosinolaten aufweisen, wie Brassicaceae, oder ätherische Öle, wie Minze, Palmarosa, Citronella und Zitronengras. Wenn diese Pflanzen etwa zwei bis drei Monate vor der Bepflanzung in den Boden eingearbeitet oder dort angebaut werden, zersetzen sie sich und setzen essenzielle Öle frei, die für den im Boden vorhandenen Krankheitserreger giftig sind. Im Rahmen des Abbauprozesses der Brassicaceae findet eine Umwandlung der Glukosinolate in Isothio- und Thiocyanate statt. Die gasförmigen Substanzen werden von bestimmten Bodenorganismen als Giftstoffe aufgenommen. Eine Studie in den Jahren 2019 und 2020 in Äthiopien zeigte, dass die Bodenbehandlung mit Biofumiganten, insbesondere Zitronengras, die Krankheitsstärke deutlich reduzierte und den Rhizomertrag um etwa 50 % steigern konnte.

## Ernte

Ingwer wird in gemäßigten Zonen in der Regel von Mitte/Ende September bis November/Dezember geerntet. Die Blätter beginnen sich braun zu verfärben, wenn die Temperaturen sinken und Frost auftritt. Die Pflanzen können so lange im Boden bleiben, wie sich noch ein paar Zentimeter Grün über dem Rhizom befindet. Sobald das Grün vollständig abgestorben ist, sollten die Pflanzen aus dem Boden geholt



Abbildung 29: Gehäufelter Ingwer mit Grabgabel ernten (Sideman 2017).



Abbildung 30: Frisch und gewaschener Ingwer, bereit für den Verkauf (Sideman 2017).



Abbildung 28: Schrittweise Ernte von Ingwer (© Klaus Schmid).

werden. Viele ernten jedoch früher, um sicherzustellen, dass der Frost das Rhizom nicht erreicht und beschädigt.

Kommerzielle Ingwerproduzenten im Pazifikraum schneiden das Pflanzenlaub zwei bis drei Wochen vor der Ernte von jungem Ingwer zurück, um die Entwicklung einer Schutzschicht zwischen Rhizom und Pseudostamm zu fördern. Dadurch werden Verletzungen des Produkts während der Ernte und der Verarbeitung minimiert. Bei einem Anbau in Folientunneln ist dies möglicherweise nicht erforderlich, da sorgfältige Handhabung des jungen Ingwers und der sofortige Verkauf potenzielle Schäden minimieren.

Die Pflanzen werden mit einer Grabegabel aus dem Boden gezogen, wobei darauf geachtet werden sollte, die empfindliche Schale des Rhizoms nicht zu beschädigen. Die Pflanzenspitzen werden mit einem Messer abgeschnitten und die Wurzeln werden gewaschen, um die Erde zu entfernen. Junger Ingwer wird manchmal mit 15–20 cm Stängeln und Blättern verkauft, die noch an den Rhizomen hängen.

Aufgrund der Tatsache, dass Ingwer über einen Zeitraum von mehreren Wochen ohne Beeinträchtigungen

in der Erde verbleiben kann, ist es empfehlenswert, die Ernte jedes Beets nach und nach durchzuführen. Es wird empfohlen, jede Woche die Menge zu ernten, die verkauft werden kann, bis keine Ingwerwurzeln mehr vorhanden sind. Viele ernten am Tag des Marktes bzw. der Lieferung oder am Tag davor.

Die Erträge reichen von 2 bis 5 kg/m<sup>2</sup>, je nach Erntezeitpunkt und Standort. Bei früheren Ernten werden im allgemeinen geringere Erträge erzielt. In einem Versuch in New Hampshire, USA, konnte zwischen dem 1. September und dem 1. November eine Verdoppelung der Erträge beobachtet werden. Die Ernte von Ingwer, der in Hochtunneln angebaut wurde, erbrachte am 1. September bei frühzeitiger Wärme einen Ertrag von 221 g pro Pflanze gegenüber einem Ertrag von 466 g pro Pflanze. Die zu einem späteren Zeitpunkt geernteten Rhizome waren größer sowie attraktiver im Vergleich zu den früher geernteten. Es ist jedoch hinzuweisen, dass diese Erträge niedrig sind und man sonst auch bis zu 1 kg/Pflanze erwarten kann. Die Botschaft lautet trotzdem, spät zu ernten, um den Ertrag zu maximieren, und nur das zu ernten, was für die frühen Märkte bestimmt ist. Es kann sich auch lohnen, einen höheren Preis für „frühen“ jungen Ingwer zu verlangen, da dies zu einem geringeren Gesamtertrag führt.

## Entfernung des Mutterrhizoms

Die Entfernung des Mutterrhizoms, auch Mau-Extraktion genannt, ist eine uralte Praxis in Sikkim und Dar-

jeeling. Fast alle Landwirt:innen in Sikkim und Darjeeling verwenden einen höheren Saatgutanteil. Ende Mai oder Juni, wenn die Ingwerpflanze 60 Tage alt ist oder 3–4 Blätter hat, entfernen die Landwirt:innen das Mutterrhizom und lassen das gekeimte Stück Rhizom in der Erde. Das entfernte Mau wird auf dem lokalen Markt verkauft. Man geht davon aus, dass diese Praxis dem sich entwickelnden Rhizom ausreichend Platz bietet und die Landwirt:innen trotz der minderen Qualität des Rhizoms aufgrund des Preisvorteils außerhalb der Saison ein Einkommen erzielen. Dies ist ein Grund für die Anpflanzung eines großen Mutterrhizoms oder einer hohen Saatgutmenge. Fünfzehn Tage nach der Mau-Extraktion wird noch einmal gehäufelt und gedüngt.

## Lagerung

Junger Ingwer ist weniger lagerfähig als reifer Ingwer, weil er einen höheren Wassergehalt und eine dünnere, empfindlichere Schale hat. Diese Eigenschaften machen ihn anfälliger für Austrocknung, Schrumpfung und mikrobielle Infektionen. Reifer Ingwer hingegen hat eine dickere, härtere Schale, die ihn besser vor Feuchtigkeitsverlust und äußeren Einflüssen schützt. Zudem enthält reifer Ingwer mehr Faseranteile, die seine Struktur stabilisieren und die Haltbarkeit verlängern.

Die idealen Lagerbedingungen von jungem Ingwer sind noch nicht geklärt. Dazu gibt es einen Versuch aus den USA und einen aus der Steiermark.

### University of Delaware, USA

Die Verlängerung der Haltbarkeit von Baby-Rhizomen wurde durch verschiedene Behandlungsmethoden untersucht, darunter Temperatur- und Feuchtigkeitskombinationen (4 °C, 10 °C, 50 % relative Luftfeuchtigkeit, 95 % relative Luftfeuchtigkeit und Raumbedingungen), Waschmethoden (nicht waschen, Wasser, Peroxyessigsäure und Wasserstoffperoxid), Lagerarten (Ziplock-Beutel, vakuumversiegelte Beutel, Behälter und Sandeinlagerung) sowie die Zugabe von absorbierenden Polymeren. Die bewerteten Parameter umfassten die Konzentration von Phyto-komponenten der gesamten Pflanze, physikalische und qualitative Merkmale des gelagerten Ingwers sowie Lagerpathogene.

Die Ergebnisse der Manipulation des Lagerumfelds von jungen Rhizomen zeigten, dass **4 °C und 95 %**

**relative Luftfeuchtigkeit (RH) vorteilhaft waren, um das Gewicht der zarten, unreifen Rhizome zu erhalten**, die Dichte beizubehalten, einen höheren TPC (gesamter phenolischer Gehalt) zu sichern und die geringsten Pathogenwerte aufzuweisen. Peroxyessigsäure hatte nur einen begrenzten Einfluss auf die Ingwerlagerung. Vakuumversiegelte und Ziplock-Tüten hatten einen positiven Effekt auf die Gewichtserhaltung, während Behälter und Sand die Rhizom-dichte erhöhten, den TPC steigerten und die Pathogenwerte senkten. Die Zugabe von absorbierenden Polymeren hatte weder Einfluss auf die Gewichtänderung noch auf den Pathogenwert, verringerte jedoch die Dichte und den TPC-Gehalt. Kombinationen, die die längste durchschnittliche Lagerdauer ermöglichen, umfassten ein Lagerumfeld mit 4 °C und 95 % RH (41 Tage), das Waschen mit Wasser (38 Tage) und die Verwendung von leeren Behältern oder die Integration von Sand (38 Tage), unabhängig von der Zugabe von Polymeren.

## Auswirkungen unterschiedlicher Lagervarianten auf die Haltbarkeit von steirischem Ingwer

Bachelorarbeit von Anna Derler  
(Nachhaltiges Lebensmittel – FH JOANNEUM)

Ingwer zählt zu den wichtigsten und am häufigsten verwendeten Gewürzen weltweit und hat seinen Ursprung in den feuchtwarmen Tropen in Mittel- und Südostasien. Seit einigen Jahren gibt es Versuche, Ingwer auch in Österreich, zum Beispiel im Burgenland, Wien und der Steiermark anzubauen. Dies passiert meist in ungeheizten Folientunneln. Auch in der Versuchsanstalt für Spezialkulturen in Wies wird mittlerweile Ingwer erfolgreich angebaut. Die Vegetationszeit des Ingwers ist durch die vorherrschenden Klimabedingungen in der Steiermark kürzer als in den ursprünglichen Herkunftsregionen des Ingwers. Dadurch bildet er keine feste Rinde aus und ist nicht so lange haltbar. Aus diesem Grund wird er in Österreich meistens als Saisonprodukt im Herbst verkauft. Ziel der Bachelorarbeit war es, herauszufinden, unter welchen Bedingungen steirischer Ingwer am besten gelagert werden kann und welche Auswirkungen unterschiedliche Lagerbedingungen auf die Rhizome haben. In Zusammenarbeit mit der Versuchsstation für Spezialkulturen in Wies als

bei allen drei Lagervarianten nicht gesteuert werden. Zur Analyse der Unterschiede wurden die Rhizome wöchentlich gewogen und fotografisch dokumentiert. Des Weiteren wurde alle zwei Wochen der aw-Wert stichprobenartig ermittelt.

Bei den Ingwerrhizomen, welche im Erdkeller gelagert wurden, war bereits nach vier Wochen erster Schimmel an den Bruchstellen sichtbar. Von einer Stichprobe (sechs Rhizome) wurde ein Abklatsch auf Nährmedien gemacht und mikrobiologisch analysiert. Von einigen Kolonien wurden Reinkulturen hergestellt, die einer Gram-Färbung unterzogen wurden. Die mikrobiologische Analyse kam zu dem Ergebnis, dass zahlreiche unterschiedliche Mikroorganismen auf den Ingwerrhizomen vorherrschend waren, darunter morphologisch unterschiedliche Gattungen von Schimmelpilzen, sowie verschiedene gramnegative Stäbchenbakterien.

Die aw-Wert-Messungen zeigten keine signifikante Änderung des aw-Wertes über die Dauer der Lagerversuche. Dieser Parameter hat folglich nur eine untergeordnete Bedeutung bei der Lagerung von frischem steirischem Ingwer.

Die Auswertung der Gewichtsdocumentation stellt einen zentralen Teil dieser Arbeit dar. Für jede Lagervariante wurden die Daten zuerst separat statistisch



Abbildung 31: Rhizome der Lagervariante „Erdkeller“ mit Schimmel (© Anna Derler).

Auftraggeber der Bachelorarbeit wurden drei unterschiedliche Lagerbedingungen erarbeitet und Lagerversuche durchgeführt:

Zuerst wurden alle Rhizome bei durchschnittlich **20,8 °C** und **66,6 % Luftfeuchtigkeit** für sieben Tage gelagert, um das sogenannte „**Curing**“ durchzuführen. In weiterer Folge wurde der Ingwer für acht Wochen bei durchschnittlich **16,6 °C im Klimaschrank**, **10,7 °C im Kühlschrank** und **13,4 °C im Erdkeller** gelagert. Bei der Lagervariante im Klimaschrank ergab sich eine Luftfeuchtigkeit von 57,8 %, im Kühlschrank wurden 43,9 % erreicht und im Erdkeller war eine Luftfeuchtigkeit von 85,5 % vorherrschend. Die Luftfeuchtigkeit konnte

ausgewertet und im Anschluss die Daten der unterschiedlichen Varianten verglichen. Dabei zeigte sich, dass der absolute und auch der relative Gewichtsverlust der Rhizome bei der Lagervariante im Kühlschrank am größten war. Den geringsten Verlust hatten die Rhizome, die im Erdkeller gelagert wurden. Diese Ergebnisse korrelieren auch mit den vorherrschenden Werten der Luftfeuchtigkeit. Diese war bei der Lagervariante im Erdkeller mit durchschnittlich 85,5 % am höchsten und im Kühlschrank mit 43,9 % am niedrigsten. Je höher die Luftfeuchtigkeit war, desto geringer war der Gewichtsverlust der Rhizome. Der Gewichtsverlust der Rhizome war in den ersten sieben Tagen, während des sogenannten „Curing“ mit durchschnittlich 16,7 % am höch-



sten. Ab der Aufteilung auf unterschiedliche Lagervarianten betrug der wöchentliche Gewichtsverlust je nach Lagervariante zwischen 1,9 % und 4,4 %. Eine Korrelationsanalyse ergab einen positiven Zusammenhang zwischen dem Anfangsgewicht der Rhizome und dem absoluten Gewichtsverlust. Zwischen dem Anfangsgewicht und dem relativen Gewichtsverlust konnte keine Korrelation festgestellt werden.

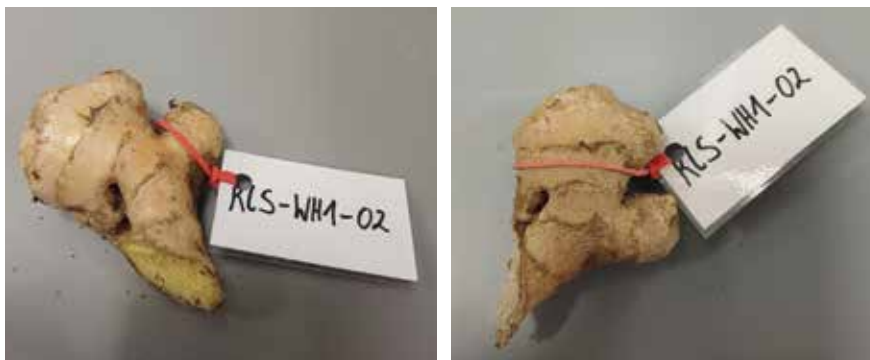


Abbildung 32: Ingwerhizom direkt nach der Ernte und nach 8 Wochen Lagerung im Klimaschrank (© Anna Derler).

Die sensorische Auswertung über die Lagerdauer und speziell am Ende der Lagerzeit ergab, dass die Bruchstellen der Rhizomen gut angetrocknet sind und die glatte leicht rosarote Haut sich über die Lagerung in eine bräunliche-graue Rinde verwandelte. Des Weiteren ist der Feuchtigkeitsverlust bei allen Rhizomen sichtbar. Vor allem bei der Lagervariante im Klimaschrank konnte bei einigen Rhizomen beobachtet werden, dass die schon zu Beginn der Lagerung vorhandenen Knospen bis zum Ende deutlich ausgetrieben hatten. Vereinzelt trat dieser Effekt auch bei der Lagervariante „Erdkeller“ und „Kühlschrank“ auf. Wie zuvor erwähnt trat bei allen Rhizomen der Lagervariante „Erdkeller“ Schimmel auf. Dies war bei den anderen beiden Lagervarianten nicht der Fall. Bei allen Lagervarianten konnte bei einigen Rhizomen ein Zusammenziehen der äußeren Rinde beobachtet werden. Der Effekt war bei Rhizomen der Lagervariante „Kühlschrank“ am deutlichsten ausgeprägt.

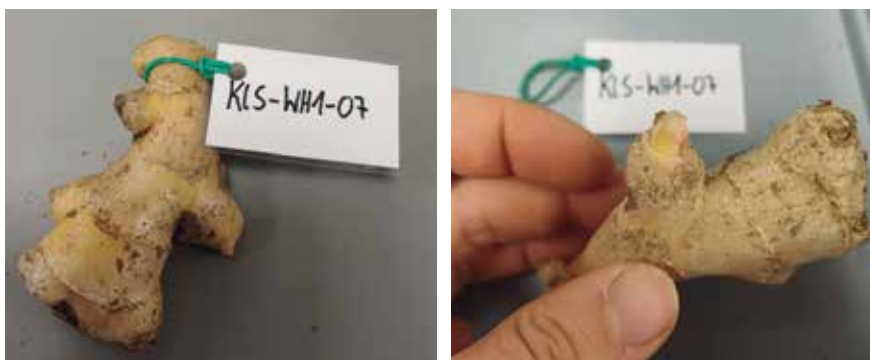


Abbildung 33: Rhizom zu Beginn der Lagerung und Auswuchs am Ende der Lagerung (© Anna Derler).

Die Lagerversuche zeigten, dass die Rhizome bei der Lagervariante im Erdkeller zu schimmeln begannen, jedoch den geringsten Gewichtsverlust aufwiesen. Im Gegensatz dazu trieben die Rhizome bei der Lagervariante im Klimaschrank am häufigsten aus. Bei der Lagervariante im Kühlschrank wiesen die Rhizome den

höchsten Gewichtsverlust und dadurch ausgelöst die größte Anzahl an Exemplaren mit zusammengezogener Rinde auf. Zusammengefasst kann die Forschungsfrage nach der besten Lagermethode damit beantwortet werden, dass die Bedingungen bei der Lagervariante „Erdkeller“ in Bezug auf den Gewichtsverlust am besten geeignet wären.

Weiterführende Lagerversuche könnten einerseits mit noch jüngerem frischem Ingwer durchgeführt werden, sowie auch in Klimaschränken, in denen die Luftfeuchtigkeit und Temperatur gesteuert werden können. Des Weiteren ergab sich durch den auftretenden Schimmel die Frage, wie die mikrobiologische Belastung in Erdkellern verringert werden könnte, um diese als Lagerräume geeigneter zu machen.

## Interview mit Klaus Schmid von „der Klauserei“



### Können Sie sich und Ihren Betrieb kurz vorstellen?

Wir sind eine kleine Vielfaltsgärtnerei im Bezirk Baden und

beschäftigen uns seit 2017 mit dem Anbau von Ingwer und anderen noch eher hier unbekanntem Kultur- und Wildpflanzen.

### Welche exotischen Rhizome bauen Sie an, und welche Erfahrungen haben Sie damit gemacht?

Wir kultivieren Ingwer, Myoga und Curcuma. Ingwer ist bei unseren Kunden sehr beliebt, Curcuma wird eher seltener gekauft. Beide Kulturen brauchen spezielle Bedingungen und sind nur sehr schwer mit anderen Pflanzen in Mischkultur zu setzen. Aber eigentlich sind sie sehr pflegeleicht.

### Wie ziehen Sie Ingwer-Jungpflanzen heran, und welche Tipps können Sie aus Ihrer Erfahrung weitergeben?

Die Rhizome werden 2–3 Tage in Wasser getränkt und dann in einem Mix aus Aussaaterde und Vermiculite in Pikierkästen gepflanzt. Das Substrat wird auf 26 °C aufgeheizt und nicht gegossen, bis es trocken ist. Erst dann wird wieder gegossen. Und dieses Austrocknen und Gießen wiederholt man so oft bis die Rhizome austreiben. Danach regelmäßig feucht halten.

### Welche Pflanzen haben Sie zusammen mit Ingwer im Mischkultursystem angebaut, und welche Erfahrungen haben Sie damit gemacht?

Wir haben über die Jahre festgestellt, dass eine Mischkultur nicht sinnvoll ist. Ingwer erzielt bei optimalen Bedingungen spitze Erträge. Wobei bei einer Mischkultur beide Partner nur mäßige Erträge erbringen. Es passt nur eine Kultur dazu, die aus denselben klimatischen Bedingungen kommt wie Ingwer.

### Wie sorgen Sie im Tunnel für die optimale Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Schattierung der Ingwerpflanzen?

Wir schattieren die Tunnel innen mit einem 70 % Netz. Mit Mikrosprinklern erzeugen wir die hohe Luftfeuchtigkeit und mit einer Tröpfchenbewässerung kann zusätzlich bewässert werden.

### Welche Düngemittel verwenden Sie, und in welchen Mengen düngen Sie Ingwer?

Wir verwenden nur Kompost. Im August wird es nochmal mit Kompost angehäufelt.

### Wie organisieren Sie die Ernte von Ingwer, und wie lange dauert Ihr Erntefenster?

Bei guter Kulturführung kann ab Mitte bis Ende September geerntet werden. Und bis zu den ersten Frösten sollten die Rhizome abgeerntet sein. Die Rhizome werden ausgestochen, die Wurzeln entfernt, das Grün auf ein paar Zentimeter gekürzt und dann bei starker Verschmutzung als erstes getränkt und dann mit einem Wasserstrahl abgespritzt.



Abbildung 34: Reifer und frischer Ingwer (© Klaus Schmid).

### Wie verarbeiten Sie die verschiedenen Teile der Ingwerpflanze und andere Rhizome nach der Ernte?

Die Rhizome verarbeiten wir zu Sirupen oder dörren sie. Sie können auch in Honig eingelegt werden. Die Blätter und Stängel können getrocknet werden und finden als Tee oder Suppeneinlage Verwendung.

## Quellen

Bordelon, Michael & Kress, John. (2005). Tropical Ginger Cultivation in North American Temperate Climes. *Sibbaldia: The International Journal of Botanic Garden Horticulture*. 83-91. 10.24823/Sibbaldia.2005.114.

Ernst, M., and K. Durbin (2019). Ginger and Turmeric. CCD-CP-138. Lexington, KY: Center for Crop Diversification, University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment. Available: [http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu/ccd/files/ginger\\_turmeric.pdf](http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu/ccd/files/ginger_turmeric.pdf)

Erickson, W. and Sawtzky A. (2023). Exploring Production Practices and Market Potential of Baby Ginger in Temperate Climates. *Journal of the NACAA*, 16(1).

Fornefeld, Eva; Glenz, René; Kaminski, Katrin (2023). *Ralstonia pseudosolanacearum*. Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit.

GOPI, R., KALITA, H., & AVASTHE, R. K. (2016). Organic management of soft rot of ginger (*Zingiber officinale*) in Sikkim Himalayan region. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 86(12), 1586–90. <https://doi.org/10.56093/ijas.v86i12.65453>

- Hawaii Clean Seed. <http://www.hawaiianorganicginger.com/planting-and-hilling>
- Hedrich, Tino; Rascher, Birgit (2018). Ingweranbau im Gewächshaus erfolgreich – 4kg/m<sup>2</sup> Ertrag möglich. Versuchsbetrieb für Gemüsebau Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau.
- Hedrich, Tino; Rascher, Birgit (2021). 4 kg frischer Ingwer pro m<sup>2</sup> Folientunnel sind möglich. Versuchsbetrieb für Gemüsebau Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau.
- Hedrich, Tino; Rascher, Birgit (2021). Drei Jahre Ingwer ohne Flächenwechsel im geheizten Gewächshaus. starke Ertragsrückgänge von 640 g/Pflanze auf 191 g/Pflanze. Versuchsbetrieb für Gemüsebau Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau.
- Hedrich, Tino; Rascher, Birgit (2021). Für die Anzucht von Ingwerpflanzen eignet sich Substrat für die N-Aufdüngung. Versuchsbetrieb für Gemüsebau Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau.
- Julius Kühn-Institut (2023). Visuelle Kontrolle zur Feststellung der Symptomatik von *Ralstonia pseudosolanacearum* an Ingwer- und Kurkuma-Rhizomen. [https://pflanzengesundheit.julius-kuehn.de/dokumente/upload/Ralstonia-pseudosolanacearum\\_VisKontr.pdf](https://pflanzengesundheit.julius-kuehn.de/dokumente/upload/Ralstonia-pseudosolanacearum_VisKontr.pdf)
- Lashley, W. E., IV, Yang, G., & Robinson, J. (2024). Comparative Study of Ginger Cultivars under Shading Conditions in a High Tunnel. *HortScience*, 59(10), 1451-1456. Retrieved Dec 18, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI18024-24>
- Li, H., Rafie, R., Xu, Z., & Siddiqui, R. A. (2022). Phytochemical profile and anti-oxidation activity changes during ginger (*Zingiber officinale*) harvest: Baby ginger attenuates lipid accumulation and ameliorates glucose uptake in HepG2 cells. *Food Science & Nutrition*, 10, 133–144. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2654>
- Marsh, L., Hashem, F. and Smith, B. (2021). Organic Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) Development in a Short Temperate Growing Season: Effect of Seedling Transplant Type and Mycorrhiza Application. *American Journal of Plant Sciences*, 12, 315-328. <https://doi.org/10.4236/ajps.2021.123020>
- Merga, Jibat & Shamil, Alo (2022). Management of ginger bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) epidemics by biofumigation at Tepi, southwestern Ethiopia. In: *Pesticidi i fitomedicina*, 37 (1), 21-27. <https://doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=1820-39492201021J>
- Mersha, Z.; Ibarra-Bautista, M.A. Evaluation of Selected Biological and Chemical Treatments against Soil-Borne Diseases of Ginger in High Tunnel Production. *Horticulturae* 2022, 8, 870. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100870>
- Msabila, Shem Elias (2023). Examination of the potential of ginger (*Zingiber officinale*) cultivation in the state of Delaware in the mid-Atlantic region of the United States. Thesis submitted to the University of Delaware.
- Nelson, Scott (2013). Bacterial Wilt of Edible Ginger in Hawai'i. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawai'i at M noa.
- Rahman, H; Karuppaiyan, R; Kishore, K; Denzongpa, R (2009). Traditional Practices of ginger cultivation in Northeast India. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 8 (1), 23-28.
- Saravanakumar, D. 2021. A guide to good agricultural practices for commercial production of ginger under field conditions in Jamaica. Kingston, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb3365en>
- THANKAMANI, K V PETER, K. K. K. S. C. K. (1996). Agronomy of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) a review. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 5(1), 01–27. Retrieved from <https://www.updatepublishing.com/journal/index.php/josac/article/view/4369>
- Trujillo, E.E. (1964). Diseases of Giner (*Zingiber officinale*) in Hawaii. Circular 62, Hawaii Agricultural Experiment Station. University of Hawaii.
- Valenzuela, H. 2011 (revised). Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Ginger (*Zingiber officinale*). In: Elevitch, C.R. (ed.). *Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry*. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawai'i. <http://agroforestry.net/scps>
- Vivar, Sofia Jesus Flores (2019). Environmental Conditions, Cultivar and Propagation Material affect Rhizome Yield and Postharvest Quality of Ginger (*Zingiber Officinale* rosc.), Galangal (*Alpinia Galanga* linn.) and Tumeric (*Curcuma* spp.). Thesis, University of Florida.
- Zhao, X.; Yu, S.; Wang, Y.; Jiang, D.; Zhang, Y.; Hu, L.; Zhu, Y.; Jia, Q.; Yin, J.; Liu, Y.; et al. Field Performance of Disease-Free Plants of Ginger Produced by Tissue Culture and Agronomic, Cytological, and Molecular Characterization of the Morphological Variants. *Agronomy* 2023, 13, 74. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010074>

*bio*  
*net*

[www.bio-net.at](http://www.bio-net.at)