

## Mitschrieb zur Vorlesung

# Getränketechnologie 3 (Bier)

an der Technischen Universität München /  
Weihenstephan

bei den Herren

**Prof. Dr. E. Geiger und Prof. W. Back**

*[Stand: WS 2001/02]*

**Kgl. Bayer. Akademie für Landwirtschaft und Brauerei  
in Weihenstephan bei Freising (Oberbayern).**

**I. Zweisemestriges Studium der Brauerei.**  
Beginn: Wintersemester (15. Oktober) jeden Jahres.

Die Hauptbedingungen zur Aufnahme als Studierender sind folgende:

1. Allgemeine Vorbildung: bei Inländern mindestens die wissenschaftliche Befähigung zum einjährig-freiwilligen Militärdienst; bei Ausländern eine entsprechende Vorbildung;
2. Vorausgehende praktische Tätigkeit von mindestens einjähriger Dauer. (Es liegt aber im Interesse derjenigen Herren, welche Stellen suchen, die Akademie **erst nach mehrjähriger Praxis** zu besuchen.)

**II. Praktikantenlaboratorium der Versuchsbrauerei.**  
Aufnahme in das letztgenannte Institut finden in beschränkter Anzahl:

1. Absolventen der brautechnischen Abteilung.
2. Chemiker und Techniker mit entsprechender Vor- und Fachbildung.
3. Ausnahmsweise auch Brauereibesitzer und Malzfabrikanten. (1)

|   |  |
|---|--|
| Der<br>Vorstand der brautechnischen Abteilung:<br>Professor Ganzenmüller. | Der<br>Kgl. Direktor<br>Professor Dr. Vogel. |
|---|--|

*Anzeige im Fachbuch „Bierbrauerei“  
von Dr. Carl Lintner aus dem Jahre 1904,  
erschienen im Paul Parey Verlag, Berlin*

## Vorlesung: Getränketechnologie 3 - Bierbereitung

### ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS:

Im Folgenden sind alle Abkürzungen und deren Bedeutung aufgeführt, die in diesem Dokument verwandt wurden.

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| d     | - Tag                               |
| DMS   | - Dimethylsulfid                    |
| EVG   | - Endvergärungsgrad                 |
| GH    | - Gesamthärte                       |
| h     | - Stunde                            |
| i. O. | - in Ordnung                        |
| KH    | - Karbonathärte                     |
| MO    | - Mikroorganismus / Mikroorganismen |
| N     | - Stickstoff                        |
| NKH   | - Nichtkarbonathärte                |
| PVPP  | - Polyvinylpyrrolidon               |
| wfr.  | - wasserfrei                        |
| ZHF   | - Zentrifugalhochleistungsfilter    |

## Vorlesung: Getränketechnologie 3 - Bierbereitung

**Definition Bier:** Getränk, welches Alkohol, Extrakt und CO<sub>2</sub> enthält und durch Gärung mit ober- oder untergäriger Hefe aus Malz oder Malzersatzstoffen, Hopfen oder Hopfenprodukten und Brauwasser hergestellt wird.

### Gliederung der Bierherstellung:

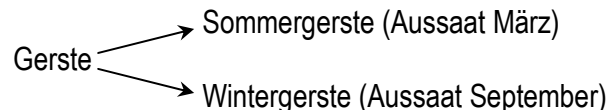
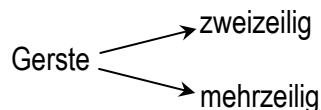
1. TECHNOLOGIE DER ROHSTOFFE (GETREIDE, HOPFEN, WASSER)
2. TECHNOLOGIE DER MALZBEREITUNG UND MALZERSATZSTOFFE
3. TECHNOLOGIE DER WÜRZEBEREITUNG
4. TECHNOLOGIE DER GÄRUNG UND LAGERUNG
5. TECHNOLOGIE DER FILTRATION UND ABFÜLLUNG

### 1. TECHNOLOGIE DER ROHSTOFFE

Rohstoffe:      ➔ nach dem Reinheitsgebot alle Getreide außer Reis, Mais, ???  
                    ➔ untergärrige Bier nur mit Gerste

**Gerste** ist das wichtigste Getreide, da:

- ✓ auch bei ungünstigsten Klimabedingungen anbaubar ➔ somit leicht verfügbar
- ✓ extraktreich
- ✓ Keimung leicht beeinflussbar
- ✓ eine Spelze vorhanden (dient als Filterschicht beim Läutern)



Als **Braugerste** wichtigste Gerste gilt die **zweizeilige, nickende Sommergerste**

#### Vorteile:

- ✓ stärke- bzw. extraktreich
- ✓ relativ eiweißarm
- ✓ hohe Enzymkraft
- ✓ gleichmäßige Lösungsfähigkeit

Hauptsorten: Alexis, Sissy, Krona, Steffi, Scarlett

mehrzeilige Sommergerste: Anbauggebiete sind USA, Kanada, Finnland ➔ extraktärmer, aber enzymreich

zweizeilige Wintergerste: wenig im Einsatz; wenn dann wird sie nur im Gemisch mit der Sommergerste vermälzt (unterschiedliche Lösungseigenschaften)

## Weizen

- ✓ Winterweizen → Weizenbier, Berliner Weiße, Kölsch und Altbier
- ✓ keine Spelzen → höheres Extraktniveau
- ✓ oft höherer Eiweißgehalt; nicht so günstige Würzezusammensetzung wie bei der Gerste
- ✓ anfälliger gegenüber Fusarien („Gushing“)

Die Hauptsorten sind Aros, Orestis, Kanzler, Astron

Weitere Getreidearten sind: Roggen (selten), Dinkel, Hafer (ungeeignet, da extraktarm) und in Afrika Sorghum, Hirse

**Malzersatzstoffe:** (in Ländern, in denen nicht das Reinheitsgebot gilt!)

übliche Beis schläge:    Europa bis 30 %  
                                  USA bis 50 %

Gerste:    als Rohfrucht

→ Zugabe von enzymreichen Gerstenmalz (mehrzeitige Sommergerste) oder Enzympräparaten (Amylasen, Proteasen,  $\beta$ -Glucanasen) vonnöten, sonst treten Probleme bei der Läuterung, Filtration und Gärung auf

Reis:    Bruchreis, Reisflocken

→ hoher Stärkegehalt  
→ besondere Aufschlussmethoden beim Maischen erforderlich  
→ ergibt helle, trockene Biere

Mais:    als Flocken, Gries, Maisstärke

→ Maisprodukte müssen erhöht werden, sonst treten Schaumprobleme auf  
→ ergibt sehr vollmundige, körperreiche Biere

Sonstige: Stärkesirup (80 % Extrakt) und Zucker

→ geschmacklich milde Biere, u. U. Weizenflavour



(2) **Vorreinigung:** mittels Aspirateur oder Windsichter und Magnetapparate

- ➔ Entfernen von Staub, Sand, Steinen, Holzstücken, Fremdkörpern, Metallteilen usw.

(3) **evtl. Trocknung:** wenn Gerste einen Wassergehalt von  $> 15\%$  aufweist, muss mittels speziellen Getreidetrocknern oder notfalls über eine Malzdarre bis auf  $\leq 12\%$   $H_2O$  getrocknet werden.

(4) **Lagerung:**  $H_2O$ -Gehalt  $\leq 12\%$ !!! Sonst tritt Atmung auf  $\Rightarrow$  Substanzverlust, Verlust der Keimfähigkeit, MO, Pilze

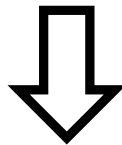
1. wertsteigernde Lagerung: Überwinden der Keimruhe (6-8 Wochen) bis Keimenergie  $> 95\%$ !  
(Versuch „Schönfeld“: Anzahl der Körner, die nach 3-5 d keimen)

- Keimruhe
- ➔ Fundamentalkeimruhe
  - ➔  $H_2O$  – Empfindlichkeit (empfindlich gegenüber **zuviel**  $H_2O$ )

Verfahren: schnelle Überwindung der Keimruhe mittels Temperaturführung ( $40\text{ }^\circ\text{C}$ )!

2. werterhaltende Lagerung: kühl und trocken;  $CO_2$  und Wärme muss abgeführt werden!

(5) **Hauptreinigung:** unmittelbar vor der Vermahlung  $\Rightarrow$  nochmals entstauben, von Fremd- und Halbkörnern befreien (Prakt. Strömungsreiniger) und SORTIERUNG mittels Plansichter.



### **Weichen:**

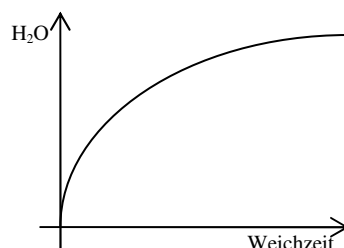
Weichen ist erforderlich, um die Keimung anzuregen! Keimung tritt erst ab einem  $H_2O$ -Gehalt von

- $30\%$  auf, es werden aber **höhere  $H_2O$ -Gehalte angestrebt ( $44-48\%$ )**, dadurch verkürzt sich die Keimdauer und die Mälzungsverluste werden deutlich gesenkt.

### Theorie des Weichens:

Geschwindigkeit der Wasseraufnahme ist abhängig von der:

- ➔ Form und Größe der Körner
- ➔ Weichwassertemperatur
- ➔ Zeit, die bereits geweicht wurde.



Reine H<sub>2</sub>O – Weichen führen zum Ersticken des Getreides! (**Totweiche**). Es wird O<sub>2</sub> benötigt, da atmende Organismen ⇒ Enzymbildung

- ✓ zu hohe Weichwassertemperaturen sind nicht sinnvoll, da zu hohe O<sub>2</sub>-Zehrung aus dem Wasser (auch durch ausgewaschene MO) ⇒ wärmeres Wasser nimmt schlechter O<sub>2</sub> auf.  
⇒ üblich: 13-18 °C, meist ansteigende Temperaturführung
- ✓ Wasserwechsel nötig, da Kornoberfläche verkeimt ist und um ausgewaschene keimungshemmende Stoffe (Polyphenole aus Spelz, Frucht- und Samenschale) zu entfernen.  
**aus der Praxis:** ⇒ kurze Nassweichperioden und Einblasen von Luft  
⇒ relativ lange Trockenweichen (80 % der Weichzeit)  
⇒ mit CO<sub>2</sub> – Absaugung  
⇒ Haftwasser zieht in die Körner ein

**Bsp. Weichverfahren:**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <u>1. Nassweiche:</u>    | 12 °C H <sub>2</sub> O – Temperatur bis 30 % (4-6 h)    |
| <u>1. Trockenweiche:</u> | 14-20 h ⇒ Abbau der Wasserempfindlichkeit               |
| <u>2. Nassweiche:</u>    | 12-15 °C H <sub>2</sub> O – Temperatur bis 38 % (2-4 h) |
| <u>2. Trockenweiche:</u> | 14-20 h ⇒ gleichmäßige Auskeimung (Spitzen)             |
| <u>3. Nassweiche:</u>    | 12-18 °C H <sub>2</sub> O – Temperatur bis 42 % (1-4 h) |
| Gesamtzeit:              | 36-52 h   |

### Keimung:

- Ziel
- ⇒ bis in die Kornspitzen gelöstes, enzymreiches Malz
  - ⇒ Mehlkörper leicht zugänglich für Abbauprozess beim Maischen

**!** nicht überlösen ⇒ Qualitätsverlust! Vor allem Atmungsverluste des Hauptextraktträgers Stärke **!**

Test auf Lösungsgrad mittels **Nagelprobe**: Grünmalzkorn zwischen Daumen und Zeigefinger zerdrücken und auf Handrücken zerstreichen.

- ⇒ kreidig ⇒ i. O.
- ⇒ schmierig ⇒ überlöst!

Blattkeimlänge: helles Malz ⇒ 75 % der Kornlänge  
dunkles Malz ⇒ 100 % der Kornlänge

**Enzymbildung:** Die wichtigsten Enzyme sind die **Hydrolasen**! Durch hydrolytische Spaltung ⇒ Depolymerisation der Extraktträger (Stärke, Eiweiß) beim Mälzen und Maischen und Abbau von Hüll- und Gerüststoffen!

- ⇒ Endoenzyme ⇒ hydrolytische Spaltung mitten im Molekül
- ⇒ Exoenzyme ⇒ hydrolytische Spaltung vom Ende des Moleküls

*Manche Enzyme sind schon im ruhenden Korn vorhanden (⇒ meist Exoenzyme, z.B. β-Amylase)  
Viele Enzyme bilden sich erst bei der Keimung (⇒ Endoenzyme, z.B. α-Amylase, Endo-β-Glucanase)*

Enzymproduktion:

- ⇒ Aussendung von Gibberellinsäure in Richtung Mehlkörper
- ⇒ induziert Enzyymbildung in Aleuronschicht und Schildchen.

Wichtigste Enzymgruppen:

- ✓ **amylolytische** Enzyme (Amylasen ⇒ Stärkeabbau)
- ✓ **proteolytische** Enzyme (Proteasen ⇒ Eiweißabbau)
- ✓ **cytolytische** Enzyme (β-Glucanasen ⇒ Zellwandabbau)

*Lösung: enzymatische Modifikation des Mehlkörpers*

- ✓ Amylolyse: Stärkeabbau ⇒ soll beim Mälzen gebremst erfolgen, sonst Extraktverlust, jedoch möglichst viel Bildung von stärkeabbauenden Enzymen für das spätere Maischen!
- ✓ Proteolyse: Eiweißabbau beim Mälzen ⇒ gute Proteolyse, wenn genügend niedermolekulare Abbauprodukte (Aminosäuren) zur Hefeernährung vorhanden sind, aber auch noch genug hochmolekulares Protein für die Vollmundigkeit und Schaumstabilität! (Mobilisiertes Eiweiß geht teilweise in Wurzel- und Blattkeim.)
- ✓ Cytolyse: Abbau der Zellwände der stärkeführenden Zellen des Mehlkörpers (besteht aus β-Glucanasen und Protein)  
Gute Cytolyse, wenn Zellwände bis in die Kornspitze durchlässig für andere Enzyme sind.

Zu knappe Cytolyse ⇒ rohfruchtartige, unmodifizierte Kornspitzen ⇒ geben beim Maischen β-Glucanasen ab; schlechte Fließigenschaften von Bier und Würze, Probleme beim Läutern und der Filtration!

Steuerung der Keimung:

Haupteinflussparameter

- ⇒ Keimtemperatur (12-15 °C)
- ⇒ Keimzeit (5-8 d)
- ⇒ Keimgutfeuchte (42-50 %)
- ⇒ Verhältnis von CO<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> in der Haufenluft

cytolysefördernd:

- ⇒ hohe Temperaturen
  - ⇒ hoher Weichgrad
  - ⇒ lange Keimzeit
  - ⇒ viel O<sub>2</sub>
- } Anregen der β-Glucanase

proteolysefördernd:

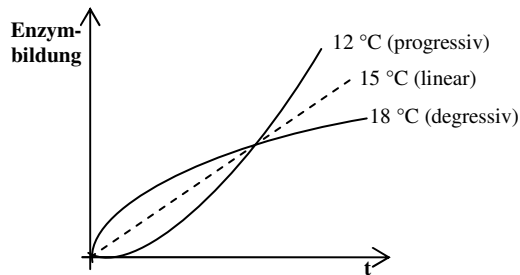
- ⇒ höhere Keimgutfeuchte (rasche Enzyymbildung, beschleunigter Stoffumsatz)
- niedrige Temperaturen verhindern die Abwanderung von löslichen Eiweißabbauprodukten in Blatt- und Wurzelkeim.*

β-Amylase wird erhöht durch:

- ⇒ mittlere Feuchte
- ⇒ mittlere Keimzeit
- ⇒ mittlere Temperatur



$\alpha$ -Amylase:



Somit ergibt sich als günstiges Verfahren eine warme Ankeimung (18/19 °C), dann drastische Abkühlung (12 °C), wenn max. Keimgutfeuchte erreicht ist.

Anlagen:

✓ pneumatische Mälzerei

Keimgut in hoher Schicht auf einem Hordenblech wird ständig von feuchtgesättigter Luft durchströmt  $\Rightarrow$  Temperierung

✓ Lausmann Keimkasten

- ⊕ Tagesfeld
- ⊕ Hordenblech beweglich
- ⊕ Wender befördern Keimgut bis zur Darre.
- ⊕ Beladung: 350-500 kg Gerste / m<sup>2</sup>
- ⊕ Luftdurchsatz: 600/800 m<sup>3</sup>/t (Abkühlung (18  $\rightarrow$  12 °C))

Außerdem:

- ✓ Wanderhaufenanlage
- ✓ Schneckenwender

**Darrprozess:**

Grünmalz ist nicht lagerfähig  $\Rightarrow$  Trocknen. Dies dient weiterhin

- ⊕ der Unterbrechung der biochemischen Stoffumsetzung
- ⊕ der Lagerfähigmachung des Malzes
- ⊕ der Farbbildung
- ⊕ dem Austreiben unerwünschter Grünmalzaromen
- ⊕ der Bildung gewünschter Aromen (v. a. beim dunklen Malz)

Der Darrprozess unterteilt sich in:



**Schwelken**

**Darren**

**(1) Schwelken:**

Grünmalz mit einer ca. 1 m hohen Schicht auf der Horde, von 50-65 °C warmer Luft von unten durchströmt (3.000-5.000 m<sup>3</sup>/t). Die Kornoberfläche verhält sich wie eine freie Wasseroberfläche, über die Warmluft geleitet wird  $\Rightarrow$  Luft sättigt sich mit H<sub>2</sub>O an  $\Rightarrow$  Temperatur sinkt auf ca. 28 °C („Kühlgrenztemperatur“).

Poren liefern Wasser nach, bis Kornfeuchte 16-20 % beträgt! Nun kann nur noch nach Temperaturerhöhung weiter getrocknet werden („Hygroskopizitätspunkt“). Die Zone der Körner, die diesen Punkt erreicht haben steigt schichtenweise nach oben bis zur Grenzoberfläche.

- ⇒ **Durchbruch** (nach 10-12 h)
- ⇒ rapides Absinken der Abluftfeuchte
- ⇒ rapider Anstieg der Ablufttemperatur.

Vor dem Durchbruch keine Temperaturerhöhung mehr, sonst tritt Verkleisterung ein ⇒ Darrglasigkeit; deshalb auch nicht wenden, weil noch zu feuchte Anteile in Bereiche von zu hohen Temperaturen geraten könnten. Während des Schwelkens finden proteolytisch-enzymatische Umsetzungen statt

Die Umsetzungsvorgänge sind stärker, je länger das Schwelken dauert und wenn mit Umluft geschwelkt wird.

- ⇒ beim dunklen Malz ist dies erwünscht.
- ⇒ beim hellen Malz ist dies unerwünscht, daher wird hier mit Frischluft gefahren.

Dauer ca. 12-20 h.

### (2) Ausdarren:

Nach Durchbruch wird aufgeheizt

- ⇒ 3-5 % H<sub>2</sub>O bei hellem Malz
- ⇒ 1,5-3 % H<sub>2</sub>O bei dunklem Malz
  
- ⇒ helles Malz bei 80-85 °C
- ⇒ dunkles Malz (Münchner Malz) bei 100-105 °C

Dauer ca. 5 h.

Je nach Schwelkverfahren ⇒ Bildung von Farb- und Aromastoffe  
Unedle Grünmalzaromen werden ausgetrieben (DMS; DMS-P)

Anschließend: Kühlung mit Frischluft.

### (3) Darren:

Ein- oder Zweihordenhochleistungsdarren (mit Kipphorde oder Be- und Entladeeinrichtung)

- ⇒ Wärmerückgewinnung
- ⇒ 420-500 kg/m<sup>3</sup>
- ⇒ Wärmeverbrauch 210-310 MJ/100 kg Fertigmalz

### (4) Fertiges Malz:

- ⇒ Keimlinge entfernen
- ⇒ Abstehende Spelzen entfernen
- ⇒ Polieren

|                |         | Gerstenmalz<br>hell | Gerstenmalz<br>dunkel | Weizenmalz |
|----------------|---------|---------------------|-----------------------|------------|
| Wassergehalt   | [%]     | 3,5-5,5             | 1,8-3,0               | 3,5-5,5    |
| Extrakt wfr.   | [%]     | 80-83               | 81-82,5               | 83-86      |
| Mürbigkeit     | [%]     | 78-88               | 85,95                 | 50-65      |
| Ganzglasige    | [%]     | 0-2                 | 0-2,5                 | -          |
| Viskosität     | [mPa·s] | 1,45-1,58           | 1,45-1,65             | 1,55-1,85  |
| Farbe          | [EBC]   | 2,3-3,5             | 12-25                 | 3,5-4,5    |
| Kochfarbe      | [EBC]   | 4,5-5,8             | 14-30                 | 5,5-7,0    |
| pH-Wert        |         | 5,75-5,95           | 5,45-5,70             | 5,90-6,10  |
| Eiweiß wfr.    | [%]     | 9,5-11,5            | 9,5-11,0              | 10,0-12,5  |
| Kolbachzahl*   | [%]     | 36-44               | 36-42                 | 32-46      |
| EVG, scheinbar | [%]     | > 64                |                       |            |

Abb. 1: Daten der chemisch-technischen Analyse verschiedener Malze  
\* Eiweißlösungsgrad

### 3. TECHNOLOGIE DER WÜRZEBEREITUNG

#### Ablauf:

- ✓ Malzsilo
- ✓ Schrotmühle
- ✓ Maischbottich, Maischepfanne
- ✓ Läutergerät (z.B. Läuterbottich, Maischefilter)
- ✓ Würzpfanne (Stichwort: Sudhausausbeute)
- ✓ Whirlpool (Stichwort: Heißstrub)
- ✓ Plattenkühler
- ✓ Filter oder anderes Gerät zur Kühltrubentfernung
- ✓ Vergären

#### (1) Schroten:

Konditionierung ⇨ mit H<sub>2</sub>O besprühen, damit Spelzen elastisch werden und nicht brechen. Die ist **wichtig beim Abläutern!**

Sechswalzenmühle

- ⇨ 1. Vorbrechwalzenpaar (1,6 mm)
- ⇨ 2. Spelzenwalzenpaar (0,8 mm)
- ⇨ 3. Grießwalzenpaar (0,4 mm)

Zwischen den Walzenpaaren befinden sich Schüttelsiebsätze:

- ⇨ grob: Spelzen mit anhaftendem Grieß
- ⇨ mittel: Grieße
- ⇨ fein: Feingrieß und Mehl

#### (2) Maischverfahren:

- ⇨ 30 min bei 50 °C ⇨ Eiweißrast
- ⇨ 60 min bei 62-65 °C ⇨ Maltosebildungsrast (β-Amylase)
- ⇨ 30 min bei 70-75 °C ⇨ Verzuckerungsrast (α-Amylase)
- ⇨ 78 °C ⇨ Abmischtemperatur

Infusionsverfahren:     ☞ die gesamte Maische wird unter Einhaltung der Rasten bis zur Abmischtemperatur erwärmt und dabei keine Teilmaische gekocht.

Dekoktionsverfahren:   ☞ ein Teil der Maische (Kochmaische) wird abgetrennt und gekocht. Durch Zurückpumpen zur Restmaische erhöht sich die Temperatur der Gesamtmaische auf die nächst höhere Rasttemperatur.

Stärkeartabbau:       ☞ Verkleisterung  
                              ☞ Verflüssigung ( $\alpha$ -Amylase)  
                              ☞ Verzuckerung (Maltose, Maltotriose, Glucose)  
                                  ⇒ es bleiben auch Grendextrine übrig!

Merke:

- ☞ Nicht zu hoch abmischen, wegen der Nachverzuckerung
- ☞ wenn die Temperatur zu hoch ist, wird die  $\alpha$ -Amylase zerstört!
- ☞ optimaler pH-Wert zum Maischen liegt bei 5,4-5,6

$\beta$  - Glucan:       ☞ Abbau durch  $\beta$ -Glucanase optimal bei 45-50 °C  
                              ☞  $\beta$ -Glucan wird auch noch durch  $\beta$ -Glucan-Sohnbilase bis 65-70 °C gebildet, wo die  $\beta$ -Glucanase schon zerstört ist (52-55 °C)

**(3) Gußführung:**

- ☞ helle Biere:           4,0-5,0 hl/100 kg Schüttung
- ☞ dunkle Biere:         3,0-3,5 hl/100 kg Schüttung

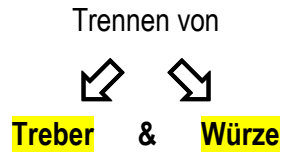
**(4) Einmischtemperatur:**

Früher bei 35 °C, da bei dieser Temperatur schon Eiweiß ( $T_{opt}$  45 °C),  $\beta$ -Glucane (45 °C) und Hemicellulose abgebaut werden. ☞ hohe EVG!

Dies wird heutzutage aber kaum noch angewendet, da dies zuviel Zeit und Energie kostet; außerdem führt dies zu Schaumproblemen (Gummistoffe und höhermolekulare Eiweißstoffe werden zuviel abgebaut). Daher wird erst **bei 50 °C eingemaischt**.

Dauer: 180-200 min.

### (5) Läuterung (Maischefiltern):



Das Abläutern untergliedert sich in zwei Phasen:

- ✓ Ablauf der Vorderwürze (*Hauptguss*)
- ✓ Auswaschen der Treber (*Nachgüsse*)

Vorderwürze: 16-20 % Extrakt

- ⇒ Anschwänzen (Nachgüsse): Treber mit heißen Wasser auswaschen, aber unter 80 °C bleiben, um die Nachverzuckerung zu gewährleisten ( $\alpha$ -Amylase)!
- ⇒ solange anschwänzen, bis man gewünschte Konzentration in der Würzepfanne erreicht hat.
- ⇒ Würze die zuletzt abläuft, bezeichnet man als **Glattwasser** und sollte eine Konzentration von max. **0,5-0,6%** aufweisen.



**Nachteile bei zu langem Anschwänzen:** Auswaschen von unedlen Stoffen  
(Gerb- und Bitterstoffe aus der Spelze) aus dem Treber



Aufbau eines Läuterbottichs:

- ✓ Senkboden
- ✓ Maischeeinlass von unten (wenig O<sub>2</sub> – Belastung)
- ✓ Pro 1 m<sup>2</sup> eine Anstichöffnung
- ✓ Schneidwerk / Umhacker ⇒ Hubhöhe je nach Trübungsgrad der Würze und Differenzdruck)

### (6) Würzekochung:

Aufgaben der Würzekochung:

- ✓ (a) Eindampfen von Wasser
- ✓ (b) Fixieren der Würzezusammensetzung
- ✓ (c) Sterilisieren der Würze
- ✓ (d) Koagulation von Eiweiß
- ✓ (e) Isomerisieren der Hopfenbitterstoffe
- ✓ (f) Einstellen des Aromaprofils ⇒ DMS ausdampfen  
⇒ Ausbildung des Hopfenaromas

Zu (a): Stammwürze einstellen ⇒ Extrakt ↑ 2 %  
⇒ Verdampfung 6-8 %

Zu (b): Inaktivierung der Enzyme (Polyphenoloxidation erst nahe bei Kochtemperatur!)

Zu (c): Mit dem Malzstaub sind viele Bakterien in die Maische gelangt. Beim Würzekochen werden alle in der Würze enthaltenen MO abgetötet.

Zu (d): Bildung und Ausscheiden von Eiweiß-Gerbstoff-Verbindungen

Proteine & Gerbstoffe, Bruch wird gefördert durch

- Kochzeit
- intensive Bewegung
- niedrigen pH-Wert (5,2)

Eiweißabbauprodukte und Gerbstoffe bleiben in Lösung und scheiden sich erst beim Kühlen der Würze als Kühltrub ab!

Zu (e): **Hopfenöle** ⇔ **Aroma!** Hopfenharze bzw. Bitterstoffe sind die wichtigsten Bestandteile des Hopfens ⇔ **Isomerisierung der  $\alpha$ -Säuren!**

Einflussfaktoren der Isomerisierung der  $\alpha$ -Säuren (→ Isohumulone):

- Kochzeit
- Menge der dosierten  $\alpha$ -Säuren
- Raschheit der Extraktion und Verteilung der Bitterstoffe
- Alter des Hopfens bzw. der Oxidationsgrad
- pH-Wert der Würze ( $\uparrow$  bessere Isomerisierung, aber nicht fein, daher lieber pH  $\downarrow$ )
- Zusätze zur Verbesserung der Isomerisierung
- Würzezusammensetzung

Zu (f): Dimethylsulfid (DMS) in Bier < 50-60  $\mu\text{g DMS/l}$

Je länger und intensiver man kocht, desto mehr DMS-P wird in DMS umgewandelt und verdampft! **DMS-P im Whirlpool vermeiden!** (hier wird es ebenfalls zu DMS umgewandelt, kann aber nicht mehr ausgetrieben werden)

Würzekochung: pH sinkt um 0,1-0,2, weil:

- Hopfenbittersäuren, Maillardprodukte (Mellanoidine),  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$
- Ausscheidung alk. Phosphate  
⇨ Abhängig von Auflösungsgrad und Ausdarrung des Malzes

Mangelhafte Eiweißkoagulation führt zu:

- ✓ verschmieren der Hefe
- ✓ einem niedrigen EVG
- ✓ einer schlechten Klärung
- ✓ einem höheren Bier-pH (schlechte biologische Stabilität)
- ✓ breite Eiweißbittere

Annäherung an optimalen Würze-pH von 5,2:

- ✓ gute Malzlösung, hohe Ausdarrung
- ✓ negative Restalkalität (KH : KNH = 1 : 2-2,5)
- ✓ biologische Stabilität
- ✓ intensive Kochung

Systeme der Würzekochung:

- ✓ Innenkocher
- ✓ Außenkocher
- ✓ Niederdruckkocher
- ✓ Hochtemperatur-Würzekochung (kontinuierlich)

**(7) Brauwasser:**

Wichtig ist hier vor allem: Entfernung von aciditätsvernichtenden Ionen  $\Rightarrow$  Karbonate und Hydrogencarbonate (KH)

Aciditätsfördernde Ionen sind:  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$

$$\text{GH} - \text{KH} = \text{NKH}$$

GH sind alle Ca und Mg; KH sind alle (hydrogen-)carbonat Ionen

Restalkalität: 
$$\text{RA} = \text{KH} - \frac{\text{Ca}^{2+} + 0,5 \cdot \text{Mg}^{2+}}{3,5}$$

$$\text{Pils} < 5 \text{ } ^\circ\text{dH RA}$$

Entkarbonisieren:  $\Rightarrow$  Erhitzen  
 $\Rightarrow$  Zugabe von gelöschtem Kalk  $\text{Ca}(\text{OH})_2$   
 $\Rightarrow$  Ionenaustauscher

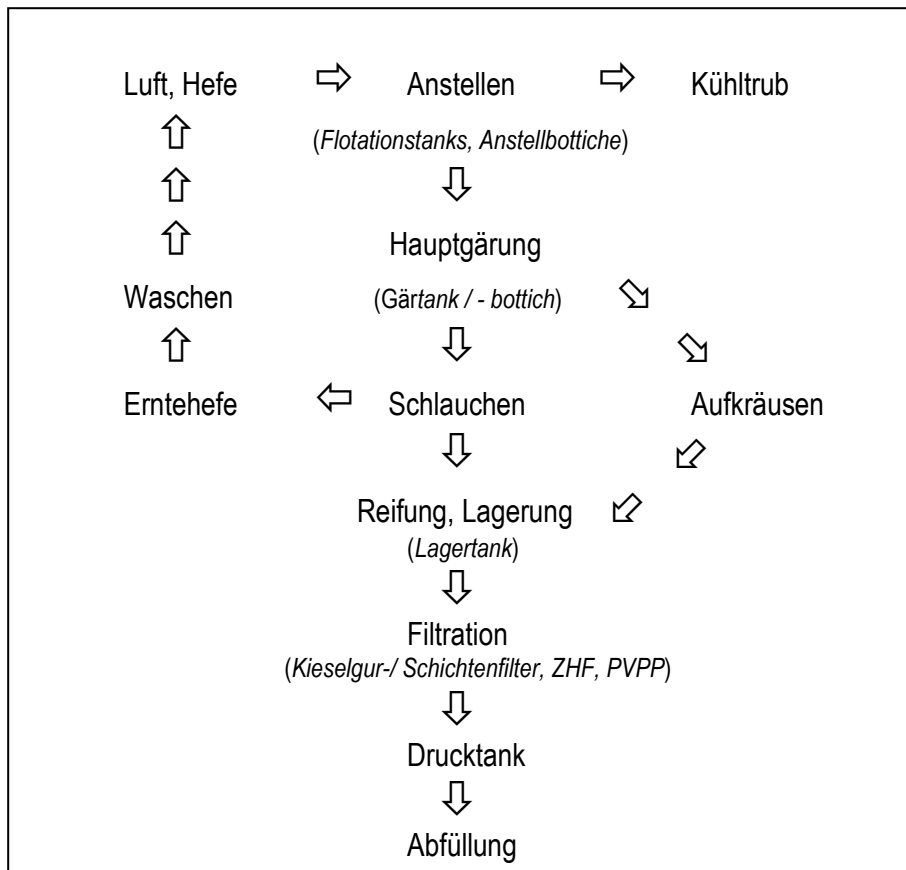
Merke:

$\Rightarrow$  Nitratgehalt möglichst niedrig  
Bei  $> 50 \text{ mg/l}$   $\rightarrow$  Zugabe Hopfen  $\rightarrow$  Bier 70-80 kg/l  $\Rightarrow$  **nicht optimal**

Weitere Daten zum Brauwasser:

- ✓ Wasserbedarf: 5-8 x Bierausstoß
- ✓ Trinkwasserqualität

#### 4. TECHNOLOGIE DER GÄRUNG UND LAGERUNG



untergärige Hefe: 4-12 °C

obergärige Hefe: 14-25 °C

#### Gärungsbeeinflussende Inhaltsstoffe der Würze:

- ✓ vergärbare Zucker:  
Fructose, Glucose, Maltose, Saccharose, Maltotriose
- ✓ assimilierbare N-Verbindungen:  
Aminosäuren, Ammoniumverbindungen, Peptide, Purine, Pyrimidine
- ✓ Mineralstoffe und Spurenelemente:  
P, K, Na, Sulfate, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn
- ✓ Vitamine:  
H (Biotin), B1 (Thiamin), B2 (Riboflavin), B5 (Panthotensäure), B6 (Pyridoxin)



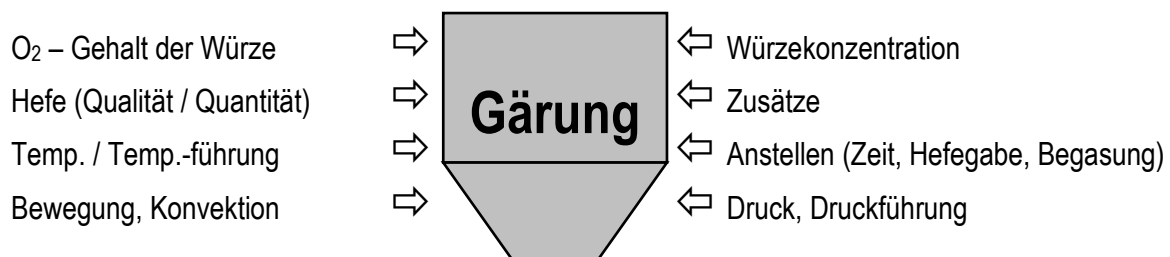
Anstellparameter:

- ✓ Grad der Kühltrubentfernung
- ✓ Quantität der Hefegabe
- ✓ Qualität der Hefegabe
- ✓ Vorbehandlung der Anstellhefe
- ✓ Verteilung der Hefegabe auf mehrere Sude
- ✓ Intensität der Belüftung
- ✓ Zeitpunkt der Belüftung
- ✓ Verteilung der Luftdosage auf mehrere Sude
- ✓ Homogenität der angestellten Würze

Gärungsparameter:

- ✓ Zweitbelüftung
- ✓ Geometrie der Gärgefäße
- ✓ max. Gärtemperatur
- ✓ Temperaturführung
- ✓ Druck, Druckführung
- ✓ Ein- bzw. Mehrtankverfahren
- ✓ Kühltechnik
- ✓ Hefesedimentation
- ✓ Probenahme
- ✓ Homogenität
- ✓ Kräusengabe
- ✓ CO<sub>2</sub> – Begasung

Gärungstechnologische Einflussgrößen:



- Gärung:
- ⇒ Angärzucker (Hexosen)
  - ⇒ Hauptgärzucker (Maltose)
  - ⇒ Nachgärzucker (Maltotriose)



Hierbei unterscheidet man:

- ✓ **Jungbukettstoffe:**    ➔ Diacetyl  
                                  ➔ Aldehyde  
                                  ➔ S-Verbindungen

Unreiner, junger, unharmonischer Geschmack und Geruch. Können im Verlauf der Gärung und Reifung (dies ist eine der Hauptaufgabe der Reifung!!!) auf biochemischen Weg wieder abgebaut werden!

- ✓ **Bukettstoffe:**            ➔ höhere Alkohole, Ester

Diese bestimmen wesentlich das Aroma des Bieres. Sie können auf technologischem Weg nicht mehr entfernt werden!

**Diacetyl (vicinale Diketone)**

- ➔ Butteraroma, (Pentandion wirkt gleich)



Bei der Gärung entstehen durch die Hefe die Acetohydroxysäuren:

Vorstufe:            Acetohydroxysäuren  $\xrightarrow[\text{Decarboxylierung}]{\text{oxidative}}$  Diacetyl, Pentandion

begünstigt durch pH ↓, Temperatur ↑, O<sub>2</sub> ↑.

**Hefe reduziert Diacetyl zu Butandiol!** (z.B. durch Aufkräusen!)