Ausbildung zum Brauer & Mälzer

Berufsschule in Ulm (1994-97)

Fachkunde I – Die Rohstoffe

---

0. INHALTSVERZEICHNIS

0. Inhaltsverzeichnis 2

I. Das Bier 5
1.1. Das Reinheitsgebot 5
1.2. Einteilung der Biere 5
1.2.1 Bierarten 5
1.2.2 Biergattungen 5
1.2.3 Biertypen 5
1.2.4 Biersorten 5
1.2.5 Kleines Lexikon deutscher Biersorten. 5

II. Malz- und Bierherstellung 7
2.1 Vermälzung der Gerste 7
2.2 Bierherstellung 7

III. Die Braugerste 8
3.1 Vermälzung der Gerste 8
3.2 Gerstenarten 8
3.2.1 Zweizeilige Gerste (Sommergerste) 8
3.2.2 Zweizeilige Gerste (Wintergerste) 8
3.2.3 Mehrzeilige Gerste (Wintergerste) 9
3.3 Gerstenanbau 9
3.3.1 Herkunft 9
3.3.2 Faktoren für den Gerstenanbau 9
3.4 Reifestadien der Gerste 10
3.5 Aufbau des Gerstenkorns 11
3.5.1 Äußere Merkmale 11
3.5.2 Bestandteile eines Gerstenkorns 12
3.6 Lagerung der Gerste 13
3.6.1 Lagerbedingungen 14
3.6.2 Gerstenschädlinge 14
3.7 Eigenschaften der Braugerste 15
3.7.1 Äußere Merkmale 15
3.7.2 Mechanische Merkmale 15
3.7.3 Chemisch-technische Merkmale 15

IV. Der Brauweizen 15
4.1 Einteilung 15
4.2 Eigenschaften eines guten Brauweizens 16
4.3 Herstellung von Weizenmalz 16
4.4 Herstellung von Weizenbier 16

V. Ersatzstoffe des Malzes 17
5.1 Rohfrucht (unvermälzte Frucht) 17
5.2 Zucker 17
5.3 Ausbeuten 18

www.bierbrauerei.net

VI. Die Hefe ... 18
6.1 Vorkommen ... 18
6.2 Einteilung der Hefen ... 18
6.3 Bau einer Hefezelle ... 19
6.4 Vermehrung der Hefe ... 19
6.5 Hefebehandlung ... 20
6.6 Anforderungen an die Brauereihefe ... 20
6.7 Merkmale obergäriger und untergäriger Hefe ... 21

VII. Der Hopfen ... 23
7.1 Anforderungen an den Hopfenanbau ... 23
7.2 Anbaugebiete ... 23
7.3 Hopfensorten ... 24
7.4 Wachstum der Hopfenpflanze ... 24
7.4.1 Vermehrung ... 25
7.4.2 Züchtung ... 25
7.5 Bestandteile der Hopfenpflanze ... 25
7.6 Hopfeninhaltsstoffe ... 26
7.7 Hopfenbehandlung ... 26
7.8 Hopfenprodukte ... 28
7.9 Bedeutung des Hopfens für das Bier ... 30
7.10 Hopfengabe ... 30

VIII. Das Wasser ... 30
8.1 Kreislauf des Wassers ... 30
8.2 Zweck des Wassers ... 30
8.3 Chemische Vorgänge beim Regnen ... 30
8.4 Salze (Ionen) im Wasser ... 31
8.5 Härte des Wassers ... 31
8.6 Wirkung der Wassersalze ... 32
8.7 Brauwasseraufbereitung ... 32

www.bierbrauerei.net

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Die Entwicklung der Gerste (nach Aufhammer) 8
Abbildung 2: Gerstenanbaugebiete in Deutschland 10
Abbildung 3: Einzelheiten des Gerstenkorns 11
Abbildung 4: Unterschiede der Basalborsten (10 x vergrößert) 12
Abbildung 5: Unterschiede der Schüppchen 12
Abbildung 6: Aufbau eines Gerstenkorns 13
Abbildung 7: Gerstenschädlinge 14
Abbildung 8: Schematische Darstellung einer Hefezelle mit ihren Cytoplasmapartikeln 19
Abbildung 9: Obergärige Bierhefe [etwa 1000fach vergrößert] 21
Abbildung 10: Untergärige Bierhefe [etwa 1000fach vergrößert] 21
Abbildung 11: Anlegen einer Reinzuchthefe (Hefeführung im Labor) 22
Abbildung 12: Die Hopfenpflanze [humulus lupulus] 23
Abbildung 13: Die Teile der Hopfendolde 25
Abbildung 14: Begleiturkunde Deutscher Siegelhopfen 27
Abbildung 15: Produktion von Pellets 29
Abbildung 16: Diskontinuierliches Verfahren zur Wasseraufbereitung 33
Abbildung 17: Kontinuierliches Verfahren zur Wasseraufbereitung 33

www.bierbrauerei.net

I. DAS BIER

1.1. Das Reinheitsgebot

Am 23. April 1516 erließ Herzog Wilhelm IV. in Ingolstadt das Reinheitsgebot für das gesamte Herzogtum Bayern. Seit 1906 galt das Reinheitsgebot in allen Gebieten des deutschen Kaiserreiches. Heute ist das Reinheitsgebot im Biersteuergesetz § 9 verankert.

Es besagt:	*Zur Bierbereitung dürfen nur Malz, Hopfen, Hefe sowie Wasser verwendet werden und als Klärmittel nur solche, die mechanisch wirken, gesundheitlich unbedenklich sind und wieder ausgeschieden werden.*

1.2. Einteilung der Biere

1.2.1 Bierarten

Man unterscheidet:
- ➲ obergärige Biere (z.B. Kölsch, Alt, Weizenbier…)
- ➲ untergärige Biere (z.B. Pils, Export, Märzen…)

1.2.2 Biergattungen

Laut Bierverordnung vom 02.07.1990 gilt:
- ➲ < 7 % Stammwürzegehalt = „Biere mit niedrigem Stammwürzegehalt“
- ➲ 7-11 % Stammwürzegehalt = „Schankbier“
- ➲ > 16 % Stammwürzegehalt = „Starkbiere“

1.2.3 Biertypen

Durch Farbe und Geschmack festgelegt (Dortmunder, Münchener, Pilsner, Wiener Biertyp)

1.2.4 Biersorten

Bezeichnung, unter denen Biere in den Handel kommen.

1.2.5 Kleines Lexikon deutscher Biersorten.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen obergärigen und untergärigen Bieren. Sie bieten in 5.000 verschiedenen Biermarken dem Verbraucher in der Bundesrepublik eine Geschmacksvielfalt in Markenqualität, wie man sie in keinem anderen Land der Welt vorfindet. Die strikte Beachtung des Reinheitsgebotes, d.h. die Beschränkung auf vier natürliche Rohstoffe, bedeutet dabei keinen Verzicht auf Geschmacksvielfalt. Diese entsteht nämlich durch die Art, wie das Bier eingebraut wird sowie die unterschiedlichen Gerste- und Hopfensorten, die Art der verwendeten Hefe und nicht zuletzt durch das Brauwasser. Traditionell sind die einzelnen Biere immer als Ortsbiere gewachsen und haben sich so lokale

www.bierbrauerei.net

Domänen erobert. Begriffe, wie „nach Dortmunder Art“ oder „Münchner“ sind Ausdruck dieser Entwicklung. Gleichwohl hat ein reger Austausch der Biersorten über lokale Grenzen hinaus stattgefunden, so dass es heute auch bedeutende überregionale Biermarken gibt.
70 % des Bierausstoßes entfallen in Deutschland auf Flaschenbier und 30 % auf Fassbier. Die gute Fassbierpflege in der Gastronomie erkennt man am leichtesten an der Schaumstabilität des Bieres oder – wie man auch sagt – daran, dass der „Feldwebel“ fest steht. Für den Heimkonsum von Flaschenbier empfehlen die deutschen Brauer die Beachtung von fünf Regeln:

Die fünf goldenen Regeln für Heimkonsum von Flaschenbier:

- Hausvorrat nie über sechs Wochen halten.
- Flaschen stehend, kühl und dunkel lagern.
- Trinktemperatur 7-9 °C
- Flaschen nie ins Tiefkühlfach legen
- Trinkgläser vor dem Eingießen kalt durchspülen und nicht abtrocknen

Obergärige Biere

Sorte	*Alk.-geh. [Gew.-%]*	*Geschmack*	*Besondere Eigenschaften*	*Verbreitungsgebiet*
Altbier	Ø 3,8 Spanne 2,7-4,2	aromatisch, hopfenbitter	am weitesten in Deutschland verbreitetes obergäriges Bier, dunkle Farbe	vom Niederrhein, Düsseldorf, ausgehend über ganz Deutschland verbreitet
Kölsch	Ø 3,7 Spanne 3,0-4,4	aromatisch, hopfenbitter	helles, nur im Kölner Raum hergestelltes Bier, „Kölsch“ - Herkunftsbezeichnung	Kölner Raum
Weizenbier	Ø 4,0 Spanne 3,4-4,4 (Starkbier 5,5)	malzaromatisch, mit hohem CO_2-Gehalt, schwach gebittert	aus Weizen- und Gerstenmalz hergestellt, mit Hefe abgefüllt = Hefeweizen; filtriert = Kristallweizen, helle oder dunkle Farbe	hauptsächlich Bayern, zunehmende Verbreitung im übrigen Bundesgebiet
Berliner Weiße	Ø 2,5 Spanne 2,0-3,0	milchsaurer Geschmack, mit hohem CO_2-Gehalt erfrischend, schwach gebittert	aus Weizen- und Gerstenmalz hergestellt	hauptsächlich Berlin

Untergärige Biere

Sorte	*Alk.-geh. [Gew.-%]*	*Geschmack*	*Besondere Eigenschaften*	*Verbreitungsgebiet*
Biere nach Pilsener Art	Ø 3,8 Spanne 2,9-4,7	ausgeprägte Hopfenbittere, häufig mit Hopfenaroma	hellgelbe Farbe, Namensgebung nur in Verbindung mit dem Namen der Brauerei oder eines Phantasienamens	ganz Deutschland
Exportbier	Ø 4,3 Spanne 3,6-4,7	vollmundig, malzaromatisch (insbesondere bei dunklem Exportbier) relativ schwache Hopfenbittere	helle oder dunkle Farbe	ganz Deutschland
Starkbiere (Bockbiere)	Ø 5,6 Spanne 4,6-5,8	sehr vollmundig, malzaromatisch, wenig Hopfenbittere	goldgelbe oder dunkle Farbe, Namensgebung häufig durch die Anhängung von –or (z.B. Animator)	ganz Deutschland
Doppelbock	Ø 6,7 Spanne 5,9-7,0	sehr vollmundig, malzaromatisch, wenig Hopfenbittere	helle oder dunkle Farbe, Namensgebung häufig durch die Anhängung von –or (z.B. Salvator)	hauptsächlich Bayern
Märzenbier	Ø 4,4 Spanne 3,9-4,7	vollmundig, malzaromatisch, wenig Hopfenbittere	helle oder dunkle Farbe	hauptsächlich Bayern und Baden-Württemberg
Diätbier	Ø 3,9 Spanne 3,5-4,2	schwache bis kräftige Hopfenbittere (dann Diätpils)	helle Farbe, im Alkoholgehalt nachträglich reduziert, wenig verwertbare Kohlenhydrate	ganz Deutschland

II. MALZ- UND BIERHERSTELLUNG

2.1 Vermälzung der Gerste

- Reinigen, Trocknen und Sortieren der Gerste
- Weichen (Wasseraufnahme)
- Keimen der Gerste ⇨ Auflösung
  ⇨ Enzymbildung
- Darren des Grünmalzes (⇨ Aroma, und Farbbildung)
- Entkeimen und Polieren des Darrmalzes

2.2 Bierherstellung

- Sudhaus: ⇨ Schroten des Malzes
  ⇨ Maischen (Enzymrasten)
  ⇨ Abläutern
  ⇨ Würzekochen
- Kühlhaus: ⇨ Trubausscheidung
  ⇨ Abkühlung auf Anstelltemperatur
- Gärkeller: ⇨ Anstellen, Hefegabe
  ⇨ Hauptgärung
- Lagerkeller: ⇨ Nachgärung
  ⇨ CO_2 – Bildung
  ⇨ Ausreifen des Bieres
- Filtration: ⇨ Kieselgurfiltration
  ⇨ Schichtenfiltration
- Abfüllung: ⇨ in Flaschen, Fässer, Dosen, Container

www.bierbrauerei.net

III. DIE BRAUGERSTE

3.1 Vermälzung der Gerste

Die Gerste gehört zur Familie der Gräser

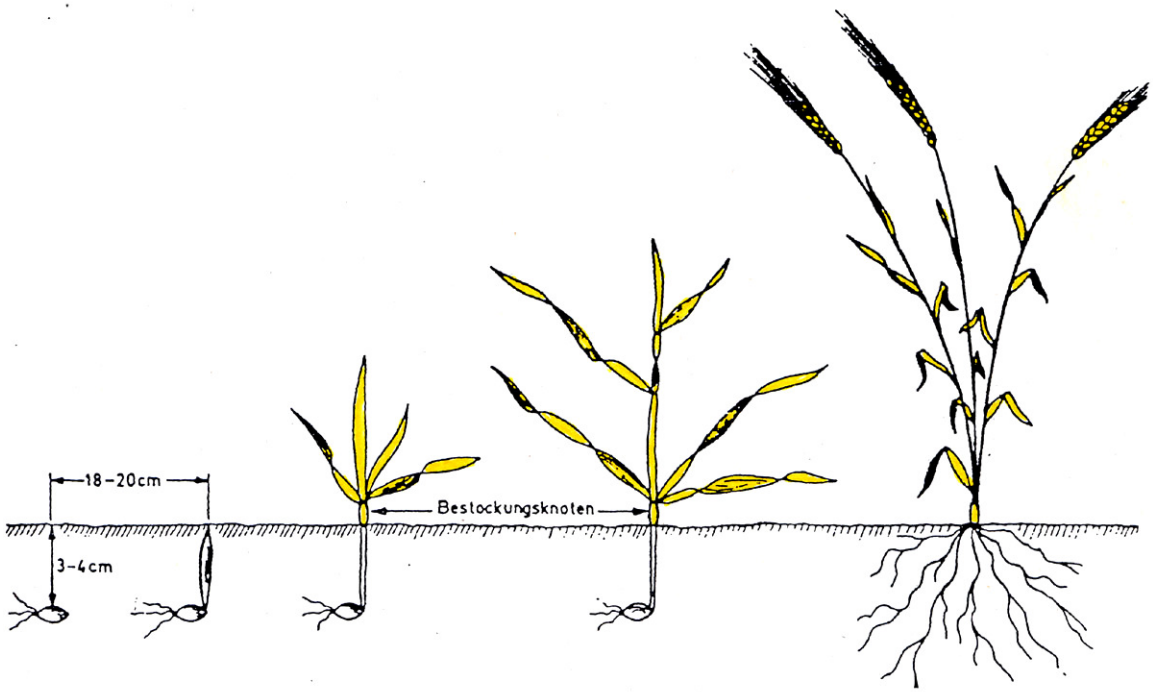


Abbildung 1: Die Entwicklung der Gerste (nach Aufhammer)

3.2 Gerstenarten

3.2.1 Zweizeilige Gerste (Sommergerste)

Es sind längs der Spindel zwei Körnerreihen vorhanden.

Vorteile für die Bierherstellung:

- niederer Eiweißgehalt
- hoher Extraktgehalt
- Körner sind gut ausgebildet (dickbauchig)
- feine strohige Hülle (Spelzen)
- weniger Gerbstoffe (unangenehme Geschmacksstoffe), da weniger Spelzen

Für Braugerste wird die zweizeilige, nickende, lockerährige Sommergerste verwendet.

Sorten: Aura, Apex, Europa, Gimpel, Caina, Beate, Steina, Koral

3.2.2 Zweizeilige Gerste (Wintergerste)

Ihre Verwendung als Braugerste konnte sich bisher nicht durchsetzen!

Sorten: Igri, Sonja, Kaskade

www.bierbrauerei.net

3.2.3 Mehrzeilige Gerste (Wintergerste)

Sie ist die Urform aller Gersten.

Es sind längs der Spindel sechs Körnerreihen vorhanden. Sie haben für die Bierbereitung keine Bedeutung, da sie ein niedriges hl-Gewicht haben und ungleichmäßig Wasser aufnehmen und keimen.

3.3 Gerstenanbau

3.3.1 Herkunft

In allen Bundesländern, vor allem in Bayern und Baden-Württemberg. Sowie in Frankreich, England, Dänemark, Niederlande, Polen, Tschechien, der USA, Kanada und Australien.

3.3.2 Faktoren für den Gerstenanbau

Sie richten sich dem Standort, der Bodenqualität und der Witterung:

- Klima: gleichmäßig, feuchte Zonen
- Boden: kalk- und humushaltiger Lehmboden
- Vegetationsdauer: 120 d – kurze Vegetationszeiten bringen eiweißreiche Gersten hervor.
- Pflanzenschutz: Unkräuter beeinträchtigen den Kornertrag.
- Düngung: Stickstoff, Kali (K_2O), Phosphorsäure (P_2O_5), Kalk
- Ernte: feuchte Gersten schimmeln und verlieren ihre Keimfähigkeit.

www.bierbrauerei.net

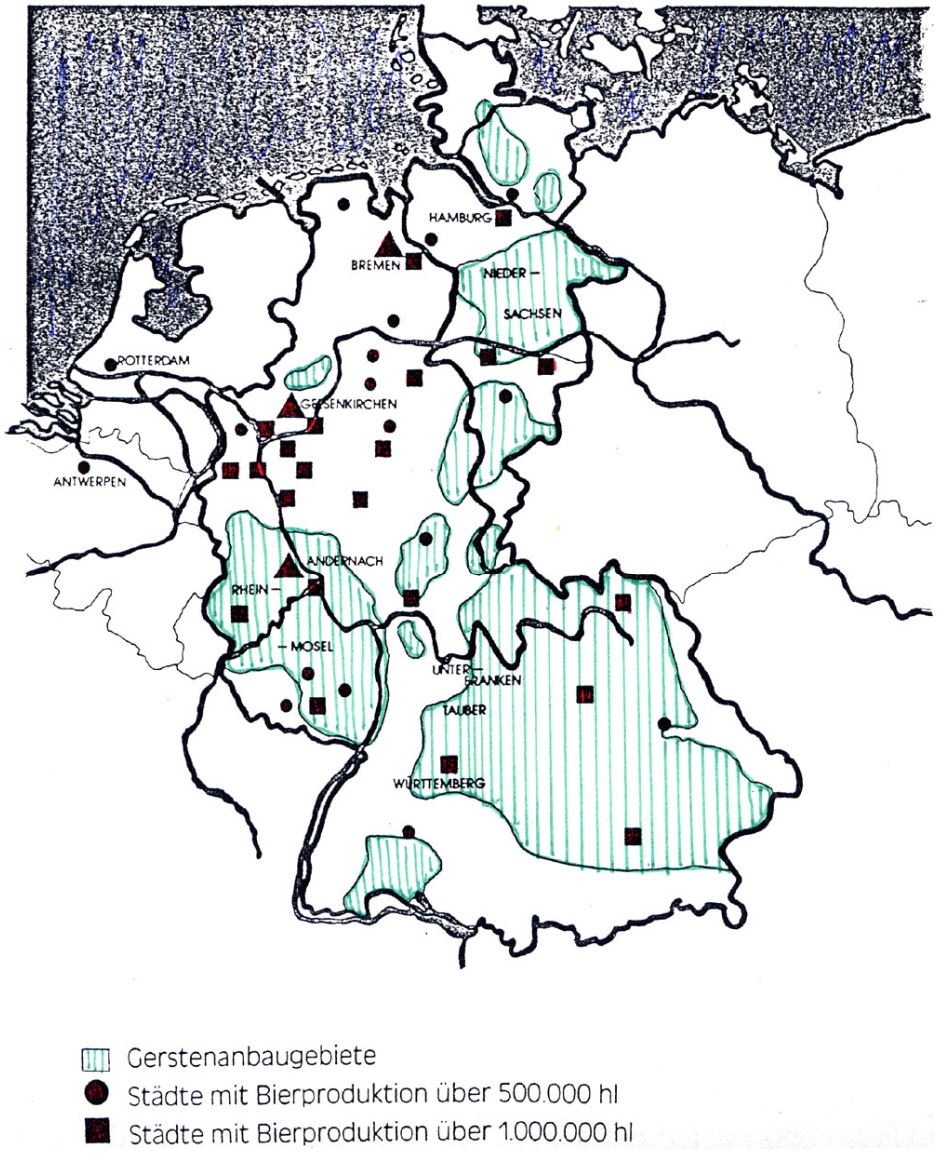


Abbildung 2: Gerstenanbaugebiete in Deutschland

3.4 Reifestadien der Gerste

- Milchreife: Der Korninhalt ist milchig weiß und weich
- Gelbreife: Der Korninhalt ist zäh und knetbar
- Vollreife: Das Korn schrumpft, es wird hart und zäh. Der Halm beginnt abzusterben.
- Totreife: Der Inhalt ist vollkommen hart und bruchempfindlich. Günstigster Zeitpunkt für den Mähdrusch.

www.bierbrauerei.net

3.5 Aufbau des Gerstenkorns

3.5.1 Äußere Merkmale

- Bauchseite: runde Seite mit Bauchfurche. In der Furche befindet sich die Basalborste. Länge und Behaarung sind typische Merkmale der jeweiligen Gerstensorten.
- Rückenseite: flache Seite; die Spelze ist gekräuselt und zeigt sog. Rückennerven.
- Basis: Die Seite des Kornes, die mit der Ähre verbunden ist.
- Spitze: Sie endet in Form einer Nadel – der Granne – und wird beim Dreschen abgeschlagen.
- Schüppchen: sind nach Entfernen der Rückenspelze sichtbar. Größe, Behaarung und Form sind typische Merkmale.

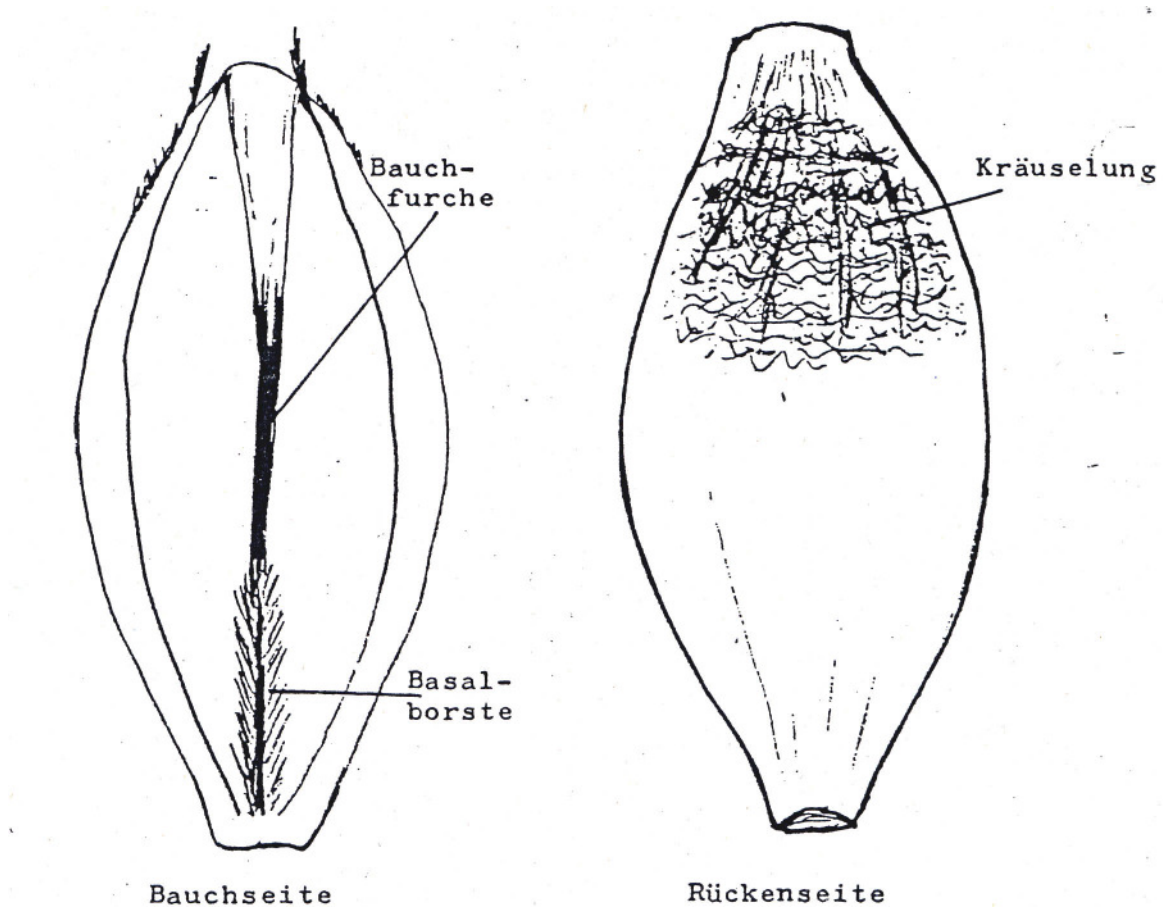


Abbildung 3: Einzelheiten des Gerstenkorns

www.bierbrauerei.net

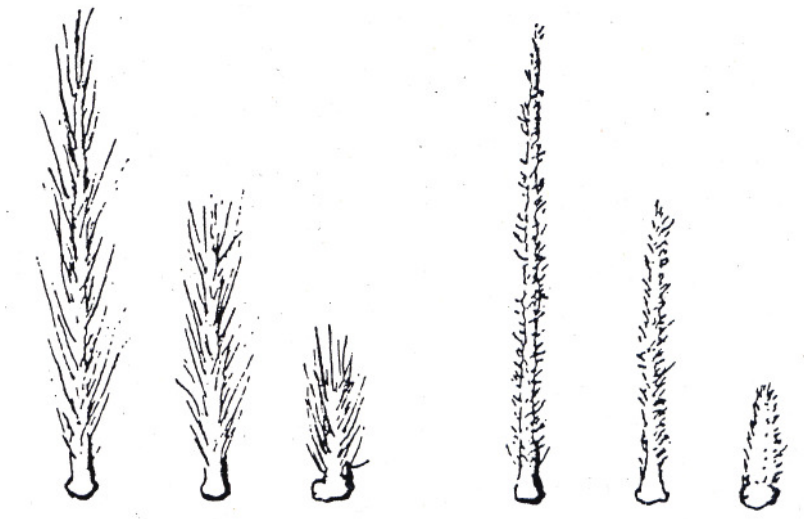


Abbildung 4: Unterschiede der Basalborsten (10 x vergrößert)

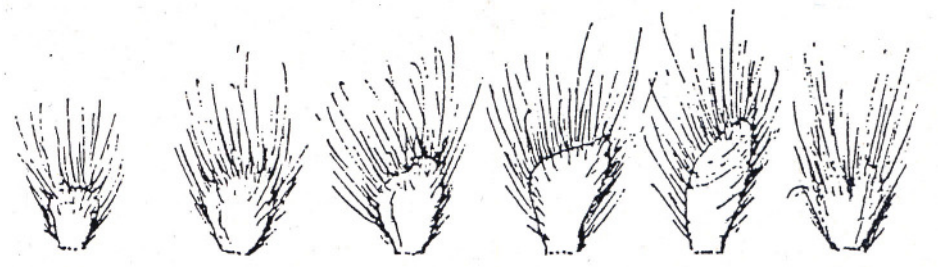


Abbildung 5: Unterschiede der Schüppchen

3.5.2 Bestandteile eines Gerstenkorns

Die Hauptteile sind:

- Keimling:
  - ⇨ Blattkeim
  - ⇨ Wurzelkeim
  - ⇨ Schildchen *(es leitet den wachsenden Keimling die im Mehlkörper vorrätigen Nährstoffe zu.)*
  - ⇨Aufsaugeepithel
- Mehlkörper:
  - ⇨ stärkeführende Zellen → Nährstoffspeicher des Kornes
  - ⇨ fettführende Zellen → Aleuronschicht, die sich am Rande des Mehlkörpers befindet und Fett & Eiweiß enthält
- Umhüllung
  - ⇨ Bauschpelze *(innere Spelze)*
  - ⇨ Rückenspelze *(äußere Spelze)*

Unterhalb der Spelze befindet sich die

- ⇨ Fruchtschale *(äußeres Hüllblatt)*
- ⇨ Samenschale *(inneres Hüllblatt, es ist semipermeabel!)*

www.bierbrauerei.net

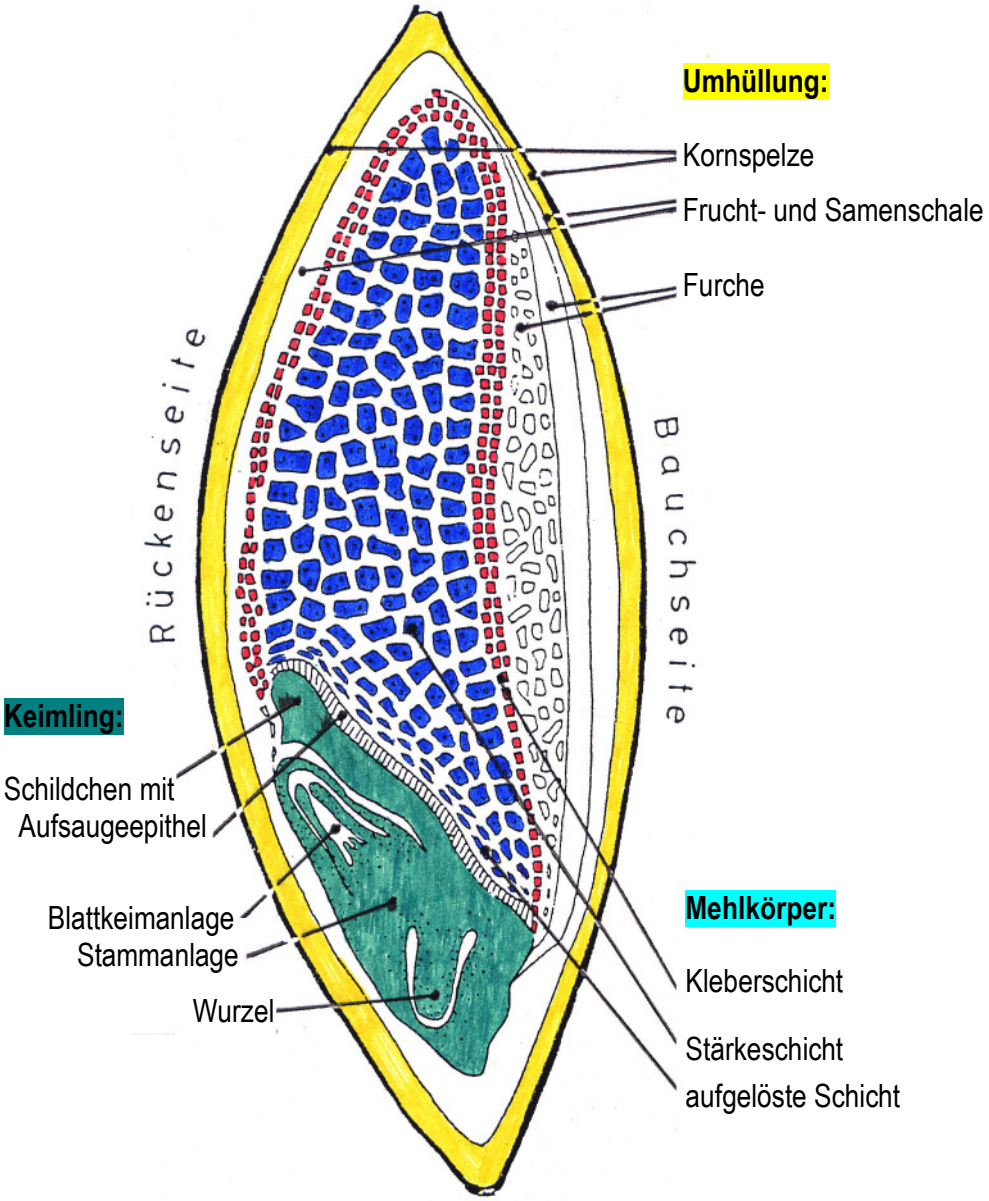


Abbildung 6: Aufbau eines Gerstenkorns

3.6 Lagerung der Gerste

Aus wirtschaftlichen und technologischen Gründen muss die Gerste gelagert werden. Frischgeerntete Gerste keimt sehr schlecht, da sie eine Keimruhe (Nachreife) durchmacht. Die Keimruhe ist ein Selbstschutz der Natur gegen ein Auskeimen der Körner am Halm.

www.bierbrauerei.net

3.6.1 Lagerbedingungen

➲ Belüftung: Da die Gerste ein lebender pflanzlicher Organismus ist, atmet sie und muss demnach genügend belüftet werden.
$[C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ H_2O + 6\ CO_2 + E\ (2830\ kJ)]$

➲ Feuchtigkeit: Je feuchter die Gerste, umso stärker die Atmung. Der Wassergehalt sollte zwischen 14 und 15 % liegen. → evtl. trocknen bei 35-40 °C.

➲ Temperatur: Durch Belüften oder Umlagern kann eine Abkühlung erreicht werden.

3.6.2 Gerstenschädlinge

Der gefährlichste Schädling ist der Kornkäfer, weil er sich sehr schnell vermehrt. Erkennbar ist der Befall an den runden Öffnungen am Korn.

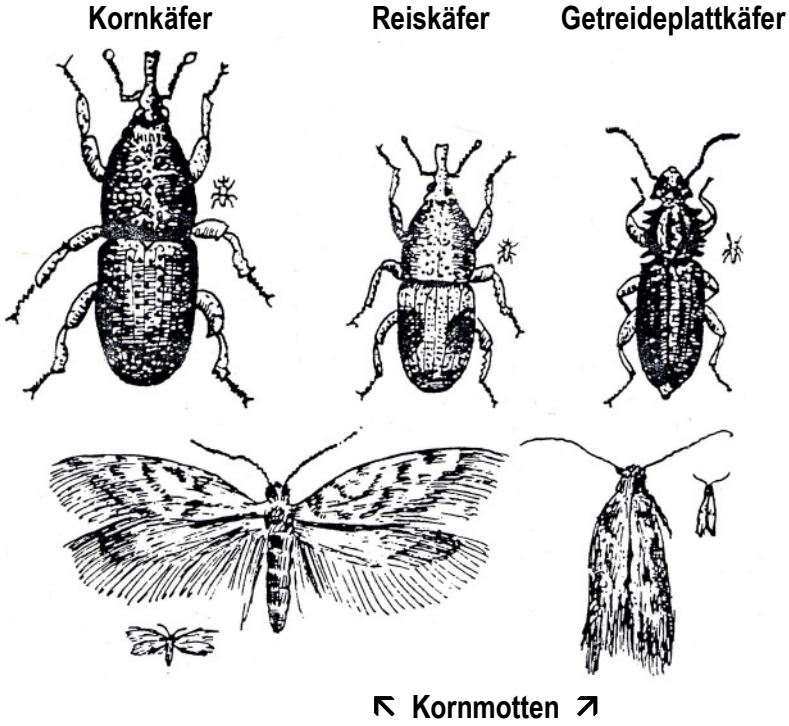


Abbildung 7: Gerstenschädlinge

www.bierbrauerei.net

3.7 Eigenschaften der Braugerste

3.7.1 Äußere Merkmale

- Handbonitierung

3.7.2 Mechanische Merkmale

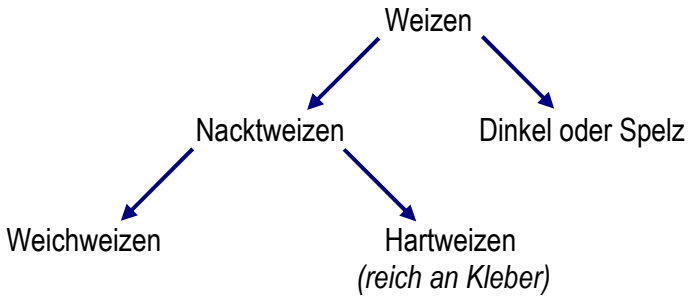
- Hektolitergewicht ⇨ 68-72 kg/hl lftr. [lftr. = lufttrocken]
- Tausendkorngewicht ⇨ 43-48 g lftr.
- Gleichmäßigkeit ⇨ I. Sorte (Vollgerste) > 90 %
  ⇨ II. Sorte (2,2-2,5 mm) < 8 %
  ⇨ Ausputz (< 2,2 mm) < 2 %
- Härte ⇨ möglichst geringe Glasigkeit
- Keimfähigkeit ⇨ sie gibt an, wie viel Körner in der Lage sind, auszukeimen.
  ⇨ > 96 %
- Keimenergie ⇨ sie gibt einen Überblick über die Keimreife und gibt die Zahl der Körner an, die tatsächlich keimen.
  ⇨ Die Keimenergie muss der Keimfähigkeit möglichst nahe kommen.

3.7.3 Chemisch-technische Merkmale

- Wassergehalt ⇨ 12-15 %
- Eiweißgehalt ⇨ 9-11,5 % TrS
- Stärkegehalt ⇨ 58-65 % TrS
- Extraktgehalt ⇨ 75-82 % TrS *(er stellt die Summe der wasserlöslichen und mit Hilfe von Enzymen wasserlöslich gemachten Inhaltsstoffe der Gerste dar)*

IV. Der Brauweizen

4.1 Einteilung



Zum Brauen wird nur **nackter Weichweizen** verwendet.

www.bierbrauerei.net

4.2 Eigenschaften eines guten Brauweizens

- Extraktgehalt: ⇨ 82-83 %
- Hektolitergewicht: ⇨ 76-80 kg
- Tausendkorngewicht: ⇨ 43-48 g
- Wassergehalt: ⇨ 14-18 %
- Eiweißgehalt: ⇨ 12-15 %
- Stärkegehalt: ⇨ 63-70 %
- Farbe: ⇨ leuchtend gelbbraun

4.3 Herstellung von Weizenmalz

Zur Herstellung von Weizenmalz kann nur verwendet werden,

⇨ der wenig Kleber enthält, damit beim Abläutern keine Schwierigkeiten entstehen.
⇨ noch nicht ausgekeimt ist.

Weizenmalz wird ähnlich wie Gerstenmalz hergestellt. Da Weizen keine Spelzen besitzt und die Wasseraufnahme des Kornes schneller vor sich geht, bedarf es weniger Weichzeit. Weizen neigt beim Mälzen zur Hitzigkeit. Er wird deshalb kälter geführt und knapper beschickt.

4.4 Herstellung von Weizenbier

Zur Herstellung von Weizenbier kann nicht nur Weizen verwendet werden, da

⇨ er keine Spelzen besitzt, womit das Filtermaterial beim Abläutern entfallen würde.
⇨ sie wesentlich weniger Enzyme besitzen als Gerste.

Im Herstellungsverfahren unterscheidet sich das Weizenbier vom untergärigen Bier durch ein anderes Sudverfahren. Das Mischungsverhältnis von Weizenmalz schwankt meist zwischen 40 % und 80 %.
Ferner unterscheidet sich das Weizenbier vom untergärigen Bier durch die Verwendung von obergäriger Hefe bei wärmerer und kürzerer Gärführung, durch kältere und kürzere Lagerung bei einem höheren Spundungsdruck und durch Abfüllung unter höherem Druck.

www.bierbrauerei.net

V. ERSATZSTOFFE DES MALZES

5.1 Rohfrucht (unvermälzte Frucht)

➲ Reis: Reis kommt nur in Form von Bruchreis (geschälter Reis) für Brauzwecke in Frage. Der Reis hätte also eine Schale. Man kann aber Schalenreis nicht verwenden, da die Schale (=Spelz) einen sehr bitteren Geschmack abgeben würde. Reis enthält sehr viel Stärke und wenig löslichen Eiweiß.

➲ Mais: Da Rohmais 0,5-5 % Öl (=Fett) enthält, das hauptsächlich im Keimling enthalten ist, kommt der Mais entkeimt in den Handel *(Fett wirkt schaumzerstörend)*.
Verwendungsformen von Mais in der Brauerei sind: Größere Maisgrieße, „Grits“, Abfallprodukte, die bei der Herstellung von Maismehl anfallen, Flocken und reine Maisstärke.

➲ Gerste: Gerstenrohfrucht wird in England verwendet. Sie wird in einer Menge von ca. 20 % verwendet, um eine Abläuterung im Läuterbottich zu haben. Diese Biere sind relativ hart im Geschmack und eiweißbitter. Es gibt zudem Versuche mit Grünmalz- und/oder Enzymzusätzen.

Vorteile der Rohfruchtverwendung:
⇨ sie ist billiger als Gerste
⇨ sie braucht nicht vermälzt werden (keine Mälzungskosten)
⇨ sie enthält teilweise viel Extrakt und ergibt deshalb höhere Ausbeuten
⇨ sie erhöhen teilweise die Schaumhaltigkeit der Biere

Nachteile der Rohfruchtverwendung:
⇨ sie enthält wenig Enzyme, die zum Stärke- und Eiweißabbau erforderlich sind
⇨ andere intensive Maischerverfahren vonnöten
⇨ das Bier wird geschmacklich ungünstig beeinflusst, wenn mehr als 20 % verwendet wird.
⇨ zu hoher Rohfruchtanteil beeinträchtigt die Abläuterung (Gummistoffe)
⇨ veränderter Biergeschmack, besonders bei Rohfruchtgaben über 20 %

5.2 Zucker

Zucker wird in der Pfannenwürze kurz vor dem Ausschlagen zugesetzt, um den Anteil des vergärbaren Extraktes zu erhöhen und gleichzeitig den Stickstoffanteil der Würze zu verdünnen.
Bei Malz- und Nährbieren wird Zucker dem filtrierten Bier zugeführt, um diesem Bier den gewünschten Charakter zu verleihen.

www.bierbrauerei.net

5.3 Ausbeuten

- Reis 80-84 %
- Maisgrieß 80-84 %
- Maisflocken 90-94 %
- Gerstenmalz 72-76 %

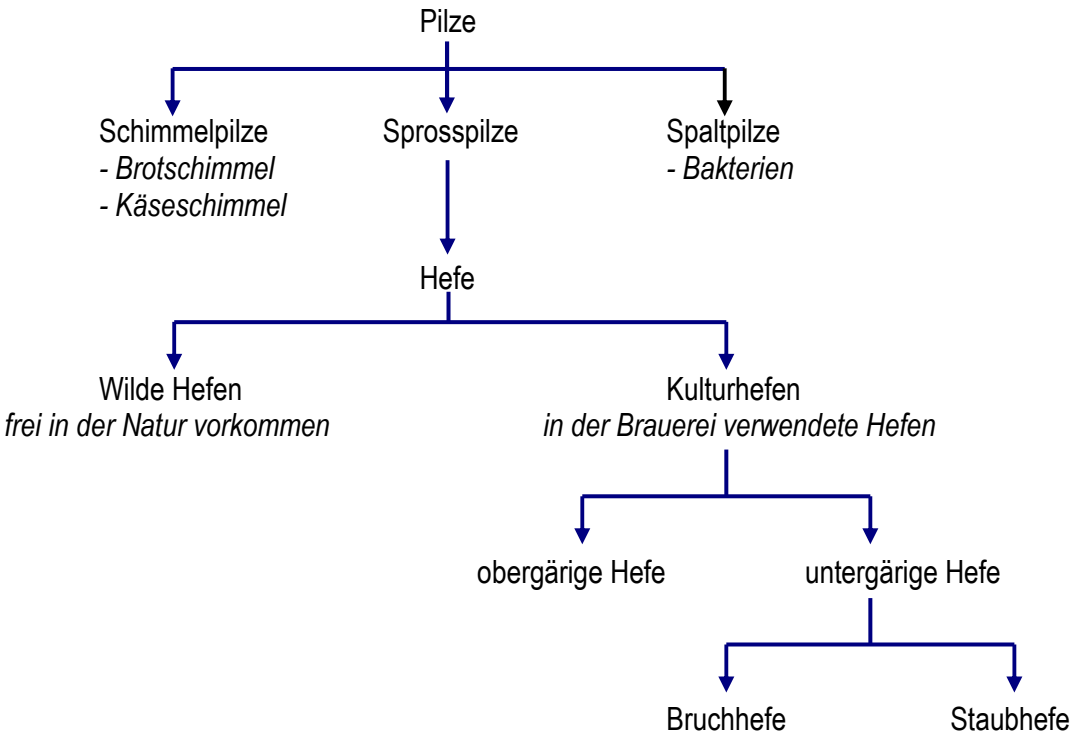
Merke: Nach dem Reinheitsgebot, das im Biersteuergesetz verankert ist, ist in der Bundesrepublik Deutschland die Verwendung von Rohfrucht und Zucker zur Bierherstellung verboten! (für die Biere ins Ausland können Ausnahmen gemacht werden.)

VI. Die Hefe

6.1 Vorkommen

Die Hefe ist ein Lebwesen und gehört im Pflanzenreich zur Gruppe der Pilze. Die in der Natur frei vorkommenden Wildhefen sind weitgehend obergärig und tragen zum Kreislauf der Stoffe entscheidend bei. Sie leben auf süßen, saftigen Früchten und Pflanzensäften, fliegen in der Luft und befinden sich im Wasser. Da die Hefen sehr klein und leicht sind, werden sie überall hingetragen *(Infektionsgefahr!)*.

6.2 Einteilung der Hefen



Bruchhefe: ⇨ sind niedervergärende Hefen, die sich am Ende der Gärung relativ schnell absetzen.

Staubhefe: ⇨ sein hochvergärende Hefen, die länger in der Schwebe bleiben.

www.bierbrauerei.net

6.3 Bau einer Hefezelle

Hefen sind Einzeller von runder bis ovaler Form; sie haben eine Größe von 3,5-8,0 x 5,0-15 µm.

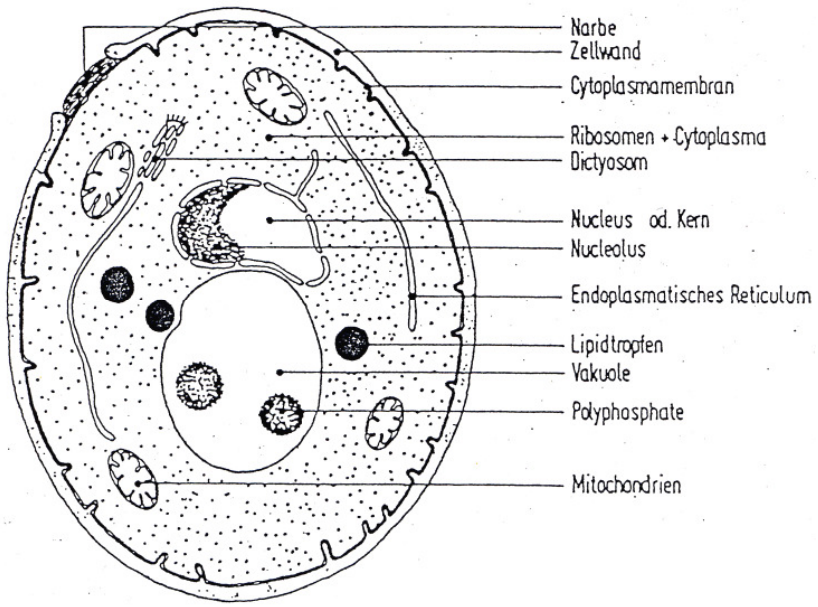


Abbildung 8: Schematische Darstellung einer Hefezelle mit ihren Cytoplasmapartikeln

- Zellwand: Sie dient zum Schutz des Zellinneren und kontrolliert die Aufnahme von Stoffen, sowie das Ausscheiden von Stoffwechselprodukten.
- Zellkern: Er enthält das gesamte Erbmaterial und steuert die Lebensvorgänge
- Cytoplasma: Es baut sich überwiegend aus Eiweiß, Reservekohlenhydrate (Glycogen), Fetttröpfchen und Flüssigkeitsvakuolen auf. Außerdem sind lösliche Enzyme enthalten.

6.4 Vermehrung der Hefe

Die Bierhefe ist ein so genannter Sprosspilz, d.h. sie vermehrt sich durch Sprossung. Dabei bringt die Hefezelle eine Ausstülpung hervor, die sich stufenweise vergrößert und sich zu einer vollkommenen Hefezelle entwickelt. Wenn diese Tochterzelle eine gewisse Größe und ein gewisses Alter erreicht hat, trennt sie sich von der Mutterzelle.

Bei der obergärigen Hefe produziert die Tochterzelle bereits vor ihrer Abschnürung selbst eine Tochterzelle. Hängen mehrere Hefezellen zusammen, so spricht man Sprossverbänden.

www.bierbrauerei.net

6.5 Hefebehandlung

Die Hefe vermehrt sich während der Hauptgärung um das etwa 3-4 fache. Der beste Teil der Hefeernte – die so genannte Kernhefe – wird entweder

- ⇨ sofort wieder zum Anstellen weiterer Sude verwendet
- ⇨ unter Jungbier aufbewahrt oder
- ⇨ gewaschen, gesiebt und unter Wasser aufbewahrt.

Das sofortige Weitergeben von Sud zu Sud ist günstiger, da die Hefe durch das Aufbewahren unter Wasser an Gärkraft verliert.

Alle Gefäße, Apparate und Leitungen, die mit Hefe in Berührung kommen, sind sorgfältig sauber zu halten und zu desinfizieren, um bierschädlichen Organismen fernzuhalten.

6.6 Anforderungen an die Brauereihefe

Die Hefe muss:

- ➲ gärkräftig sein
- ➲ gute Vermehrung zeigen
- ➲ den Zucker in Alkohol und CO_2 abbauen
- ➲ lange in Schwebe bleiben
- ➲ dem Bier einen guten Geschmack verleihen
- ➲ frei sein von bierschädlichen Organismen, Hopfenharzen, Eiweißbestandteilen, toten Hefezellen und fremden Heferassen

Photosynthese: ⇨ $6\ H_2O + 6\ CO_2 \xrightarrow[\text{Sonnenenergie, Chlorophyll}]{} C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$

Atmung: ⇨ $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + E\ (2822\ kJ)$

Gärung: ⇨ $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{Zymase}]{} 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2 + E\ (88\ kJ)$

Kohlenhydrate:

Monosaccharid:	⇨ Glucose	$C_6H_{12}O_6$
	⇨ Fructose	$C_6H_{12}O_6$
Disaccharid:	⇨ Maltose	$C_{12}H_{22}O_{11}$
	⇨ Saccharose	$C_{12}H_{22}O_{11}$
Trisaccharid:	⇨ Maltotriose	
	⇨ Raffinose	
Oligosaccharid:	⇨ Dextrine	
Stärke:	⇨ Amylose	
	⇨ Amylopektin	

www.bierbrauerei.net

6.7 Merkmale obergäriger und untergäriger Hefe

obergärige Hefe	untergärige Hefe
⇨ steigt am Ende der Gärung nach oben	⇨ setzt sich am Ende der Gärung am Boden ab
⇨ Gärtemperatur: 18-25 °C	⇨ Gärtemperatur 5-12 °C
⇨ bildet Sprossverbände	⇨ bildet keine Sprossverbände
⇨ kann öfters geführt werden (~ 20 mal)	⇨ kann nicht so oft geführt werden (ca. 5-8 mal)
⇨ vergärt Raffinose zu 1/3	⇨ vergärt Raffinose vollständig

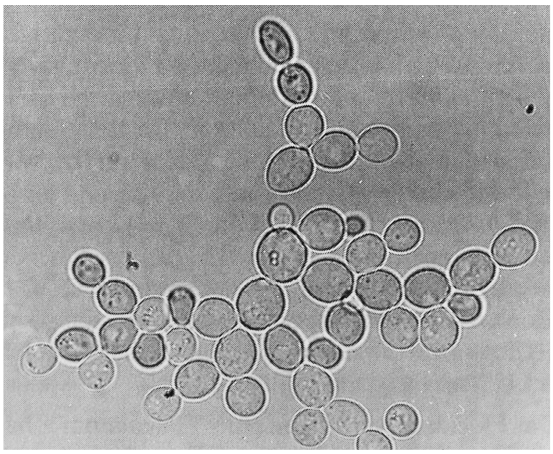


Abbildung 9: obergärige Bierhefe [etwa 1000fach vergrößert]

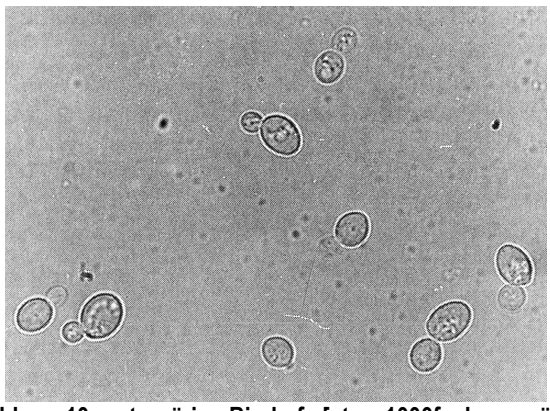


Abbildung 10: untergärige Bierhefe [etwa 1000fach vergrößert]

www.bierbrauerei.net

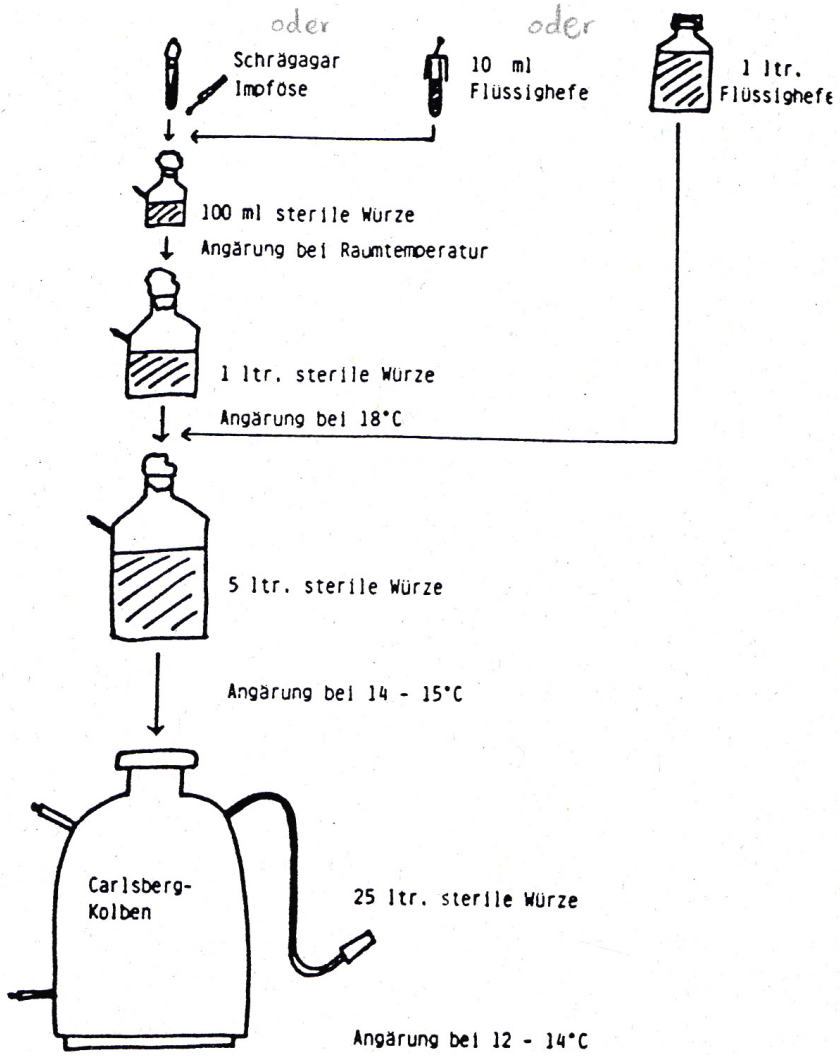


Abbildung 11: Anlegen einer Reinzuchthefe (Hefeführung im Labor)

www.bierbrauerei.net

VII. DER HOPFEN

Seit ca. 800 n. Chr. zur Bierbereitung. → unbefruchtete, weibliche Pflanze (befruchteter Hopfen hat wenig Brauwert!)

Abbildung 12: Die Hopfenpflanze [humulus lupulus]

7.1 Anforderungen an den Hopfenanbau

- Mäßig warmes, feuchtes Klima
- Tiefgründiger Anbau
- Hügeliges Land (windgeschützt)
- Besondere Anlagen (Hopfengärten)

7.2 Anbaugebiete

- Bundesrepublik Deutschland
  - Baden-Württemberg (Tettnang)
  - Bayern (Hallertau, Hersbruck, Spalt, Jura)
  - Rhein-Pfalz
  - Elbe-Saale
- Tschechien (Saaz)

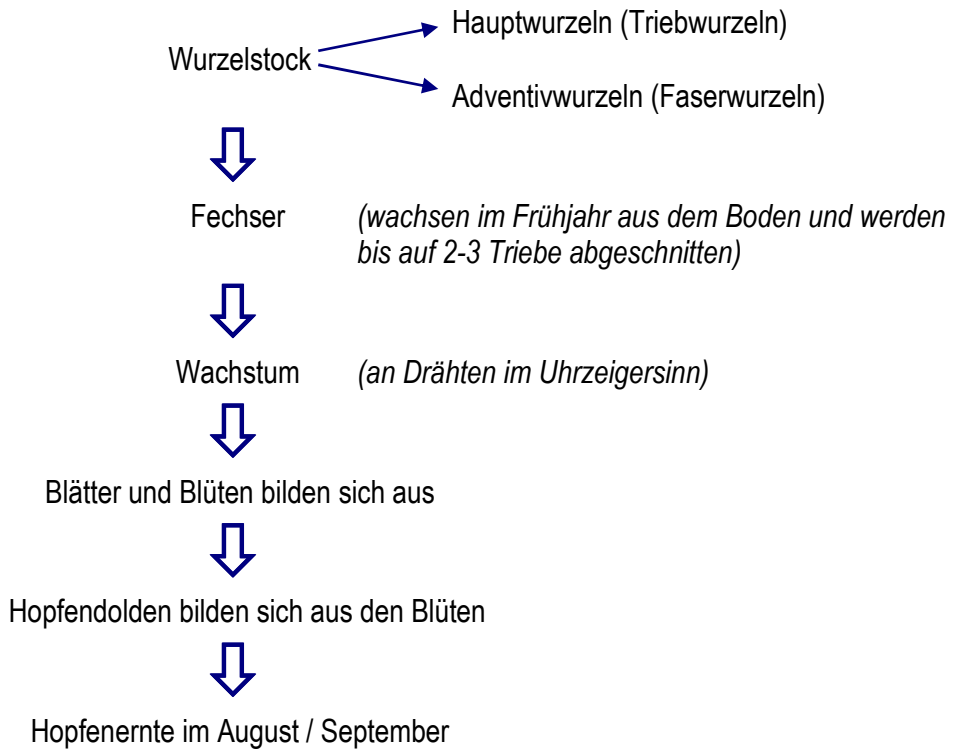
www.bierbrauerei.net

- Steier
- Polen
- England
- Frankreich
- USA

7.3 Hopfensorten

- Einteilung in: ⇨ Frühhopfen (z.B. Tettnanger)
  ⇨ Späthopfen (z.B. Hersbruck)
- Einteilung in: ⇨ Aromasorte (z.B. Tettnanger, Saaz)
  ⇨ Bitterhopfen (z.B. Northern Brewer, Brauers Gold, Magnum)
  ⇨ Andere

7.4 Wachstum der Hopfenpflanze



- Ertrag: ⇨ 0,8-2,3 t/ha (je nach Sorte, Witterung und Schädlingsbekämpfung)

www.bierbrauerei.net

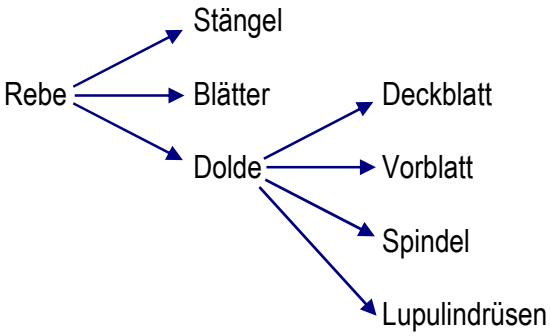
7.4.1 Vermehrung

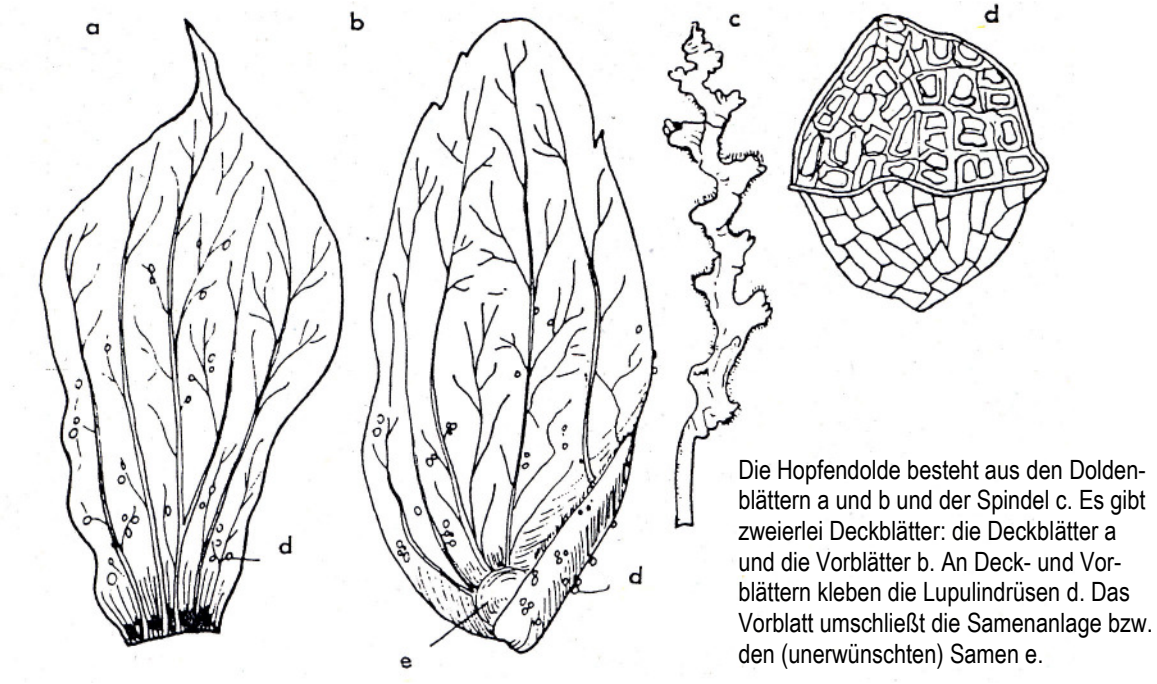
Durch Fechser (ungeschlechtlich). Ertrag nach 2-3 Jahren

7.4.2 Züchtung

Durch Bestäubung der weiblichen Pflanze

7.5 Bestandteile der Hopfenpflanze





Die Hopfendolde besteht aus den Doldenblättern a und b und der Spindel c. Es gibt zweierlei Deckblätter: die Deckblätter a und die Vorblätter b. An Deck- und Vorblättern kleben die Lupulindrüsen d. Das Vorblatt umschließt die Samenanlage bzw. den (unerwünschten) Samen e.

Abbildung 13: Die Teile der Hopfendolde

www.bierbrauerei.net

7.6 Hopfeninhaltsstoffe

- Bitterstoffe (im Lupulin)
  - ⇨ ergeben bitteren Geschmack
  - ⇨ verlängern die Bierhaltbarkeit
  - ⇨ oxidieren leicht → unangenehmer Biergeschmack
    → geringerer Bitterwert

- Hopfenöle (in Lupulindrüsen)
  - ⇨ ergeben Aroma im Bier
  - ⇨ verlängern Haltbarkeit des Hopfens

- Gerbstoffe (in Hochblättern und Spindel)
  - ⇨ den Gerbstoffen werden eiweißausfällende Eigenschaften (beim Würzekochen → Bruchbildung) zugeschrieben. Sie sind jedoch zur Eiweißausfällung nicht unbedingt notwendig.
  - ⇨ Veränderung während der Lagerung → unangenehmer Biergeschmack

7.7 Hopfenbehandlung

- Trocknung: ⇨ frisch gepflückter Hopfen enthält 75-80 % Wasser. Auf Darren wird der Hopfen bei 30-50 °C auf 10-12 % Wassergehalt getrocknet

- Schwefelung: ⇨ während der Trocknung wird der Hopfen geschwefelt zum Zweck der Konservierung.

- Verpackung:
  - ⇨ in Ballen (leicht gepresst, ca. 100 kg)
  - ⇨ in Ballot (stark gepresst, ca. 150-250 kg)

  Zweck: Platz sparen und Fernhalten des Sauerstoffs

- Aufbewahrung: ⇨ in kühlen, trockenen und dunklen Räumen

- Hopfenversiegelung: ⇨ in der Bundesrepublik Deutschland besteht Siegelzwang.

  Die Siegelurkunde enthält:
  - → Die Worte „Deutscher Siegelhopfen“
  - → Land
  - → Anbaugebiet
  - → Jahrgang
  - → Hopfensorte
  - → Siegelbezirk
  - → Angabe, ob der Hopfen aufbereitet wurde
  - → Unterschrift und Siegel

www.bierbrauerei.net

BEGLEITURKUNDE

Ausgestellt auf Grund der Verordnung (EWG) Nr. 1696/71 vom 26. 7. 1971,
geändert durch Verordnung (EWG) Nr. 1170/77 vom 17. 5. 1977.

DEUTSCHER SIEGELHOPFEN

(ohne Samen)

Zertifiziertes Erzeugnis - Verordnung (EWG) Nr. 890/78

LAND
Württemberg

ANBAUGEBIET
Tettnang

JAHRGANG
1985

SORTE
TETTNANGER

GRUPPE: AROMA

NR. BALLEN/BALLOT
6128 - 6147

GEWICHT IN KG (BRUTTO)
2010 –

Aufbereitet

ORT Wolnzach DEN 13.2. 1986

DIENST-SIEGEL

Siegelmeister/Aufsicht

Koppenwallner

NR.: 049 / 062034 *

(Rückseite beachten!)

Abbildung 14: Begleiturkunde Deutscher Siegelhopfen

www.bierbrauerei.net

7.8 Hopfenprodukte

➲ Naturhopfen: ⇨ siehe 7.7

➲ Normales Hopfenpulver *(entspricht dem Naturhopfen)*:
⇨ Zerkleinerung des Hopfens
⇨ Wassergehalt 3-8 %
⇨ als Pulver gepresst oder ungepresst
⇨ als Pellets gepresst

➲ Angereichertes Hopfenpulver *(konzentrierter Hopfen)*:
⇨ Kühlung auf -(20-30) °C
⇨ Zerkleinerung der Dolde
⇨ Lupulin von den Blättern und Stängeln trennen
⇨ als Pulver oder Pellets im Handel

Pelletstyp 45, 75 oder 90: Der Pelletstyp 45 besagt, dass aus 100 kg Naturhopfen durch Absonderung von wertlosen Bestandteilen 45 kg Pellets vom Typ 45 gewonnen wurden.

➲ Hopfenextrakt: ⇨ Der Hopfen wird zerkleinert; danach trennt man mit Hilfe von Lösungsmitteln (Alkohol, Methylenchlorid oder CO_2) die wertvollen Bestandteile von den wertlosen und unlöslichen Bestandteilen.
Die Gerbstoffe werden mit Heißwasser aus den von Bitterstoffen befreiten Hopfentrebern gelöst.
Anschließend wird der Extrakt standardisiert, d.h. Bitterstoff- und Gerbstoffextrakt werden in einem bestimmten Verhältnis gemischt.

➲ Hopfenextraktpulver: ⇨ Trocknung der extrahierten Bitterstoffe (→ Gefahr der Oxidation!)

➲ Isomerisierter Hopfenextrakt *(nach dem Reinheitsgebot verboten!)*:
⇨ ein vorher isomerisierter (umgewandelter) Hopfenextrakt wird dem fertigen Bier (z.B. im Lagertank) zugegeben.

➲ Vorteile der Hopfenprodukte:
⇨ Hopfeneinsparung → bessere Haltbarkeit
→ weniger Frachtkosten
→ weniger Lagerraum
→ weniger Raumkühlung
→ Hopfenseiher entfällt
→ gleichmäßige Bitterwerte
→ leicht zu dosieren bzw. automatisieren.

www.bierbrauerei.net

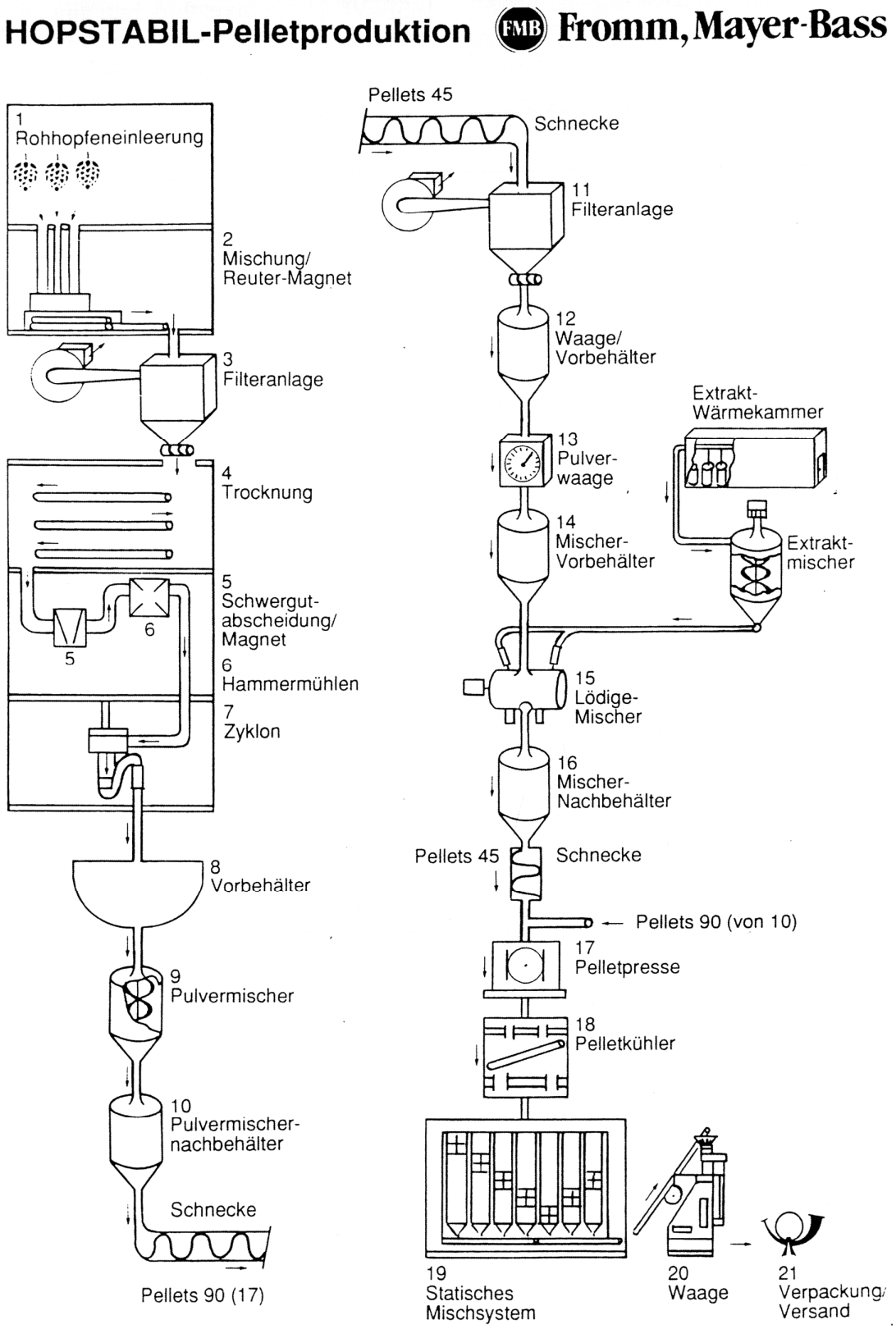


Abbildung 15: Produktion von Pellets

www.bierbrauerei.net

7.9 Bedeutung des Hopfens für das Bier

- verleiht dem Bier einen bitteren Geschmack
- ergibt das typische Hopfen-Bieraroma
- fördert Klärung durch Eiweißausscheidung
- wirkt keimtötend
- fördert die Schaumhaltigkeit

7.10 Hopfengabe

Ca. 6-15 g α – Säuren pro hl Würze, dies entspricht 20-40 Bittereinheiten im Bier

- ⇨ 1. Gabe: 75 min. vor dem Ausschlagen
- ⇨ 2. Gabe: 50 min. vor dem Ausschlagen
- ⇨ 3. Gabe: 20 min. vor dem Ausschlagen

VIII. DAS WASSER

Chemisch reines Wasser besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff (H_2O)

8.1 Kreislauf des Wassers

- Verdunstung vom Meer 393 mm/m³ Jahr
- Verdunstung am Land 410 mm/m³ Jahr

8.2 Zweck des Wassers

Wasser dient den Lebewesen und Pflanzen als „Transportwasser“ zum Transport der darin gelösten Stoffe.

8.3 Chemische Vorgänge beim Regnen

In der Luft und im Boden befindet sich Kohlendioxid (= CO_2), das durch Atmung von Menschen, Tieren und Pflanzen sowie beim Fäulnisprozess von Pflanzen und bei der Verbrennung entstanden ist.

Das Kohlendioxid verbindet sich mit dem Wasser des Regens zu Kohlensäure:

⇨ $CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$

www.bierbrauerei.net

Kohlensäure ist eine schwache Säure, die jedoch aggressiv sein kann. Dringt diese schwache Säure in das Erdinnere ein und trifft dort auf kalkhaltiges Gestein (Kalkstein = $CaCO_3$), so wird der Kalkstein von der Kohlensäure gelöst. Chemisch reines Wasser greift den Kalkstein nicht an.

⇨ $CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$

Calciumcarbonat + Kohlensäure ⟶ Calciumhydrogencarbonat

→ *wasserunlöslich* → *wasserlöslich*

→ *säurelöslich*

Das gelöste Calciumhydrogencarbonat ist die Ursache für die Härte des Wassers. Je mehr Calciumhydrogencarbonat im Wasser gelöst ist, desto härter ist das Wasser.

⇨ $Ca(HCO_3)_2 + \text{Wärme} \longrightarrow \underset{\textit{Kalkstein}\ \textit{Kesselstein}}{CaCO_3 \downarrow} + H_2CO_3 \nearrow CO_2 \uparrow \searrow H_2O$

8.4 Salze (Ionen) im Wasser

➲ Kationen: H^+ ; Na^+ ; K^+ ; NH_4^+ ; **Ca^{++}** ; **Mg^{++}** ; Mn^{++} ; Fe^{+++} ; Al^{+++} ;

➲ Anionen: OH^- ; Cl^- ; **HCO_3^-** ; NO_2^- ; NO_3^- ; **SO_4^{--}** ; SiO_3^{--} ; PO_4^{---} ;

8.5 Härte des Wassers

➲ Gesamthärte (GH): ⇨ sie wird bestimmt durch alle im Wasser vorhanden Ca- und Mg-Salze. Die übliche Einheit ist °dH

1 °dH = 10 mg CaO/l	**1 °dH = 1 g CaO/hl**

➲ Karbonathärte (KH): ⇨ die KH setzt sich zusammen aus allen Ca- Mg-Ionen, die an einem Karbonatrest (HCO_3^-) gebunden sind.

$Ca(HCO_3)_2$ – Calciumhydrogencarbonat

$Mg(HCO_3)_2$ – Magnesiumhydrogencarbonat

⇨ Diese KH-Bildner können durch Kochung unter Bildung von CO_2 ausgeschieden werden, wodurch man sie früher auch als vorübergehende Härte bezeichnet hat.

➲ Nichtkarbonathärte (NKH):

⇨ Die NKH setzt sich zusammen aus allen Ca- und Mg-Ionen, die nicht an einem Karbonatrest (HCO_3^-) gebunden sind, sondern an andere Säurereste:

$CaCO_4$ – Calciumsulfat

$MgCO_4$ – Magnesiumsulfat

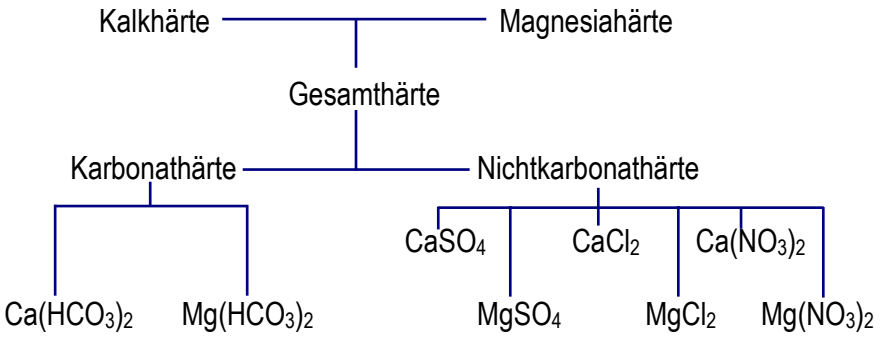
$CaCl_2$ – Calciumchlorid

$MgCl_2$ – Magnesiumchlorid

⇨ Die NKH kann nicht durch Kochen entfernt werden, wodurch man sie auch als bleibende Härte bezeichnen kann.

www.bierbrauerei.net

➲ Die GH kann noch unterteilt werden in Calcium-Härte und Magnesium-Härte:



8.6 Wirkung der Wassersalze

Die Wassersalze beeinflussen den Geschmack des Bieres nicht direkt, sondern indirekt durch ihre Wirkung auf enzymatische Reaktionen, die sich im Laufe der Würze- und Bierbereitung abspielen. Der wichtigste Einfluss der Wassersalze hängt mit ihrer Wirkung auf den pH-Wert der Maische, Würze und des Bieres zusammen. Die Hydrogencarbonationen im Wasser verschlechtern maßgeblich die Wasserstoffionenkonzentration (pH) der Maische und der Würze. Die NKH verbessert den pH-Wert der Maische bzw. der Würze.

➲ Hoher pH-Wert bewirkt: ⇨ Verzuckerung schwieriger
⇨ Würze läuft trübe
⇨ Sudhausausbeute schlechter
⇨ Koagulation schlechter
⇨ Würze färbt stärker zu
⇨ Hopfenbittere ist rauer
⇨ empfindlich gegenüber Bakterien

8.7 Brauwasseraufbereitung

Zweck der Wasseraufbereitung ist eine Verbesserung der Qualität des Brauwassers und damit der Qualität des Bieres. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf die KH gerichtet.

➲ Erhitzen: ⇨ durch Erhitzen des Wassers scheiden dich die Karbonate aus *(→ teures Verfahren!)*

➲ Entkarbonisieren mit Kalkwasser:

⇨ $Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2\ CaCO_3 \downarrow + 2\ H_2O$

Durch Zusatz von Kalkwasser wird das lösliche Hydrogencarbonat zum unlöslichen Karbonat umgesetzt.
Zur Entfernung von Magnesiumhydrogencarbonat bedarf es eines Überschusses an Kalkwasser. Da die Gefahr einer Überkalkung besteht, ist es notwendig, regelmäßig das Kalkwasser und das aufbereitete Wasser mittels Titration des p- und m-Wertes zu überprüfen. Hierbei soll der p-Wert den halben m-Wert niemals überschreiten.

www.bierbrauerei.net

a) diskontinuierliches Verfahren

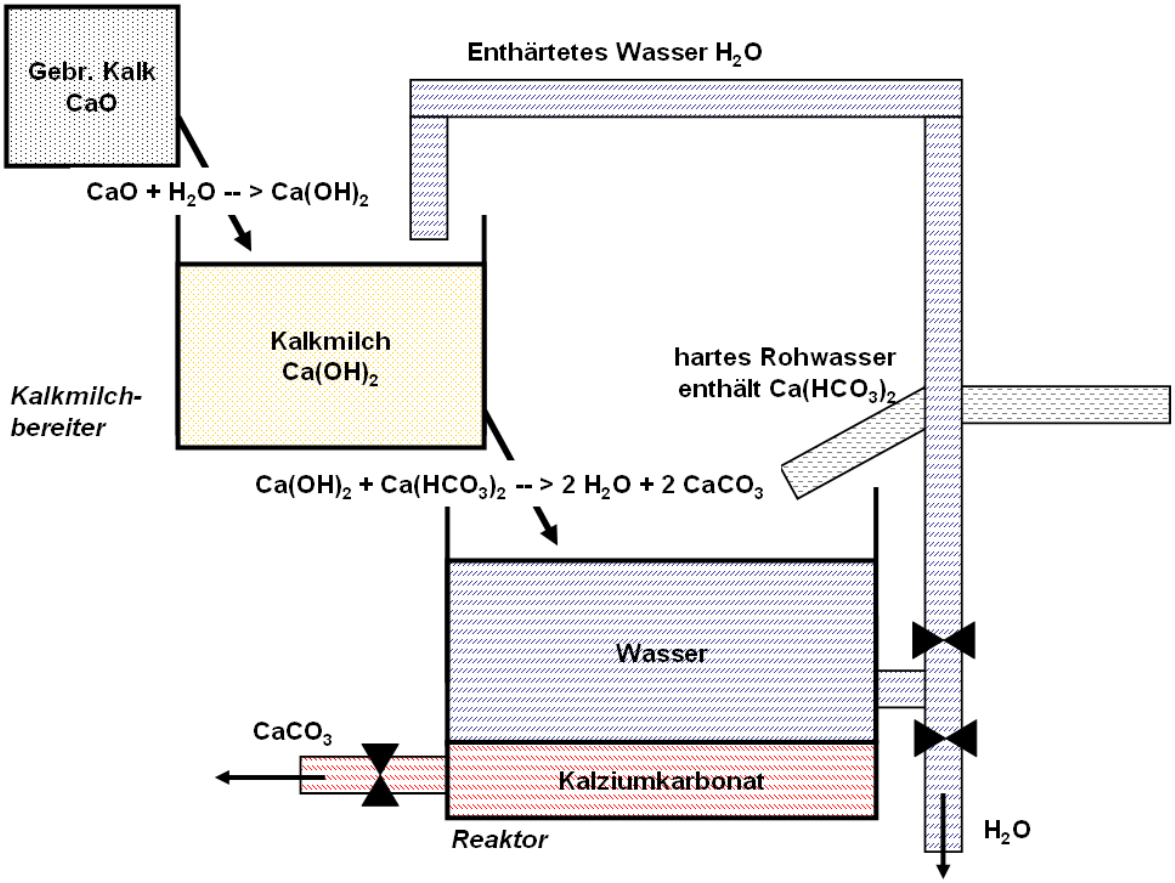


Abbildung 16: Diskontinuierliches Verfahren zur Wasseraufbereitung

b) kontinuierliches Verfahren

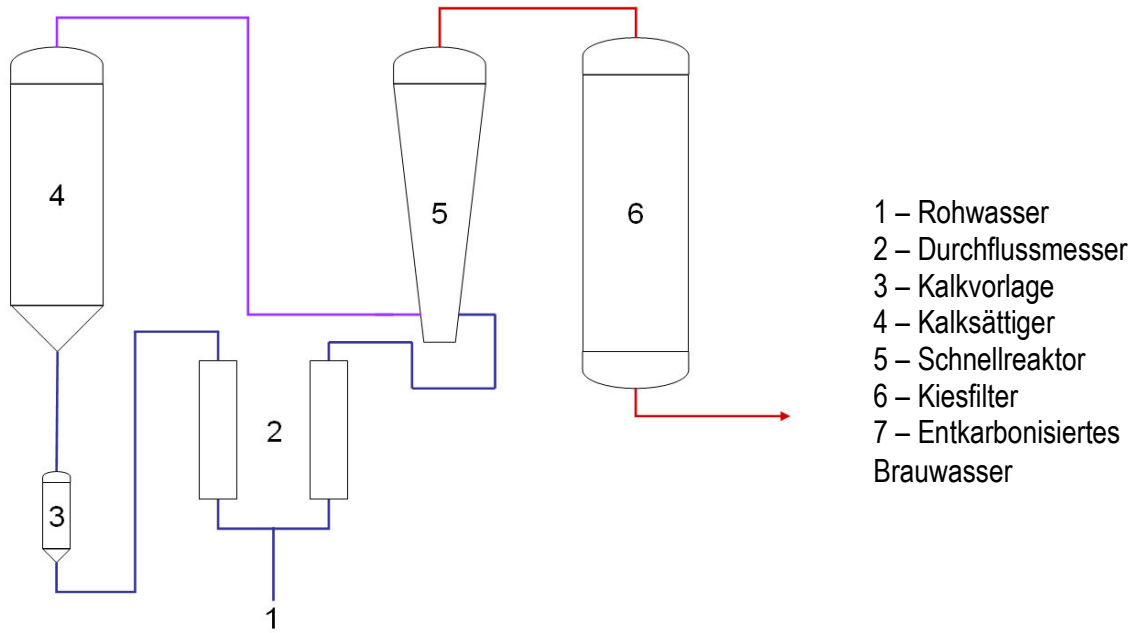


Abbildung 17: Kontinuierliches Verfahren zur Wasseraufbereitung

www.bierbrauerei.net

In einem zylindrischen Gefäß (Reaktor) wird durch entsprechende Einbauten in Folge kräftiger Mischung und Bewegung eine schnelle Reaktion des Rohwassers mit dem Kalkwasser erreicht. Dabei kann kontinuierlich entkarbonisiertes Wasser entnommen werden, das anschließend über einen Kiesfilter noch vollständig geklärt werden.

c) Schnellentkarbonisieren

Durch eine Kontaktmasse (Reaktorsand) und durch Druck verringert sich die Reaktionszeit auf 10 min.

⇨ Vorteile: → gleichzeitige Wasserreinigung
→ Entfernung einiger Schwermetalle (z.B. Fe, Mn)
→ Entfernung organischer Stoffe
→ Entfernung von Trübstoffen
→ Entfernung von aggressivem CO_2

➲ Zugabe von Braugips: ⇨ Man setzt dem Wasser oder der Maische Calciumsulfat oder –chlorid in Form von Gips zu. Dadurch wird die NKH erhöht und die schädliche Wirkung der KH vermindert.

➲ Enthärtung mit Ionenaustauscher:

⇨ Bei diesem Verfahren werden die Ionen im Wasser durch gleichgeladene Ionen im Austauscher ausgetauscht.

a. *schwachsaurer Kationenaustauscher*

⇨ $Ca(HCO_3)_2\ 2\ H^+ \longrightarrow Ca^{2+} + H_2CO_3$
↓ zur Entgasung

⇨ Es werden die Härtebildner des Wassers durch Wasserstoffionen ausgetauscht. Dadurch verringert sich die KH.

b. *starksaurer Kationenaustauscher*

⇨ $CaSO_4 + 2\ H^+ \longrightarrow Ca^{2+} + H_2SO_4$
↓ zum Anionenaustauscher

c. *Anionenaustauscher*

⇨ $H_2SO_4 + 2\ OH^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 2\ H_2O$

⇨ Es werden die SO_4^- - Ionen des Wassers durch OH^- - Ionen ausgetauscht. Dies führt zu einer Verringerung der NKH.

➲ Regeneration: ⇨ Von Zeit zu Zeit müssen der Kationenaustauscher mit Säure und der Anionenaustauscher mit Lauge regeneriert werden.

➲ Umkehrosmose: ⇨ Als Osmose wird der Ausgleich zweier salzhaltiger Lösungen mit verschiedenen Konzentrationen durch eine semipermeable Membran verstanden. Dabei fließt das Wasser solange durch die Membran von der schwächeren zur stärkeren Konzentration, bis auf beiden Seiten die gleiche Konzentration herrscht. Wird auf die höher konzentrierte Lösung Druck ausgeübt, so fließt das Wasser in umgekehrte Richtung und verdünnt somit die schwächer konzentrierte Lösung noch mehr. Auf diese Weise erhält man enthärtetes Brauwasser (oder alkoholfreies Bier!).

www.bierbrauerei.net