

Ein Grundnahrungsmittel wird hergestellt: Das Brot

von

Ralph Demant

Für die Initiative

Gute Lebensmittel Frankfurt



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Einleitung | 4 |
| 1. Der Boden..... | 5 |
| 1.1. Die Düngung | 6 |
| 1.2. Die Bodenbearbeitung | 7 |
| 2. Das Saatgut..... | 9 |
| 2.1. Hybridsaatgut | 10 |
| 2.2. Samenfestes Saatgut | 11 |
| 2.3. Gentechniksaatgut | 11 |
| 2.3.1. Klassische Gentechnik | 11 |
| 2.3.2. Genomeditierung | 12 |
| 2.4. Biosaatgut..... | 12 |
| 2.4.1. Der Herstellungsprozess..... | 13 |
| 2.4.2. Das Saatgutbehandlungsverfahren | 13 |
| 3. Das Getreide | 14 |
| 3.1. Schutz vor Pilzen..... | 14 |
| 3.2. Schutz vor tierischen Schädlingen..... | 14 |
| 3.3. Schutz vor Unkräutern..... | 15 |
| 3.3.1. Chemische Unkrautvernichter | 15 |
| 3.3.2. Biologische Unkrautvernichter | 16 |
| 3.3.3. Mechanische Unkrautvernichtung..... | 16 |
| 3.3.4. Fruchtfolgen | 17 |
| 3.4. Schutz vor Unwetter..... | 17 |
| 3.5. Lagerung | 18 |
| 4. Das Mehl..... | 18 |
| 4.1. Der Herstellungsprozess..... | 19 |
| 4.2. Das Vollkornmehl | 19 |
| 4.3. Das Typenmehl | 20 |
| 4.4. Die Zusatz- und Hilfsstoffe | 20 |
| 5. Das Brot | 20 |
| 5.1. Die Teigführung | 21 |

| | | |
|--|----------------------|----|
| 5.1.1. | Die Hefe | 21 |
| 5.1.2. | Der Sauerteig | 22 |
| 5.1.3. | Der Gärprozess | 22 |
| 5.1.4. | Backmittel | 22 |
| 5.2. | Das Backen | 23 |
| Anhang: Vererbung bei Hybriden Saatgut | | 24 |

Einleitung

Brot ist ein Grundnahrungsmittel. Deshalb wird es in großen Mengen hergestellt und erfordert somit auch den Einsatz von vielen Ressourcen. Weil Brot ein Grundnahrungsmittel ist, sollte es auch für alle Menschen erschwinglich sein. Allerdings gibt es eine hohe Preisspanne für Brot.

Ein Brot kann aus wenigen Zutaten hergestellt werden. Es kann bereits aus den Zutaten Wasser, Mehl und Salz produziert werden. Wie erklären sich dann jedoch die großen Preisunterschiede beim Brot?

Wenn es auch Unterschiede beim in der Produktion von Brot eingesetzten Wasser und Salz geben mag, werden in diesem Aufsatz diese Bestandteile nicht weiter berücksichtigt.

Das zur Herstellung des Grundnahrungsmittels verwendete Mehl wird aus Getreide gewonnen. Damit das Getreide geerntet werden kann, muss dieses zuvor angepflanzt werden. Hierfür wird Saatgut benötigt. Das Saatgut wiederum wird auf landwirtschaftlich genutztem Boden ausgebracht.

Die genannten Komponenten (Boden, Saatgut, Getreide, Mehl und Brot) ergeben die Struktur für diesen Aufsatz. Dieser soll verdeutlichen, welche Entscheidungen die beteiligten Produzent*innen, wie der*die Landwirt*in oder der*die Bäcker*in, treffen müssen, damit am Ende das Brot dem*der Konsumenten*in angeboten werden kann.

1. Der Boden

Damit Getreide für das Mehl angepflanzt werden kann, muss nur ein Stück Boden von sonstigen Dingen wie unerwünschten Pflanzen und Steinen befreit werden. Darauf werden dann Getreidekörner gestreut und einige Zeit später kann dann das Getreide geerntet werden. In etwa so kann es gewesen sein, als der Mensch sesshaft wurde und angefangen hat, Ackerbau zu betreiben.

Heute jedoch ist der Anbau von Getreide etwas komplexer. Dies liegt u. a. daran, dass auf einer begrenzten Fläche möglichst viel angebaut und geerntet wird. Der zur Verfügung stehende Acker wird also intensiver genutzt. Dieses bringt aber besondere Herausforderungen mit sich.

Nicht jeder Boden ist für den Anbau von Lebensmitteln geeignet. Von der weltweiten Festlandoberfläche steht etwa ein Drittel nicht für die Landwirtschaft zur Verfügung. In diesem Drittel ist die Oberfläche zu kalt oder mit Schnee und Eis bedeckt oder sie ist zu trocken. Ein weiteres knappes Drittel ist mit Wald bedeckt. Somit steht überhaupt nur etwas mehr als ein Drittel der Festlandoberfläche für die Produktion von Lebensmitteln zur Verfügung. Von diesem Drittel ist ein Teil von Straßen und Häusern bebaut oder es wird für den Abbau von Bodenschätzen genutzt. Vom Rest schließlich wird ein Teil für die Produktion von Getreide verwendet.

Ein naheliegender Ansatz für die Bewirtschaftung des Ackers besteht darin, dass der Boden bezüglich des Wachstums von Pflanzen für Lebensmittel optimiert wird. Hierfür wird der Boden gedüngt. Seit dem 2. Weltkrieg wird dabei verstärkt Industriedünger eingesetzt.

Der Boden hat jedoch nicht nur die Funktion, eine gute Grundlage für das Wachstum ausgewählter Pflanzen bereitzustellen. Diese Funktion müsste zudem berücksichtigen, dass der Boden auch dauerhaft Nährstoffe für das Wachstum der Pflanzen zur Verfügung stellt. Eine weitere Funktion, die der Boden ausübt, ist die Aufnahme von Regenwasser und seine Filtertätigkeit in Bezug auf „sauberes“ Grundwasser. Zudem bietet er Lebensraum und Nahrung für unzählige Mikroorganismen, Pflanzen- und Tierarten. Damit regelt er auch den Kreislauf von Leben und Tod.

Welche Möglichkeiten hat aber der*die Landwirt*in, auf den Boden einzuwirken, damit dieser seine genannten Funktionen erfüllen kann? Eine besteht darin, wie oben bereits erwähnt, dem Boden Nährstoffe durch Düngung zuzuführen. Eine zweite Möglichkeit ist, den Boden zu bearbeiten.

1.1. Die Düngung

Wichtige Nährstoffe für die Pflanze, die der Boden bereitstellen muss, sind u. a. Stickstoff, Phosphor und Kali. Die vielleicht einfachste Möglichkeit, dem Boden diese Stoffe zuzuführen, ist die Ausbringung von Kunstdünger. Der Stickstoff im Dünger kann u. a. mittels Erdgas hergestellt werden. Für Dünger, der Phosphor enthält, wird Phosphat benötigt. Dieses kann abgebaut werden. In den Ländern China, USA, Marokko, Russland und Tunesien gibt es große Phosphatvorkommen. Auch das Kali kann abgebaut werden. Große Vorkommen davon gibt es u. a. in Deutschland. Dort wird es seit der Mitte des 19. Jahrhunderts abgebaut. Damit Kunstdünger hergestellt werden kann, müssen also die dafür notwendigen, endlichen Rohstoffe zunächst abgebaut bzw. hergestellt werden. Dann müssen sie, zum Teil über große Entfernungen, zu den Produktionsstätten transportiert werden. Dort wird der Dünger dann hergestellt und landet schließlich bei den Landwirt*innen.

Im Gegensatz zu dem oben beschriebenen Kunstdünger kann auch organisches Material zum düngen genutzt werden. Der organische Dünger kann aus der Tierhaltung oder dem Pflanzenanbau gewonnen werden.

Die tierischen Ausscheidungen (Kot und Urin) werden als Gülle bezeichnet. Sind zu den Ausscheidungen noch weitere Einstreuelemente (z. B. Stroh) vorhanden, dann handelt es sich um Mist. Die Sickersäfte aus dem Misthaufen bestehen aus Urin und evtl. (Regen-) Wasser. Dieser Saft ist die Jauche. Im organischen Dünger aus der Tierhaltung sind die wichtigen Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kali für die Pflanze enthalten. Je nach Nutztier unterscheidet sich dabei der Nährstoffgehalt.

Der Mist kann auch kompostiert werden. Das heißt, der Mist wird gelagert und verrottet dadurch, u. a. mittels Sauerstoff, zu Kompost. Kompost kann auch aus Pflanzenresten (Grünschnitt) und Bioabfällen hergestellt werden. Die Kompostierung wird auch industriell betrieben. Hierbei wird der Verrottungsprozess durch höhere und in etwa gleichbleibende Temperaturen erreicht.

Eine weitere Möglichkeit, dem Boden Nährstoffe zuzuführen, ist die Gründüngung. Bei dieser Art der Düngung werden Samen von Pflanzen ausgesät, die aus den Tiefen des Bodens Nährstoffe aufnehmen und mittels Stickstoff aus der Luft in Nitrat umwandeln und in den Blättern und Wurzeln speichern. Diese Pflanzen werden dann gemäht und in den Boden eingearbeitet. Damit werden dann die gespeicherten Nährstoffe an den Boden abgegeben. Hierbei wird die Menge der Nährstoffe natürlich auch durch die Pflanzenarten bestimmt, die ausgesät werden. Mit Hilfe von Klee kann z. B. mehr Stickstoff in den Boden eingebracht werden als mit Gräsern. Die abgemähten Pflanzen können aber auch an der Oberfläche des Bodens verbleiben.

Diese Bodenbedeckung wird auch als Mulch bezeichnet. Der Mulch kann dazu dienen, dass der Boden

- bei Hitze länger kühl bleibt,
- die Feuchtigkeit besser speichert und
- nicht verschlämmt. Verschlämmung bedeutet, dass die Poren des Bodens verschlossen werden und damit eine Reduzierung der Wasseraufnahme einhergeht.

Unabhängig vom verwendeten Dünger muss der*die Landwirt*in ermitteln, wie viel Dünger insgesamt ausgebracht werden soll. Außerdem muss er*sie die jeweils gültige Düngeverordnung beachten. Ein Punkt hierbei ist, dass neben der Menge auch die Konsistenz des Düngers die Quantität der Nährstoffe beeinflusst, die evtl. im Grundwasser landet. Im Jahr 2018 wurden die Grenzwerte für Nitrat bei über 17% der Grundwassermessstellen in Deutschland überschritten. Nitrat ist in Mineraldünger enthalten. Außerdem kann es durch Bakterien im Boden mittels organischen Stickstoffverbindungen erzeugt werden. Organische Stickstoffverbindungen sind u. a. in Gülle vorhanden.

Es gibt also viele verschiedene Möglichkeiten, dem Boden systematisch Nährstoffe zuzuführen. In der Landwirtschaft müssen dabei natürlich die gesetzlichen Vorgaben berücksichtigt werden. Zudem müssen bei der Ausbringung von Dünger, neben der kurzfristigen Zufuhr von Nährstoffen, auch mögliche Langzeitwirkungen auf den Boden bedacht werden. Hierbei sind insbesondere auch die zusätzlichen Funktionen, wie z. B. die oben erwähnten

- Filter für das Grundwasser und
- die Zurverfügungstellung von Lebensraum und Nahrung für unzählige Mikroorganismen, Pflanzen- und Tierarten

zu berücksichtigen.

In der Landwirtschaft wird nicht nur durch die Ausbringung von Dünger auf den Boden eingewirkt. Eine weitere Wirkung erfolgt durch die Bearbeitung des Bodens.

1.2. Die Bodenbearbeitung

Der Boden kann aus der Sicht des*der Landwirt*in in 3 Schichten eingeteilt werden. Die erste ist die Bodenoberfläche. Die darunterliegende Schicht kann vom*von der Landwirt*in bearbeitet werden. Darunter ist dann die Schicht, die nicht bearbeitet wird.

Ist die Oberfläche des Bodens sehr lose, dann ist dieser anfällig für Erosion. Dies bedeutet, dass durch Wind oder Wasser die oberste Schicht des Bodens abgetragen wird. Damit dies

nicht geschieht, kann der*die Landwirt*in unterschiedliche Maßnahmen treffen. Auf die mechanische Bearbeitung des Bodens sollte möglichst verzichtet werden. Die Bearbeitung lockert nämlich den Boden auf und erleichtert somit das Abtragen des Bodens. Außerdem kann durch pflanzenbauliche Maßnahmen die Erosion beeinflusst werden. Zwischen den eigentlichen Pflanzungen (z. B. Getreide) können Zwischenfrüchte gepflanzt werden. Dadurch wird der Boden länger bedeckt und durch die Wurzeln zusammengehalten. Dies erschwert die Erosion.

Außerdem kann durch eine gute Durchlüftung des Bodens die Wassererosion reduziert werden. Für eine gute Durchlüftung des Bodens sorgen u. a. die Röhren der Regenwürmer. Diese bewirken nämlich, dass das Wasser besser aufgenommen werden kann. Dadurch wird, insbesondere bei Starkregen, die Wassererosion vermindert. Damit u. a. Regenwürmer im Boden verbleiben, sollte dieser nur oberflächlich bearbeitet werden. Bei der Bearbeitung kann zudem darauf geachtet werden, dass diese sich während der Bearbeitung in unteren Bodenschichten befinden. Die Vermeidung von Erosionen ist also insgesamt von der Beschaffenheit des Bodens in den unterschiedlichen Schichten abhängig.

Ist die Bodenoberfläche nicht lose, sondern verschlossen, also verschlämmt, dann kann der Boden nur schwer Wasser aufnehmen. Dieses fließt also ungenutzt ab. Die Verschlämmung eines Bodens wird u. a. dadurch gefördert, dass er mit schweren Maschinen bearbeitet wird. Der Hohe Druck auf den Boden führt dazu, dass Poren im Boden geschlossen werden. Gegen die Verschlämmung hilft auch, ebenso wie bei der Erosion, die Ausbringung von Zwischenfrüchten und eine gute Durchlüftung des Bodens.

Die Schicht unter der Bodenoberfläche kann gepflügt, d. h. gelockert und gewendet werden. Sie kann aber auch nur gelockert werden. Es kann jedoch auch eine Kombination von beidem durchgeführt werden. Der obere Teil des Bodens wird dann gepflügt, während der untere Teil nur gelockert wird. Das Pflügen und Lockern des Bodens führt u. a. zur Reduzierung des Unkrauts. Zudem wird diese Schicht dann gut von den ausgesäten Pflanzen durchwurzelt. Damit zwischen dem bearbeiteten Boden und der nicht bearbeiteten Bodenschicht ein Austausch stattfinden kann, können tief wurzelnde Pflanzen als Zwischenfrüchte gesät werden. Dadurch kann auch das Wasser in tiefere Bodenregionen abfließen und Schäden durch Staunässe verhindert werden.

Nachdem der Boden bearbeitet und gedüngt wurde, muss die Auswahl des Saatguts erfolgen.

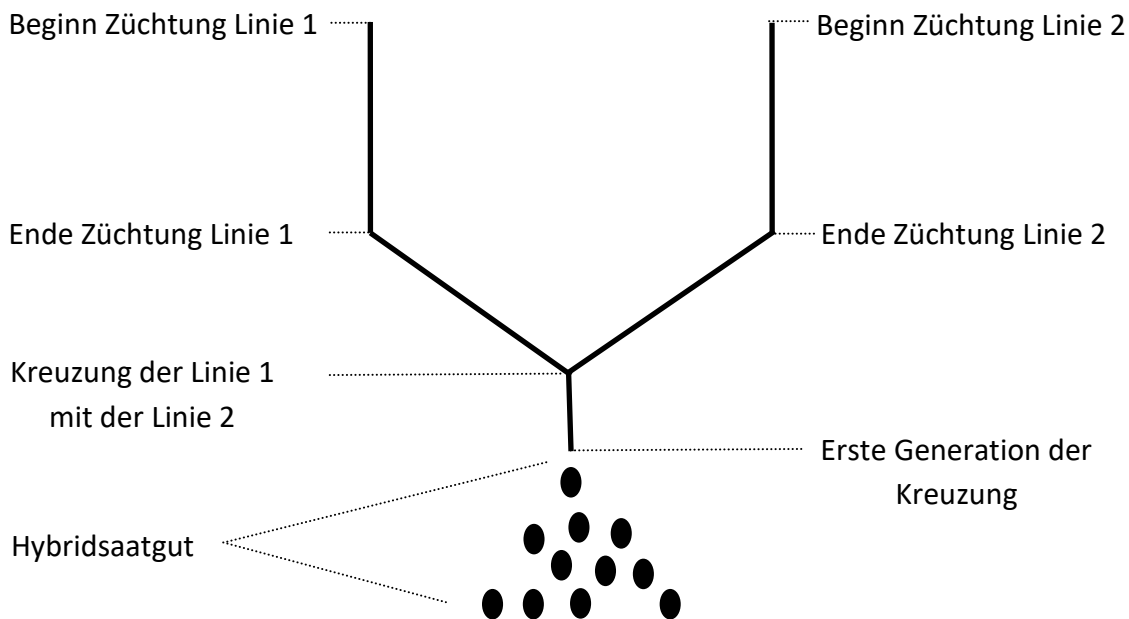
2. Das Saatgut

Woher kommt das Saatgut? Von der Getreidepflanze werden die Körner genommen und auf dem Boden verteilt. Einige Zeit später können die daraus entstandenen Pflanzen geerntet werden. Das Saatgut ist also für jede*n Landwirt*in, der*die Getreide anpflanzt, frei verfügbar. Er*Sie muss lediglich von einem Teil seiner*ihrer Ernte die Getreidekörner für die nächste Aussaat nehmen. Trotzdem gibt es Unternehmen die Saatgut an die Landwirte*innen verkaufen. Ein Grund hierfür ist, dass das Saatgut seit vielen Jahren gezielt gezüchtet wird. Die Züchtung erfolgt, damit es eine Ertragssteigerung gibt und dafür auf bestimmte Umweltbedingungen angepasst wurde.

Eine naheliegende Vorgehensweise, gutes Saatgut zu erzeugen, ist die Auslese. Dabei werden nur besonders geeignete Körner für die jeweils nächste Aussaat verwendet. Wird über mehrere Jahre diese Ausleseprozedur durchgeführt, erhält man für die unterschiedlichen Umweltbedingungen, wie trockene oder feuchte Gebiete, verbessertes Saatgut. Diese Vorgehensweise war vermutlich zu Beginn des Ackerbaus üblich. Heute jedoch ist die Züchtung von Saatgut komplizierter. Dies kann sogar dazu führen, dass es Patente auf Saatgut gibt. Damit können dann Saatgutproduzent*innen stabile Einkünfte erzielen.

2.1. Hybridsaatgut

Kauft ein*e Landwirt*in jedes Jahr Saatgut, dann verwendet er*sie vermutlich Hybridsaatgut. Zur Herstellung von Hybridsaatgut werden zwei Pflanzen unterschiedlicher Züchtungen miteinander gekreuzt. Es werden also zunächst zwei Inzuchtlinien mit ausgeprägten gewünschten Eigenschaften erzeugt. Danach werden Die Pflanzen aus diesen zwei Inzuchtlinien gekreuzt und aus den daraus entstehenden Pflanzen wird das Saatgut gewonnen.



Das Saatgut, das aus den Pflanzen der ersten Generation der gekreuzten Inzuchtlinien gewonnen wird, besitzt sowohl die Eigenschaften der Pflanzen die am Ende der Zuchtlinie 1, als auch die Eigenschaften der Pflanzen die am Ende der Zuchtlinie 2 gewachsen sind. Dieses Hybridsaatgut ist zudem besonders ertragreich. Die Pflanzen jedoch die aus dem Saatgut, das aus den Pflanzen gewonnen werden könnte, die aus dem Hybridsaatgut entstanden sind, besitzen kaum noch die Eigenschaften der Pflanzen vom Ende der Züchtungen der Linie 1 und Linie 2. Der Grund hierfür liegt im 2. Mendelschen Gesetz (siehe Anhang: Vererbung bei Hybridem Saatgut). Deshalb muss der*die Landwirt*in das Saatgut immer wieder kaufen.

2.2. Samenfestes Saatgut

Möchte der*die Landwirt*in nicht regelmäßig Saatgut kaufen, dann muss er*sie dieses aus seinem*ihrem Getreide gewinnen. Hierbei soll aber auch die folgende Getreidegeneration die gleichen Eigenschaften aufweisen wie die Vorgängergeneration. Er*Sie muss also samenfestes Saatgut verwenden und kann kein Hybridsaatgut einsetzen. Im Getreideanbau werden demzufolge samenfeste Getreidesorten auch als nachbaufähig bezeichnet.

Damit samenfestes Saatgut Eigenschaften aufweist die für spezielle Anbaubedingungen besonders geeignet sind, ist zuvor ein langwieriges Zuchtverfahren notwendig. Es werden zunächst Pflanzen gezielt gekreuzt. Anschließend werden die geeignetsten für die weitere Zucht verwendet. Bis schließlich Pflanzen entstehen die die gewünschten Eigenschaften besitzen, können mehrere Jahre vergehen. Abschließend muss dann das Saatgut aus den aufwendig und speziell gezüchteten Pflanzen beim Bundessortenamt angemeldet werden. Die Zulassung bei diesem Amt ist die Voraussetzung dafür, dass das Saatgut in Verkehr gebracht werden darf.

2.3. Gentechniksaatgut

Die gezielte Kreuzung von Pflanzen und die Auswahl von besonders geeigneten Pflanzen führten schon zur Veränderung des Erbguts. Allerdings ist die Züchtung und Auswahl zur Beeinflussung des Erbguts ein langwieriger Prozess. Außerdem können auch nur Eigenschaften von unterschiedlichen Pflanzen kombiniert werden, die auch kreuzungsfähig sind.

2.3.1. Klassische Gentechnik

Die DNA (Desoxyribonukleinsäure [engl. **deoxyribonucleic acid**]) ist Trägerin der Erbinformationen von Lebewesen. Ein Gen ist ein Abschnitt der DNA. Die Gesamtheit der Erbinformationen wird als Genom oder Erbgut bezeichnet.

In der klassischen Gentechnik werden Erbmerkmale direkt übertragen. Dies geschieht dadurch, dass ein Gen direkt in das Erbgut einer Pflanze eingebracht wird. Damit ist die Beschränkung der Modifikation des Erbguts nicht mehr auf Erbinformation von kreuzungsfähigen Pflanzen beschränkt.

Eine Anwendung der klassischen Gentechnik ist, dass Pflanzen gegenüber bestimmten Unkrautbekämpfungsmitteln unempfindlich sind. Hierfür wurden z. B. Sojabohnen ein Gen

hinzugefügt. Damit sind diese gegenüber dem Unkrautbekämpfungsmittel Glyphosat unempfindlich.

Der Einsatz der klassischen Gentechnik ist bei Getreide bisher nicht besonders erfolgreich.

In Großbritannien fand 2012 und 2013 ein Freilandversuch mit Weizen statt. Dieser sollte dank eines eingebauten künstlichen Gens Duftstoffe produzieren, die Blattläuse vertreiben. 2015 mussten die Forscher allerdings einen Misserfolg eingestehen - die Läuse ließen sich nicht in die Flucht jagen.

2.3.2. Genomeditierung

Das Erbgut einer Pflanze kann aber auch ohne Übertragung von Erbgut verändert werden. Hierfür wird die vorhandene Trägerin der Erbinformation, die DNA, durchtrennt. Das von der Durchtrennung der DNA betroffene Gen kann dann z. B. deaktiviert oder verändert werden. Diese Methode wird auch als Genomeditierung oder Genschere bezeichnet.

Mit der Genomeditierung wird also das vorhandene Erbgut modifiziert. Durch diese Methode könnten evtl. viele Jahre gegenüber den konventionellen Züchtungsverfahren eingespart werden.

Ein Beispiel für die Genomeditierung ist die Resistenz von Weizen gegen Pilzkrankheiten. Das Eindringen eines Pilzes in eine Pflanzenzelle setzt in der Regel eine Wechselwirkung mit bestimmten Pflanzengenen voraus. Daher kann das gezielte Zerstören solcher Gene eine Resistenz erreichen. Durch die Deaktivierung bestimmter Gene konnte erreicht werden, dass derart Erbgut veränderter Weizen gegen Mehltau (durch Pilze verursachte Pflanzenkrankheiten) unempfindlich ist.

2.4. Biosaatgut

Biosaatgut ist Saatgut, das biozertifiziert ist und dadurch ein Biosiegel erhalten hat. Für die Zertifizierung muss das Saatgut bestimmte Kriterien erfüllen. In Abhängigkeit vom Siegel sind die Kriterien unterschiedlich. Grundsätzlich können aber zwei Kategorien bei den Zertifizierungskriterien unterschieden werden. Ein Kriterium bezieht sich auf den Herstellungsprozess des Saatguts. Das zweite Kriterium betrifft die Behandlung des gewonnenen Saatguts.

2.4.1. Der Herstellungsprozess

Der Herstellungsprozess von Saatgut bezieht sich zunächst auf die Pflanzen, aus denen die Samen, also das Saatgut, gewonnen wird. Wurden bei diesen Mutterpflanzen keine chemischen Pflanzenschutzmittel verwendet, so gelten diese als ökologisch angebaut. Der daraus gewonnene Samen ist dann gemäß EU-Bio-Verordnung Bio-Saatgut. Hier wird also nur die Vermehrung des Saatguts betrachtet. Nicht beachtet wird dabei die Züchtung aus der die Mutterpflanze hervorging. Die Mutterpflanze kann also auch aus der Kreuzung zweier Inzuchtlinien hervorgegangen sein. Hybridsaatgut kann also gemäß den EU-Bio-Kriterien auch Bio-Saatgut sein.

Bei anderen Biosiegeln können strengere Regeln gelten. Für das Demeter-Biosiegel gilt zum Beispiel, dass Hybridsaatgut nicht gezüchtet oder vermehrt werden darf. Zudem sind im Getreideanbau keine Hybridsorten (außer Mais) zugelassen.

2.4.2. Das Saatgutbehandlungsverfahren

Nach dem das Saatgut gewonnen wurde, kann es anschließend noch behandelt werden. Die Behandlung dient dazu, dass das Saatgut z. B. gegen Schädlinge oder Pilze geschützt wird. Wurde auf das Saatgut ein chemisches Pflanzenschutzmittel aufgebracht, dann ist es kein Bio-Saatgut.

Außer dem Aufbringen von chemischen Pflanzenschutzmitteln, gibt es weitere Methoden, das Saatgut gegen Schädlinge oder Pilze zu schützen. Eine Möglichkeit ist die Elektronenbehandlung. Bei dieser werden Elektronen gezielt auf Saatgut gelenkt. Dieses schützt es vor Pilzen, Bakterien, Viren und schädlichen Insekten. Die Anwendung dieses Verfahrens ist z. B. mit den EU-Bio- und den Bioland-Kriterien vereinbar. Vom Demeter-Verband ist es jedoch nicht zugelassen.

Biologische Saatgutbehandlung ist für die Erlangung eines Biosiegels immer zugelassen. Diese Behandlungsmethode basiert auf Mikroorganismen. Diese bekämpfen Krankheitserreger und machen das Saatgut damit widerstandsfähiger. Ein Nachteil der biologischen Saatgutbehandlung ist jedoch, dass sie nur Befall mit Schädlingen oder Pilzen vermindern, aber diesen nicht gänzlich vermeiden können.

3. Das Getreide

Nachdem der Boden bearbeitet und das Saatgut ausgebracht wurde, wächst das Getreide. Die Getreidepflanzen müssen dann bis zur Ernte geschützt werden. Die Pflanzen können von Pilzen befallen werden, ebenso können sie von Tieren geschädigt werden. Außerdem können Unkräuter den Getreidepflanzen die Nährstoffe wegnehmen. Schließlich sind die Pflanzen noch von schlechtem Wetter wie starkem Wind und Starkregen bedroht. Nach der Ernte muss das Getreide dann bis zur Verarbeitung gelagert werden. Auch im Lager muss das Getreide dann vor Schädlingen geschützt werden.

3.1. Schutz vor Pilzen

Pilze kommen in landwirtschaftlich genutzten Böden vor und werden beim Abbau von abgestorbenen Pflanzenresten benötigt. Die Pilze erzeugen aber auch Pilzgifte. Ist Getreide also von Pilzen befallen, dann können diese Gifte in die Nahrungsmittel gelangen.

Nach der Aussaat kann das keimende Getreide von Pilzen im Boden befallen sein. Zusätzlich können Pilzsporen bei Wind auf weitere Pflanzen übertragen werden. Dadurch ist es also möglich, dass Teile der Getreideernte nicht mehr für die Erzeugung von z. B. Mehl verwendet werden können.

Was kann in einem landwirtschaftlichen Betrieb unternommen werden, damit das Getreide nicht oder nur in einem geringen Umfang, von Pilzen befallen wird? Eine naheliegende Möglichkeit ist der Einsatz von Pilzvernichtungsmitteln (Fungizide). Ein chemischer Wirkstoff ist Schwefel. Dieser Fungizid-Wirkstoff ist auch in der ökologischen Landwirtschaft (z. B. Demeter-Verband) zugelassen. Er hat den Vorteil, dass sich bei den Pilzen keine Resistenzen entwickeln. Es gibt aber auch weitere Fungizid-Wirkstoffe die jedoch nur für die konventionelle Landwirtschaft zugelassen sind. Diese Wirkstoffe können jedoch zu Resistenzen führen. D. h., die Pilze werden immun gegen Pilzvernichtungsmittel. Weiterhin kann die Verwendung von Pilzvernichtungsmitteln zur Verunreinigung von Grundwasser führen. Außerdem töten Fungizide auch nützliche Lebewesen.

3.2. Schutz vor tierischen Schädlingen

Die Bandbreite der Tiere, die das Getreide schädigen können, reicht von Feldmäusen und Schnecken über unterschiedliche Fliegen und Mücken bis hin zu Blattläusen. Die Schäden die am Getreide entstehen können, sind z. B. das Anfressen von Keimlinge und Pflanzen oder die Beförderung von Pilzbefall.

Der Einsatz von Insektiziden bekämpft den Befall des Getreides durch tierische Schädlinge. Insektizide wirken mittels Gifte auf die Schädlinge. Diese Gifte wirken entweder durch den Kontakt oder die Aufnahme (Kontaktgift, Fraßgift). Allerdings werden durch die Insektizide nicht nur Schädlinge getötet. Auch andere Tiere werden durch den Einsatz von Gift getötet. Es leidet also die Artenvielfalt auf dem Getreidefeld und auch die natürlichen Feinde der Schädlinge, also die Nützlinge, werden vernichtet. Außerdem können Resistenzen von tierischen Schädlingen gegenüber den Giften ausgebildet werden.

Mit dem gezielten Einsatz von Nützlingen können tierische Schädlinge des Getreides bekämpft werden. Ein wichtiger Nützlich ist hierbei der Marienkäfer. Ein Marienkäfer kann in seinem Leben bis zu 40.000 Blattläuse fressen. Eine Förderung für die Ansiedlung von Nützlingen können Nisthilfen für Insekten und Vögel sein. Für die Bekämpfung von Feldmäusen kann auch das Aufstellen von Greifvogelsitzstangen helfen.

3.3. Schutz vor Unkräutern

Nicht erwünschte Kräuter nehmen dem Getreide Nährstoffe, Licht und Platz weg. Damit also eine gute Ernte erzielt werden kann, müssen Unkräuter bekämpft werden. Zur Bekämpfung können Herbizide eingesetzt werden. Diese können chemische oder biologische Herbizide sein. Allerdings können Unkräuter auch mechanisch bekämpft werden.

3.3.1. Chemische Unkrautvernichter

Viele chemische Herbizide greifen in den Stoffwechsel von Pflanzen ein. Dadurch kann z. B. die Fotosynthese beeinträchtigt werden. Eine weitere Stoffwechselstörung kann aber bei der Aminosäure-Synthese erzielt werden. Zur letzteren führt z. B. der Einsatz von Glyphosat. Damit die chemischen Herbizide nicht das Getreide angreifen, können Safener eingesetzt werden. Diese setzen die schädliche Wirkung des Herbizids auf das Getreide herab.

Der Einsatz von chemischen Herbiziden kann zu Resistenzen bei Unkräutern führen. Zudem wird die Artenvielfalt verringert.

Häufig werden Herbizide mit dem Wirkstoff Glyphosat eingesetzt. Diese sind Totalherbizide d. h., dass es gegen viele und nicht nur gegen ausgewählte Unkräuter wirkt. Zurzeit steht Glyphosat im Verdacht, dass es krebserregend sei. Deshalb wird nach alternativen, biologischen Herbiziden gesucht.

3.3.2. Biologische Unkrautvernichter

Ein biologisches Unkrautvernichtungsmittel ist z. B. die Pelargonsäure. Dieser Wirkstoff kommt z. B. im Rapsöl vor und ist ebenso wie Glyphosat ein Totalherbizid. Allerdings ist Pelargonsäure weniger effektiv als Glyphosat und muss deshalb öfters angewendet werden um Unkräuter zu vernichten. Der Grund für die geringere Effektivität liegt darin, dass nur der Grünteil der Pflanze zerstört wird und nicht die Wurzeln wie bei Glyphosat. Die verbleibenden Wurzeln können dazu führen, dass das Unkraut wieder austreibt.

Sollte also der Einsatz von Glyphosat verboten werden, dann können biologische Unkrautvernichter eine Alternative im konventionellen Getreideanbau sein.

Grundsätzlich gilt für den Einsatz von Unkrautvernichtern, dass nicht immer Herbizide mit demselben Wirkstoff verwendet werden sollten. Durch den Einsatz von unterschiedlichen Wirkstoffen kann evtl. eine mögliche Resistenz bei Unkräutern gegen Pflanzengifte vermieden werden.

Im biologischen Landbau ist der Einsatz von Herbiziden verboten.

3.3.3. Mechanische Unkrautvernichtung

In der ökologischen Landwirtschaft werden Unkräuter durch Striegeln der Ackerfläche bekämpft. Beim Striegeln werden die Unkräuter herausgerissen und verschüttet. Allerdings sind hierbei Voraussetzungen für die Bodenbeschaffenheit zu berücksichtigen. Der Boden sollte befahrbar sein. Außerdem sollte er krümelig sein, damit das ausgerissene Unkraut zugeschüttet werden kann. Beim Striegeln sollte also eine Staubwolke entstehen.

Das Feld kann bereits gestriegelt werden, bevor das Getreide ausgesät wurde. Erfolgt das Striegeln jedoch nach der Aussaat, muss darauf geachtet werden, dass das Getreide nicht geschädigt wird. Hat das Getreide noch nicht gekeimt, kann gestriegelt werden. Striegeln zu diesem Zeitpunkt wird auch als Blindstriegeln bezeichnet. Beim Striegeln, nachdem das Getreide gekeimt ist, muss darauf geachtet werden, dass das Getreide nicht geschädigt wird. Entscheidend hierfür ist z. B., dass die Wurzeln des Getreides tief im Erdreich sind.

Winterroggen z. B. ist nicht besonders geeignet für das Striegeln, da er nur relativ flache Wurzeln ausbildet. Hat die Getreidepflanze erst ein oder zwei Blätter, sollte nur vorsichtig gestriegelt werden. Dies bezieht sich insbesondere darauf, dass das Striegeln mit geringer Geschwindigkeit durchgeführt werden sollte. Der Einsatz des Striegelns ist also u. a. von der Getreideart und vom Keimstadium abhängig.

Auch im konventionellen Getreideanbau wird das Striegeln immer wichtiger. Dies liegt daran, dass der Einsatz von Herbiziden in Zukunft vom Gesetzgeber eingeschränkt werden könnte und die Wirkung auf die Unkräuter, wie bereits erwähnt, nachlassen könnte.

3.3.4. Fruchtfolgen

Dauerkulturen sind Anpflanzungen, die häufig für mindestens 5 Jahren auf den Äckern verbleiben und wiederkehrende Erträge liefern. Dies sind z. B. Obstbäume, Strauchfrüchte und Wiesen. Im Gegensatz dazu gibt es Ackerkulturen die regelmäßig gepflanzt oder gesät werden. Hierzu gehören u. a. Getreidekulturen. Werden diese Kulturen nicht als Monokultur angebaut, dann unterliegen diese einer Fruchtfolge. Bestimmte Pflanzenarten innerhalb der Fruchtfolge können genutzt werden um das Wachsen von Unkräutern zu reduzieren. Sie konkurrieren nämlich mit den Unkräutern um Licht, Wasser, Platz und Nährstoffe.

Geeignete Pflanzen für die Bekämpfung von Unkräutern im Getreideanbau sind z. B. die Hülsenfrüchtler (Leguminosen) Inkarnatklée und Luzerne. Diese haben auch den Vorteil, dass sie den Boden mit Stickstoff anreichern. Außerdem sind schnell wachsende Zwischenfrüchte wie Senf, Raps oder Örettich geeignet dem aufkeimenden Unkraut Licht zu entziehen.

Beim Erfolg der Unterdrückung von Unkräutern während der Fruchtfolge könnten auch allelopathische Effekte eine Rolle spielen. Unter diesen Effekten werden Wechselwirkungen von chemischen Verbindungen zwischen Pflanzen verstanden. Allerdings sind die allelopathischen Effekte noch nicht gut erforscht.

3.4. Schutz vor Unwetter

Durch Züchtung und intensiver Düngung kann erreicht werden dass die Getreidekörner größer werden. Auch die Ähren, die die Körner beinhalten, werden größer. Dies führt dazu, dass das Gewicht von Ähre und Körner, das der Halm trägt, größer wird. Insbesondere bei Niederschlägen und Wind kann dies zur Folge haben, dass die Halme abknicken. Dies führt dann zu einem geringeren Ernteertrag. Um die Stabilität des Halms zu erhöhen, können Halmverkürzer eingesetzt werden. Sie hemmen die für das Längenwachstum verantwortlichen Pflanzenhormone und verkürzen dadurch die Halmlänge.

Gemäß der EU-Bio-Verordnung ist der Einsatz von Wachstumsregulatoren, also auch von Halmverkürzern, nicht erlaubt.

3.5. Lagerung

Nach dem Abmähen des Getreides wird es gedroschen. Dadurch werden die Getreidekörner von der restlichen Pflanze getrennt. Die Körner werden dann gelagert und müssen evtl. noch über eine große Entfernung transportiert werden. Während der Lagerung und dem Transport können die Körner jedoch geschädigt werden.

Bevor die Körner eingelagert werden, muss das Lager gründlich gereinigt werden. Alte Körner müssen hierfür zunächst komplett aus dem Lager entfernt werden. Altgetreidekörner und Staubansammlungen können nämlich Unterschlupf für Schädlinge bieten. Diese können die Körner anfressen. Darüber hinaus können sie durch Kot, Larvenhäute und Puppenhüllen verunreinigt werden. Durch die Stoffwechselaktivität der Schädlinge kann sich zudem Kondenswasser bilden. Dieses unterstützt dann das Wachstum von Schimmelpilzen. Außerdem können durch Schädlinge Krankheitserreger übertragen werden.

Um sicherzugehen, dass sich im Lager, vor der Befüllung mit neuen Getreidekörnern, keine Schädlinge befinden, können Insektizide vorbeugend eingesetzt werden. Diese werden im Lagerraum versprüht. Die Schädlinge verenden dann beim Kontakt mit den Insektiziden.

Zur Vorbeugung von Lagerschädlingen können aber auch Nützlinge eingesetzt werden. Gegen Getreidemotten können z. B. parasitische Schlupfwespen eingesetzt werden. Die Larven der Wespen leben von den Motten und töten diese schließlich.

Sind die Körner evtl. von Schädlingen befallen, dann können diese mittels Kohlendioxid (CO₂) abgetötet werden. Die Körner kommen hierfür in eine Druckkammer, das CO₂ verdrängt den Sauerstoff und die Schädlinge ersticken. Nimmt der Druck in der Kammer wieder ab, dann platzen die Zellen der Organismen, sodass auch die Eier der Motten und Käfer absterben. Danach kommt das Getreidekorn in die Reinigung, die toten Schädlinge werden dann mit Sieben entfernt. Die Behandlung der Körner mit CO₂ ist auch im Biobereich (z. B. Demeter) erlaubt.

4. Das Mehl

Nach der Produktion der Getreidekörner können diese zu Mehl verarbeitet werden. Die Getreidekörner bestehen aus einer festen Schale (Kleie), dem Mehlkörper und dem Keimling. Die Schale enthält Mineralstoffe und Vitamine. Der Keimling ist fetthaltig und enthält außer Eiweiß auch Mineralstoffe und Vitamine. Der Hauptbestandteil des Getreidekorns ist der Mehlkörper. Er besteht aus Stärketeilchen, die durch Klebereiweiß (Gluten) zusammengehalten werden. Das Gluten ist wichtig für die Backfähigkeit des Mehls.

Die Verarbeitung der Getreidekörner zu Mehl erfolgt in einer Mühle.

4.1. Der Herstellungsprozess

In der Getreidemühle werden die Körner zu Mehl zermahlen. Dies erfolgt häufig in zwei Verarbeitungsschritten. Der erste Schritt findet im Walzenstuhl statt. Dort werden die Körner zwischen rotierenden Walzen aufgebrochen und zerrieben. Der zweite Schritt erfolgt im Plansichter. In diesem befinden sich bis zu 32 untereinander angebrachte Siebe. Dabei sind die Siebe feiner, je weiter unten sie sich befinden. Die Teile der zerriebenen Körner, die durch das unterste Sieb fallen, sind dann das Mehl. Die Körnerteile, die nicht durch alle Siebe gefallen sind, können wieder in den Walzenstuhl gegeben werden und der Vorgang des Zerkleinern und Siebens wird wiederholt. Das Resultat eines Durchgangs von Zerkleinern und Sieben ist das Passagenmehl. Mit jedem Durchgang gelangt mehr von der zerriebenen Schale des Korns in das Mehl. Damit enthält das Passagenmehl des ersten Durchgangs am wenigsten Mineralstoffe und Vitamine. Das Passagenmehl des letzten Durchgangs enthält dann entsprechend am meisten Mineralstoffe und Vitamine.

4.2. Das Vollkornmehl

Bei Vollkornmehl werden Schale, Mehlkörper und Keimling verarbeitet. Die Herstellung kann hierbei in zwei Verfahren unterschieden werden. Bei einem Verfahren werden die Körner komplett zwischen zwei Steinen zermahlen. Das daraus resultierende Vollkornmehl hat also die gleiche Zusammensetzung wie die zugrunde liegenden Körner. Die Mahlsteine haben bei diesem Verfahren einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität des Mehls. Wenn das Vollkornmehl die gleiche Zusammensetzung wie die zugrunde liegenden Körner haben, dann wurde das Mehl gemäß dem Nämlichkeitsprinzip hergestellt.

Beim zweiten Verfahren werden Vollkornmehle aus mehreren Passagenmehlen so kombiniert, dass ihre einzelnen Bestandteile der Zusammensetzung des Korns entsprechen. Die Kleie, der Mehlkörper und der Keimling können dabei aus Getreidekörnern stammen, die von Getreide von unterschiedlichen Feldern sind. Derart hergestelltes Vollkornmehl entspricht dem Äquivalenzprinzip.

4.3. Das Typenmehl

Beim Typenmehl ist genau festgelegt, wie viel Mineralstoffe im Mehl enthalten sind. Die Type eines Mehls wird angegeben in Milligramm (mg)/100 Gramm (g). Ein Mehl mit der Type 405 enthält also 405 mg Mineralstoffe pro 100 g Mehl. Übliche Mehltypen sind 405, 550, 1050 für Weizenmehl, 997, 1150 und 1800 für Roggenmehl sowie 630 und 1050 für Dinkelmehl. Da die Getreidekörner ein Naturprodukt sind, schwankt der Mineralstoffgehalt in den Körnern. Die genaue Type wird bei der Herstellung durch das Zusammenmischen von unterschiedlichen Passagenmehlen erreicht.

4.4. Die Zusatz- und Hilfsstoffe

Da Mehl ein verarbeitetes Lebensmittel ist, können diesem bei der Verarbeitung des Getreides auch Hilfs- und Zusatzstoffe zugesetzt werden. Hilfsstoffe sind Stoffe, die im Endprodukt keine oder kaum Rückstände und keine Wirkung besitzen. Deshalb sind sie, im Gegensatz zu den Zusatzstoffen, nicht deklarationspflichtig.

Die Zusatz- und Hilfsstoffe werden dem Mehl zugesetzt, damit u. a. das resultierende Gebäck leichter gelingt. So gibt es z. B. Stoffe für mehr Gebäckvolumen und bessere Bräunung, die Teigtrocknung und -stabilität sowie elastischen Teig. Es gibt mehr als 500 verschiedene Stoffe, die dem Mehl zugesetzt werden könnten.

Auch bei der Herstellung von Bio-Mehl können zusätzliche Stoffe verwendet werden. Es kann z. B. synthetische Ascorbinsäure (synthetisches Vitamin C) verwendet werden um das Gebäckvolumen und die Teigstabilität zu erhöhen.

Bei Mehlen mit dem Demeter-Biosiegel wurden bei der Herstellung jedoch keine Hilfs- und Zusatzstoffe verwendet.

Werden Mehle ohne Zusatz- und Hilfsstoffe erzeugt, so sind die Eigenschaften des Mehls im Wesentlichen vom Grundprodukt abhängig. Der*Die Müller*in entscheidet dann also, durch die geschickte Mischung der Passagenmehle, über die Eigenschaften des Mehls.

5. Das Brot

Nachdem der Boden bearbeitet, das Saatgut ausgebracht, das Getreide gewachsen und geerntet sowie das Mehl produziert wurde, kann mit Hilfe des Mehls das Brot erzeugt werden.

Allein in Deutschland gibt es über 3.000 verschiedenen Brotsorten. Die Deutsche Brotkultur wurde 2014 durch die nationale Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur (**United Nations Educational Scientific and Cultural Organization** [UNESCO])-Kommission in das bundesweite Verzeichnis des immateriellen Weltkulturerbes aufgenommen. Damit ist die Brotkultur in Deutschland ebenso immaterielles UNESCO-Weltkulturerbe wie der argentinische Tango, die französische Esskultur oder die iranischen Zurkhaneh-Rituale.

Die Herstellung des Brots erfolgt in zwei Stufen. In der ersten wird der Teig produziert. Dieser Teil wird auch Teigführung genannt. Die zweite Stufe beinhaltet das Backen des Teigs.

5.1. Die Teigführung

Für die Herstellung von Brot wird Mehl, Wasser, Salz, evtl. zusätzliche Triebmittel und ggfls. Backmittel verwendet. Die Teigführung erfolgt in zwei Schritten. Zunächst werden die einzelnen Bestandteile zusammengemischt. Danach ruht der Teig.

Nachdem die einzelnen Bestandteile zusammengefügt wurden, wird diese Masse geknetet. Dadurch werden die Bestandteile noch besser vermischt und der Teig entsteht. Das Kneten kann maschinell oder manuell erfolgen. Der Teig sollte geknetet werden bis er die „Fensterprobe“ besteht. Bei dieser Probe wird etwas Teig zwischen zwei Finger ausgezogen. Kann man durch den Teig sehen und er reißt nicht sofort, ist er fertig. Danach ruht der Teig.

Während der Ruhe fängt der Teig an zu gären. Der Bestandteil des Teigs der diesen zum Gären bringt, ist das Triebmittel. Er erhöht durch Gasfreisetzung das Teigvolumen. Das Gas, das freigesetzt wird, ist hierbei Kohlenstoffdioxid. Das Triebmittel verursacht also einen Gärprozess. Dieser Prozess kann mittels Bakterien und Pilzen stattfinden. Er kann jedoch auch als chemische Reaktion erfolgen. Biologische Triebmittel führen den Gärprozess mittels Bakterien und Pilzen herbei. Chemische Triebmittel hingegen bewerkstelligen den Gärprozess durch chemische Reaktionen. Für die Herstellung von Brot werden häufig biologische Triebmittel eingesetzt. Übliche biologische Triebmittel sind Hefe und Sauerteig.

5.1.1. Die Hefe

Hefe ist ein Pilz. Er ernährt sich von Zucker und wandelt diesen in Kohlenstoffdioxid um. Außer Zucker benötigt die Hefe u. a. noch Stickstoff, Phosphor und Mineralstoffe. Damit muss die Hefe also gefüttert werden. U. a. die Fütterung der Hefe entscheidet darüber ob sie ein Bio-Produkt ist. Werden zur Fütterung anorganischer Stickstoff oder synthetische

Mineralstoffe verwendet, sind die entstandenen Hefepilze kein Bioprodukt. Bio-Hefe darf nur mit Rohstoffen aus biologischem Anbau gefüttert werden. Diese können z. B. Getreide, Bierhefe oder Sonnenblumenöl sein.

5.1.2. Der Sauerteig

Um einen Sauerteig herzustellen, wird nur Mehl und Wasser benötigt. Nachdem diese beiden Bestandteile zusammengemischt wurden, kann ein Gärprozess beginnen. Dieser Prozess wird durch Milchsäurebakterien und eine geringe Menge an wilder Hefe ausgelöst. Bis der Sauerteig verwendet werden kann, dauert es etwa 5 Tage. Während dieser Zeit muss immer wieder Mehl und Wasser hinzugegeben werden. Das Hinzugeben wird auch füttern genannt. Damit die Herstellungszeit für den Sauerteig nicht immer mehrere Tage dauert, können Teile von dem Sauerteig als Triebmittel verwendet werden, d. h., Mehl und Wasser werden ein Teil dieses Triebmittels hinzugefügt. Der daraus resultierende Teig kann dann im weiteren Herstellungsprozess zu Brot verarbeitet werden.

5.1.3. Der Gärprozess

Die Triebmittel bewerkstelligen also den Gärprozess. Der Gärprozess, auch Gehzeit genannt, dauert häufig von 2 – 3 Stunden bis 12 – 18 Stunden. Bei einigen Broten, z. B. Baguette, kann die Gehzeit auch 48 Stunden betragen. Die Länge des Gärprozesses kann u. a. die Bekömmlichkeit des Brots beeinflussen. Der Grund hierfür liegt vermutlich im erhöhten Abbau der FODMAPS bei einer längeren Gehzeit. FODMAP (fermentable oligo-, di-, monosaccharides and polyols [fermentierbare Oligo-, Di-, Monosaccharide und Polyole]) bezeichnet eine Gruppe von Kohlenhydraten und Zuckeralkoholen, die bei einigen Menschen im Dünndarm nur schlecht aufgenommen werden. Sie gelangen dann in den Dickdarm und können dort zu Blähungen und Krämpfen führen.

5.1.4. Backmittel

Die unterschiedliche Rohstoffqualität beeinflussen die Teigeigenschaften. Damit eine gleichbleibende Brotqualität, unabhängig von den eingesetzten Rohstoffen, erreicht werden kann, können dem Teig Backmittel zugesetzt werden. Backmittel sind z. B. Backmalz, Enzyme, Emulgatoren, Stabilisatoren, Teigsäuerungsmittel, Konservierungsstoffe und Ascorbinsäure. Backmalz verhilft dem Brot zu einer schönen braunen Farbe. Enzyme können

z. B. die Klebrigkeit eines Teiges reduzieren oder dabei helfen, einen homogenen Teig herzustellen. Emulgatoren können z. B. das Brotvolumen vergrößern. Die Stabilität des Teigs kann durch Stabilisatoren erhöht werden. Eine Verbesserung der Konsistenz der Brotkrume (das Innere des Brots), des Aromas und der Teigstabilität kann durch Teigsäuerungsmittel erzielt werden. Konservierungsstoffe führen dazu, dass das Brot haltbarer wird. Sie können z. B. bewirken, dass sich keine Schimmelpilze bilden. Ascorbinsäure schließlich macht stark dehnbare Teige straffer.

Es gibt mehrere hundert zugelassene Stoffe die dem Teig zugesetzt werden können. Diese zugesetzten Backmittel müssen auf der Zutatenliste für das Brot nicht unbedingt aufgeführt werden.

5.2. Das Backen

Nachdem der Gärprozess des Teigs abgeschlossen ist, kann der Teig gebacken werden. Im Ofen entsteht aus dem Teig, durch die Gerinnung von Eiweißstoffen und die Verkleisterung von Stärke, das Brot.

In kleinen handwerklich produzierenden Bäckereien werden täglich etwas mehr als hundert Brote gebacken. Dabei werden häufig weniger als zwanzig verschiedene Brotsorten hergestellt. Die industrielle Großbäckerei Harry produzierte 2019 im Berliner Werk ca. 500.000 Brote pro Tag. Dabei werden 30 verschiedene Brotsorten hergestellt.

Nachdem der Teig fertig ist, muss nicht in einem durchgängigen Backprozess das verzehrfertige Brot hergestellt werden. Es ist nämlich auch möglich, dass der Brotteig nur zum Teil gebacken wird. Nach dem Teil-Backen kommt dann das Brot in den Schockfroster. Das vorgebackene Brot kann dann vor Ort zu Ende gebacken werden. Mit dieser Vorgehensweise ist es möglich, dass das Brot in entfernten Ländern vorproduziert wird. Anschließend kann es dann über tausende Kilometer transportiert werden. Beim Fertigbacken in der Backstube entsteht dann der Duft von frisch gebackenem Brot.

Anhang: Vererbung bei Hybriden Saatgut

Die Ausprägung eines Gens (z. B. Farbe der Blüte) wird durch die Allele bestimmt. Ein Gen besteht aus mindestens zwei Allelen. Diese bestimmen die Ausprägung des Gens. Besitzt das Gen „Farbe der Blüte“ zwei Allele für rote Blüten, so ist die Blüte rot. Besitzt ein Gen ein Allel für eine rote Blüte und ein Allel für eine weiße Blüte, so ist die Blüte auch rot. Hier hat sich dann das Allel „rote Blüte“ durchgesetzt und ist demnach dominant. Pflanzen können durch Inzucht besondere Eigenschaften hervorbringen. Im folgendem wird ein Schema eines Vererbungsprozesses bei Kreuzung von zwei Pflanzen dargestellt, die durch Inzucht entstanden sind. Bei der Vaterpflanze wurde durch Inzucht die Eigenschaft „Hoher Ertrag“ hervorgebracht. Bei der Mutterpflanze wurde ebenfalls durch Inzucht die Eigenschaft „Hohe Widerstandskraft“ hervorgebracht. Saatgut, das durch Kreuzung von zwei Inzuchtpflanzen erzeugt wird, ist Hybridsaatgut.

Die folgende Tabelle zeigt Gene und Allele der Elternpflanzen.

| | | | |
|--------|------------------------------------|--|---|
| Eltern | Gen G1: Ertrag | Vater | Mutter |
| | | Dominantes Allel A11: Hoher Ertrag | Dominantes Allel A11: Hoher Ertrag |
| | Dominantes Allel A11: Hoher Ertrag | Rezessives Allel A12: Niedriger Ertrag | |
| | Gen G2: Widerstandskraft | Dominantes Allel A21: Hohe Widerstandskraft | Dominantes Allel A21: Hohe Widerstandskraft |
| | | Rezessives Allel: A22 Geringe Widerstandskraft | Dominantes Allel A21: Hohe Widerstandskraft |

Das folgende Schema stellt die Gene und Allele des Saatguts dar, das aus den Inzuchtelternpflanzen entsteht.

| | | Mutter | | Mutter | | Mutter | | Mutter | |
|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | Gen | Allel | Gen | Allel | Gen | Allel | Gen | Allel |
| | | G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 |
| | | | A12 | | A12 | | A12 | | A12 |
| Vater | | G2 | A21 | G2 | A21 | G2 | A21 | G2 | A21 |
| Gen | Allel | | A21 | | A21 | | A21 | | A21 |
| | | | A21 | | A21 | | A21 | | A21 |
| G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 |
| | A11 | | A11 | | A11 | | A11 | | A11 |
| G2 | A21 | G2 | A21 | G2 | A21 | G2 | A22 | G2 | A22 |
| | A22 | | A21 | | A21 | | A21 | | A21 |
| G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 |
| | A11 | | A12 | | A12 | | A12 | | A12 |
| G2 | A21 | G2 | A21 | G2 | A21 | G2 | A22 | G2 | A22 |
| | A22 | | A21 | | A21 | | A21 | | A21 |
| G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 |
| | A11 | | A11 | | A11 | | A11 | | A11 |
| G2 | A21 | G2 | A21 | G2 | A21 | G2 | A22 | G2 | A22 |
| | A22 | | A21 | | A21 | | A21 | | A21 |
| G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 | G1 | A11 |
| | A11 | | A12 | | A12 | | A12 | | A12 |
| G2 | A21 | G2 | A21 | G2 | A21 | G2 | A22 | G2 | A22 |
| | A22 | | A21 | | A21 | | A21 | | A21 |

K1

K2

In der Generation der Kinder gibt es nur Gene mit der Ausprägung „Hoher Ertrag“ und „Hoher Widerstandskraft“. Beim Kind K1 hat demnach das Gen G1 die Ausprägung „Hoher

Ertrag“. Diese Ausprägung ergibt sich durch das dominante Allel A11 das vom Vater vererbt wurde. Das Gen G2 vom Kind K1 hat die Ausprägung „Hohe Widerstandskraft“. Diese Ausprägung ergibt sich durch das dominante Allel A21, das von der Mutter vererbt wurde. Beim Kind K2 hat das Gen G1 die Ausprägung „Hoher Ertrag“. Diese Ausprägung ergibt sich durch das vom Vater vererbte Allel A11. Das Gen G2 vom Kind K2 hat die Ausprägung „Hohe Widerstandskraft“. Aus dem dominanten Allel A21, das von der Mutter vererbt wurde, ergibt sich die Ausprägung. Das folgende Schema zeigt die möglichen Genausprägungen für die Enkel bzw. Kinder von K1 und K2.

| | | K1 | | K1 | | K1 | | K1 | |
|----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|
| | | Gen | Allel | Gen | Allel | Gen | Allel | Gen | Allel |
| | | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 |
| | | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 |
| K2 | Gen | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 |
| | Allel | | A11 A12 | | A11 A12 | | A11 A12 | | A11 A12 |
| G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 |
| G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 |
| G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 |
| G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 |
| G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 |
| G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 |
| G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 | G1 | A11 A12 |
| G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 | G2 | A22 A21 |

E1

In der nächsten Generation, also bei den Enkeln, gibt es dann aber wieder Pflanzen mit niedrigem Ertrag und niedriger Widerstandskraft (E1). Bei einer Kreuzung von K1 und K2 können sich zweimal das Allel A12 von der Mutter und ebenfalls zweimal das Allel A22 vom Vater für jeweils ein Gen zusammensetzen. Somit hätte diese Pflanze eine geringe Widerstandskraft und einen geringen Ertrag. Während also bei der Folgegeneration von zwei Inzuchtpflanzen mit gewünschten Eigenschaften sich die gewünschten Eigenschaften von

der Mutter und vom Vater durchsetzen, verschwinden diese Eigenschaften der Pflanzen in der darauffolgenden Generation zum Teil wieder.