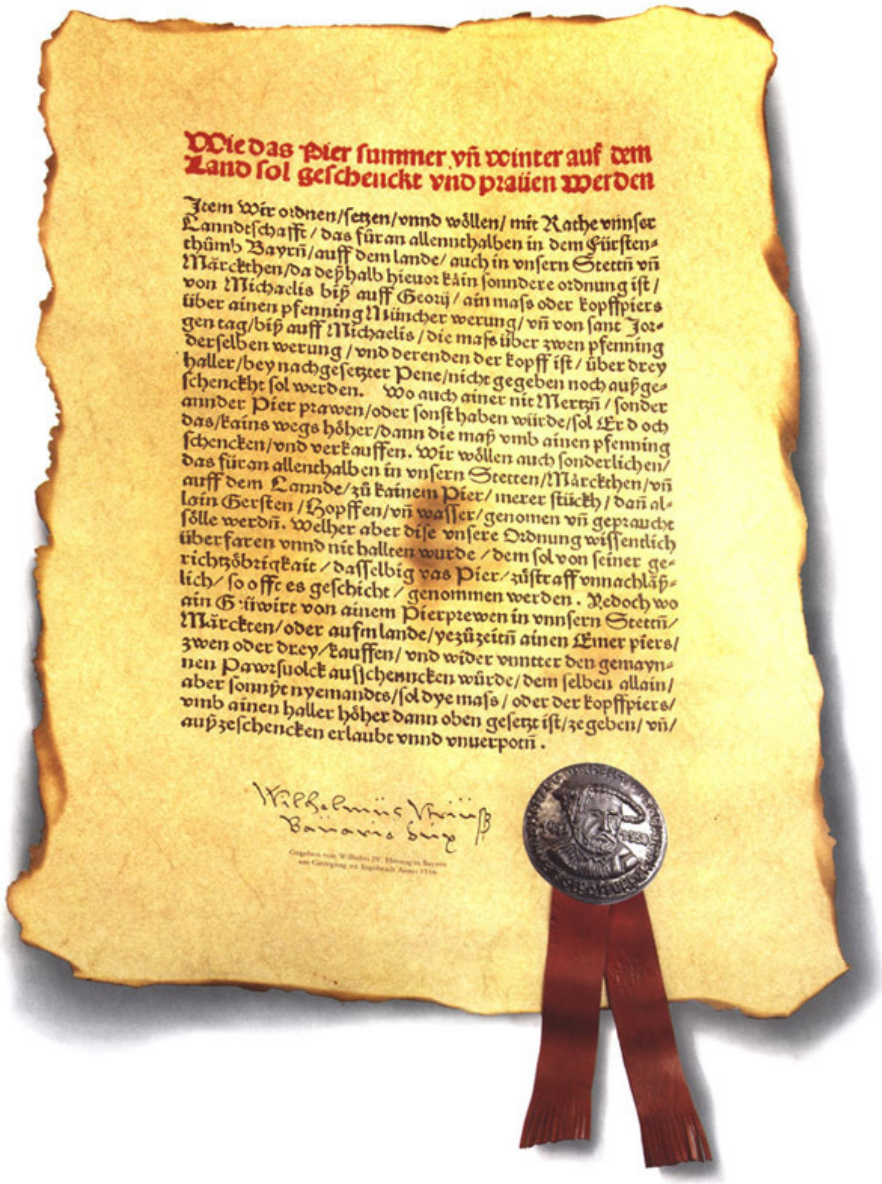
Ausbildung zum Brauer & Mälzer

Berufsschule in Ulm (1994-97)

Fachkunde III – Die Würze



0. INHALTSVERZEICHNIS

0. Inhaltsverzeichnis ... 2

I. Das Sudhaus ... 4
1.1. Aufgaben des Sudhauses ... 4
1.2. Sudhauseinrichtung ... 4
1.3. Beheizung der Gefäße ... 5
1.4. Gefäßgrößen ... 5

II. Malzschrotung ... 5
2.1 Schrotmühlen ... 6
2.1.1 Bau und Arbeitsweise der Nassschrotmühlen ... 6
2.1.2 Arbeitsweise der Trockenschrotmühlen ... 7

III. Maischen ... 9
3.1 Rohstoff Wasser ... 10
3.1.1 Chemische Brauwasseraufbereitung ... 10
3.1.2 Biologische Wasseraufbereitung ... 11
3.2 Zusammenhänge zwischen Malzqualität – Schroten – Maischen – Abläutern – Biertyp ... 11
3.3 Biologische Säuerung im Sudhaus ... 12
3.4 Gussführung ... 14
3.5 Abbau der Malzinhaltsstoffe beim Maischen ... 14
3.5.1 Stärkeabbau beim Maischen ... 14
3.5.2 Eiweißabbau beim Maischen ... 16
3.5.3 Weitere Abbaureaktionen beim Maischen ... 17
3.6 Maischerasten ... 17
3.6.1 Kontrolle der Maischerasten ... 17
3.7 Maischeverfahren ... 18
3.7.1 Dekoktionsverfahren ... 18
3.7.2 Infusionsverfahren ... 23
3.7.3 Sondermaischverfahren ... 24

IV. Abläutern ... 26
4.1 Läuterbottich (klassisch) ... 27
4.2 Maischefilter ... 28
4.3 Strainmaster ... 29
4.4 Weitere Abläutermethoden ... 30
4.4.1 Filterpresse ... 30
4.4.2 Kontinuierliche Läutersysteme ... 30

V. Würzekochung ... 31
5.1 Hopfung der Würze ... 32
5.2 Chemische Vorgänge beim Würzekochen ... 32
5.3 Rohstoff Hopfen ... 33
5.4 Kontrolle der Sudhausarbeit ... 33
5.5 Treberzusammensetzung ... 34

www.bierbrauerei.net

ABBILDUNGSVERZEICHNIS:

Abbildung 1: Vierwalzenmühle 7
Abbildung 2: Fünfwalzenmühle 8
Abbildung 3: Sechswalzenmühle 8
Abbildung 4: pH-Wert und Milchsäuregehalt Sauergut aus 10 %-iger Würze 13
Abbildung 5: Anlagenschema- Biologische Säuerung 13
Abbildung 6: Amylopektin 15
Abbildung 7: Ablauf - Dreimaischverfahren 18
Abbildung 8: Ablauf - Zweimaischverfahren 19
Abbildung 9: Ablauf – Einmaischverfahren mit Infusion vor Kochmaische 21
Abbildung 10: Ablauf – Einmaischverfahren mit Infusion nach Kochmaische 22
Abbildung 11: Ablauf – Infusionsverfahren (aufsteigend) 23
Abbildung 12: Ablauf – Hochkurzmaischverfahren 25
Abbildung 13: Schnittbild durch einen Strainmaster 29

I. DAS SUDHAUS

1.1. Aufgaben des Sudhauses

Aufgaben des Sudhauses = Würzeherstellung (Lösung der Malzinhaltsstoffe)

- Rohstoffe: Malz, Wasser, Hopfen } Würze
- Arbeitsvorgänge:
  - ⇨ Schroten des Malzes
  - ⇨ Maischen
  - ⇨ Abläutern
  - ⇨ Würze kochen
  - ⇨ Ausschlagen
- Lage:
  - ⇨ nahe Maschinenhaus (Kraft, Wärme)
  - ⇨ nahe Kühlhaus (Leitungen)

1.2. Sudhauseinrichtung

- Schroterei (Trocken-/ Nassschrotmühle)
- Sudgefäße (Bottiche = unbeheizt; Pfannen = beheizt)
  - ⇨ Maischbottich &
  - ⇨ Maischpfanne (evtl. ersetzt durch Läuterbottich bei 2-Geräte-Sudwerk)
  - ⇨ Würzepfanne (teilweise zugleich Maischpfanne oder evtl. als Whirlpool genutzt)
  - ⇨ Läuterbottich oder Maischefilter, Strainmaster
  - ⇨ Vorlaufgefäß (evtl. beheizbar)
  - ⇨ Hopfenseiher

Anzahl der Sudgefäße bestimmt Ausschlagmenge bzw. Sudzahl pro Tag. Von der Sudhausgröße kann man auf die Jahresproduktion schließen, z.B. ergeben 100 kg Malz ca. 5 hl Verkaufsbier mit 11 % Stw.

Einrichtung ist abhängig von:
- ⇨ Maischverfahren
- ⇨ Ausschlagmenge
- ⇨ Zahl der Biertypen
- ⇨ Zahl der Sude pro Woche

1.3. Beheizung der Gefäße

- direkt (Öl, Gas, Kohle)
- indirekt (Dampf, Heißwasser)
  2-3 Heizzonen (beim Aufheizen alle drei, beim Kochen nur Innenheizfläche bzw. Bodenheizung)
  evtl. Zusatzheizung (Innenkocher, Außenkocher, …)

1.4. Gefäßgrößen

- Maischbottich- bzw. bottichpfanne ⇨ 7-8 hl pro 100 kg Malz
- Maischpfanne ⇨ 4-5 hl pro 100 kg Malz
- Läuterbottich ⇨ 7-8 hl pro 100 kg Malz
- Würzepfanne ⇨ 8-9 hl pro 100 kg Malz

II. MALZSCHROTUNG

Schroten = mechanische Zerkleinerung des Malzes

- Aufgaben:
  ⇨ Mehlkörper soll weitgehend ausgemahlen werden
  ⇨ Spelzen sollen erhalten bleiben
- Schrotvorgang hängt ab von:
  ⇨ Wassergehalt des Malzes
  ⇨ Malzlösung
  ⇨ Maischverfahren
  ⇨ Abläutersystem
  ⇨ gewünschtem Biertyp
  ⇨ Bauart der Schrotmühle
- Schrotqualität hat Auswirkung auf:
  ⇨ Abläuterzeiten
  ⇨ Trebervolumen
  ⇨ Würzezusammensetzung
  ⇨ Sudhausausbeute
- Zusammenhänge:
  Je schlechter gelöst das Malz ⇨ desto besser muss geschrotet werden
  Je feuchter das Malz ⇨ desto schwieriger das Schroten
  Je intensiver das Maischverfahren ⇨ desto weniger Bedeutung hat Schrotung
  Je heller der Biertyp ⇨ desto kürzere Maischkochzeiten

2.1 Schrotmühlen

➲ Bauarten: ⇨ (a) Trockenschrotmühlen
⇨ (b) Nassschrotmühlen
⇨ (c) sonstige Schrotmühlen (Hammermühlen, Pulverschrotmühlen, …)

↳ zu (a) Trockenschrotmühlen: Leistung
⌧ 2-Walzenmühle bis 15 kg/cm·h
⌧ 4-Walzenmühle * bis 25 kg/cm·h
(evtl. mit drei Mahlgängen)
⌧ 5-Walzenmühle *
⌧ 6-Walzenmühle * bis 80 kg/cm·h
(evtl. mit Spelzentrennung; evtl. Schüttelsiebe nach jedem Mahlgang → Leistungssteigerung)

**evtl. mit Konditionierung (Heißwasser, Dampf)*

➲ Walzen: ⇨ Länge 30-150cm (Riffelung meist schräg)
⇨ Durchmesser 200-250 mm (Grieswalzen kleinerer Ø)
⇨ Walzenabstand

	LB	MF
Vorbruchwalzen	1,4 mm	0,9 mm
Spelzenwalzen	0,7 mm	0,4 mm
Grieswalzen	0,35 mm	0,2 mm

⇨ Drehzahl 200-250 U/min. (Drehzahldifferenz ca. 10 %)

Kontrolle der Trockenschrotmühlen ⌧ Pfungstädter Plansichter

Merke: Je mehr Mahlgänge ⇨ desto bessere Ausmahlung
↳ bessere Sudhausarbeit
↳ Verzuckerung
↳ Läuterarbeit
↳ Sudhausausbeute
Je schlechter gelöst das Malz ⇨ desto besser muss geschrotet werden

2.1.1 Bau und Arbeitsweise der Nassschrotmühlen

➲ Bauweise: ⇨ 2-Walzenmühle
⇨ 4-Walzenmühle

➲ Leistung: ⇨ bis 10 t/h

➲ Walzen: ⇨ Durchmesser 400 mm
⇨ Abstand 0,35-0,40 mm
⇨ Drehzahl 400 U/min.

➲ Arbeitsgänge: ⇨ Weichen (Besprühen) des Malzes mit Brauwasser (10-20 min.); Temperatur 30-50 °C (~ Einmaischtemperatur)
⌧ WG ca. 30 %, Malzvolumen steigt ca. 30-40 %
⇨ Schroten (= Maischen) – 30-45 min.
⇨ Spülen (mit Brauwasser) – 5-10 min.
⇨ Weichkonditionierung (neuere Bauart); Befeuchtung chargenweise ca. 1 min. (H_2O-Temp. 60-80 °C ⌧ WG ca. 18-22 %)

www.bierbrauerei.net

➲ Vorteile:
- ⇨ billiger in Anschaffung
- ⇨ elastische Spelzen
- ⇨ kürzere Maischzeiten
- ⇨ kürzere Läuterzeiten
- ⇨ höhere Treberschichten
- ⇨ geringerer Platzbedarf
- ⇨ keine Gefahr der Staubexplosion
- ⇨ *Verwendung von Rohfrucht möglich (Ausland)*

➲ Nachteile:
- ⇨ evtl. geringere Sudhausausbeute
- ⇨ kein Schroten auf Vorrat möglich (Stromspitze → Kosten)
- ⇨ keine Spelzentrennung möglich
- ⇨ größerer Walzenabrieb (Folgekosten, …)
- ⇨ Schrotzusammensetzung kann schlecht geändert werden
- ⇨ Schrotmühle ist schwierig einzustellen

2.1.2 Arbeitsweise der Trockenschrotmühlen

Konditionierung:
- ⇨ Malztemperatur **nicht** über 30 °C
  - ⌧ Spelzenwassergehalt steigt um ca. 1,5-1,7 %
  - ⌧ Mehlkörperwassergehalt steigt um ca. 0,3-0,5 %
    - ↳ Folge: Spelzenvolumen steigt um ca. 10-20 %!

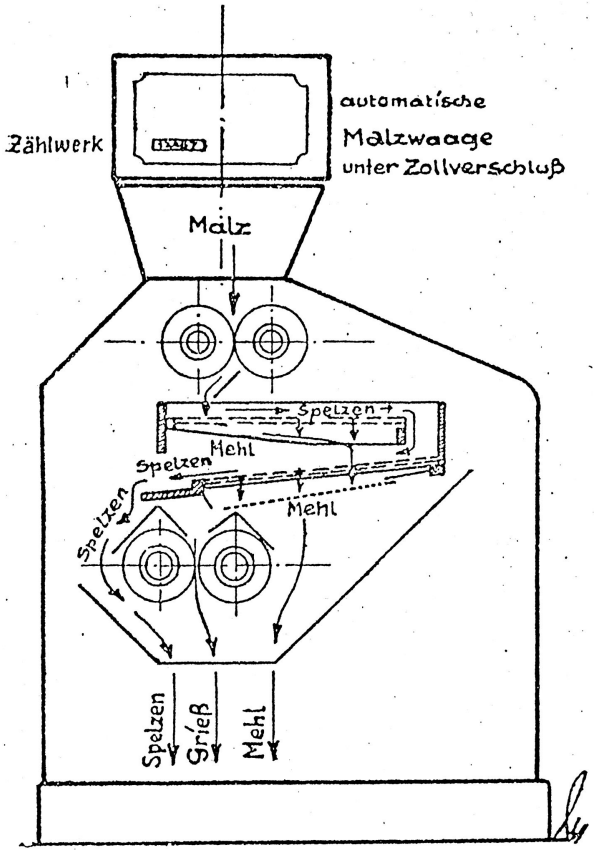


Abbildung 1: Vierwalzenmühle

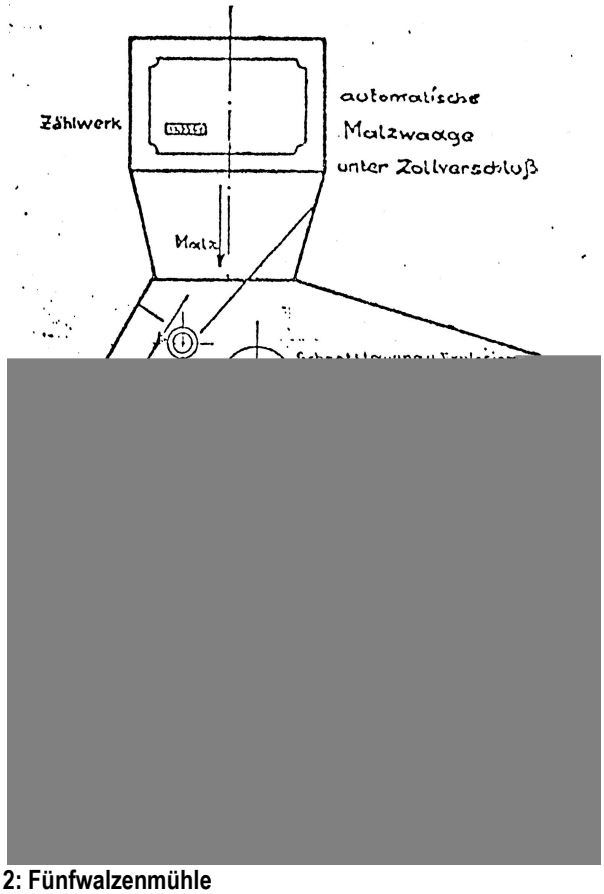


Abbildung 2: Fünfwalzenmühle

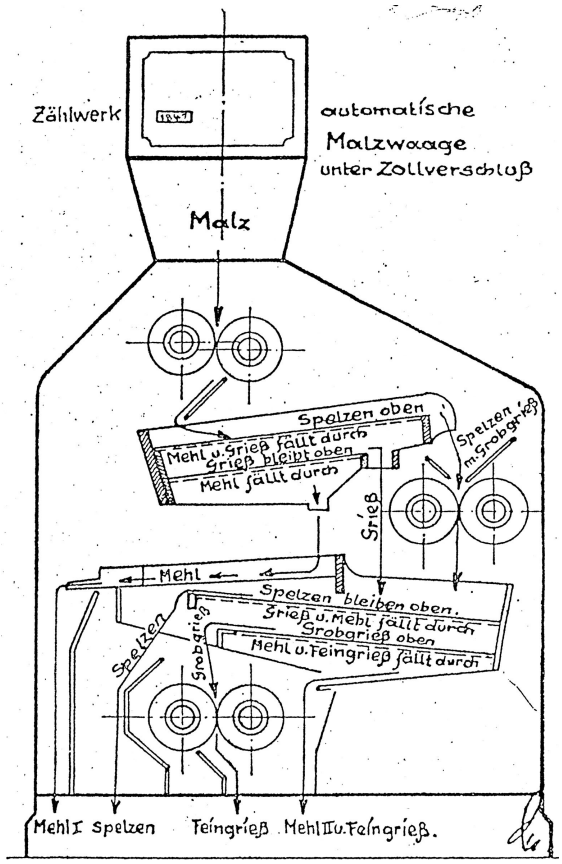


Abbildung 3: Sechswalzenmühle

www.bierbrauerei.net

III. MAISCHEN

➲ Einteilung der Maischverfahren:

⇨ Dekoktionsverfahren (eine oder mehr Teilmaischen werden gekocht)
⇨ Infusionsverfahren (keine [Teil-] Maische wird gekocht)
⇨ Sondermaischverfahren (Hoch-Kurz-Maischverfahren, Spring-Maischverfahren, Schrot-Maischverfahren)

➲ Aufgaben des Maischprozesses:

⇨ Lösung der Malzbestandteile im Wasser
⇨ Enzymatischer Abbau der Malzbestandteile
⇨ Physikalischer Aufschluss der Malzinhaltsstoffe (Maischerasten)
⇨ Bildung von Farb- und Aromastoffen (Maischekochen)
⇨ Festlegung der Würzezusammensetzung als Grundlage der Gärung

➲ Einmaischtemperaturen:

[⇨ ca. 18 °C - Digerieren; veraltet)]
⇨ 35-37 °C - bessere Malzlösung, Enzymaktivierung → später allgemein bessere Enzymtätigkeit
⇨ ca. 50 °C - Eiweißrast (Eiweiß-, Phosphat-, Gummistoffabbau)
⇨ 58(-62) °C - Unterdrückung der Eiweißrast

➲ Einmaischdauer:

⇨ Trockenschrot 15-20 min.
⇨ Nassschrot 30-54 min.

➲ Abmaischtemperatur:

⇨76-78 °C **(Gesamtmaische muss jodnormal sein!)**

➲ Begriffe:

⇨ Hauptguss = Einmaischwasser ⌦ Vorderwürze
⇨ Nachgüsse = nötige Wassermenge, um Treber auszusüßen (auszulaugen)
⇨ Gussführung = Verhältnis Hauptguss : Nachgüsse
↳ unterschiedliche Form der Vorderwürzekonzentration
⇨ Schüttung = Gesamtschrot/Sud bzw. kg Malz / hl Einmaischwasser

➲ Maischverfahren hängt ab von:

⇨ Brauwasserzusammensetzung
⇨ Malzlösung
⇨ Schrotung
⇨ Abläutersystem
⇨ Anzahl der Sude pro Tag bzw. Woche
⇨ Anzahl der Sudgefäße
⇨ gewünschtem Biertyp

www.bierbrauerei.net

➲ Biertyp hängt ab von:
⇨ Gussführung (Hauptguss : Nachgüsse)
⇨ Maischverfahren (Temperaturen, Rasten, Kochzeiten, …)

➲ Möglichkeiten, den pH-Wert zu senken:
⇨ Brauwasseraufbereitung (Karbonate)
⇨ Biologische Säuerung (Verwendung von Sauergut)
⇨ Verwendung von Sauermalz
⇨ Rast bei ca. 50 °C (Phosphatabbau)

3.1 Rohstoff Wasser

➲ Wasser enthält:
⇨ Mineralien (Salze, weitgehend als Ionen gelöst)
⇨ Schwebstoffe (Lehm, Sand, …)
⇨ Geruchs-/ Farbstoffe
⇨ Verunreinigungen (organische Substanzen)
⇨ Mikroorganismen

Zur Verwendung als Brauwasser muss es oft aufbereitet werden, da Rohwasser für Brauereizwecke wenig geeignet ist!

➲ Brauwasser sollte:
⇨ Trinkwasserqualität haben (TVO)
⇨ günstige Zusammensetzung haben (Härte, …)
⇨ leicht aufzubereiten sein
⇨ gleichmäßige Qualität übers Jahr haben
⇨ keine bierschädlichen Mikroorganismen haben

➲ Auswirkung der Karbonathärte:
⇨ erhöhen pH-Wert (fangen H^+ - Ionen ab!)
↳ Folgen:
⌧ schlechtere Enzymtätigkeit
⌧ schleppendes Abläutern
⌧ schleppende Gärung
⌧ tiefere Bierfarbe
⌧ raue, kratzige Biere
⌧ Kesselsteinbildung

3.1.1 Chemische Brauwasseraufbereitung

➲ Senkung der KH:
[⇨ Abkochen]
⇨ Kalkentkarbonisierung
⇨ Ionenaustauscher (Kationenaustauscher – sauer)
⇨ Elektroosmose bzw. Elektrodiarese
⇨ Umkehrosmose

➲ Senkung der NKH:
⇨ Erhöhung durch Zugabe von Gips ($CaSO_4$) oder Calciumchlorid ($CaCl_2$)
⇨ Senkung durch
⌧ Ionenaustauscher (Anionenaustauscher – basisch)
⌧ Umkehrosmose

www.bierbrauerei.net

Bei Ionenaustauschern und Umkehrosmose ist eine Vorbehandlung des Wassers nötig:

- ⌦ keine Schwebstoffe
- ⌦ keine Geruchs-, Geschmacksstoffe
- ⌦ kein freies Chlor (Aktivkohlefilter vorschalten)
- ⌦ Reaktormasse bzw. Osmosemembran muss dem Lebensmittelrecht entsprechen

3.1.2 Biologische Wasseraufbereitung

- ➲ Zugabe von Giften (Chlor, Fluor, …)
- ➲ Filtration (Berkefeldfilter)
- ➲ Behandlung mit UV-Licht
- ➲ Verwendung von Ozon (O_3)
- ➲ Umkehrosmose
- ➲ Zugabe von Desinfektionsmitteln

3.2 Zusammenhänge zwischen Malzqualität – Schroten – Maischen – Abläutern – Biertyp

Je schlechter gelöst das Malz	⌦ desto besser muss geschrotet werden ⌦ desto intensiver muss gemaischt werden ⌦ desto eher ergeben sich Abläuter- bzw. Filtrationsschwierigkeiten ⌦ desto schlechter ist evtl. die Sudhausausbeute
Je feuchter das Malz	⌦ desto schwieriger der Schrotvorgang
Je besser gelöst das Malz	⌦ desto geringere Bedeutung hat der Schrotvorgang ⌦ desto weniger intensiv muss gemaischt werden ⌦ desto besser geeignet für kurze Maischverfahren
Je mehr Malzvorgänge	⌦ desto bessere Ausmahlung des Kornes ⌦ desto besser kann auf die Malzqualität eingegangen werden
Je intensiver das Maischverfahren	⌦ desto weniger Bedeutung hat die Schrotung ⌦ desto besser die Enzymtätigkeit ⌦ desto dunkler die Bierfarbe
Je größer das Schrotvolumen	⌦ desto besser die Abläuterung
Je feiner das Schrot	⌦ desto schwieriger die Auslaugung der Treber ⌦ desto eher ergeben sich schlechte Sudhausausbeuten
Je heller der Biertyp	⌦ desto weniger sollen die Spelzen zerstören bzw. auslaugen werden ⌦ desto kürzer sollen Maischverfahren und Maischekochzeiten sein ⌦ desto größer soll der Hauptguss sein

www.bierbrauerei.net

3.3 Biologische Säuerung im Sudhaus

Das Verfahren wird seit 1932 zur pH - Erniedrigung der würze mit Hilfe von Lactobazillen angewandt. Es muss steuerlich zugelassen werden.

Die Verwendung von Sauergut bringt technologische und geschmackliche Vorteile, außerdem wird die Infektionsanfälligkeit der Biere durch den niedrigen Bier – pH-Wert geringer.

➲ Hauptvorteile: ⌦ Allgemein bessere Enzymtätigkeit (außer α – Amylasen), somit bessere Würzezusammensetzung, günstigeren Gärverlauf, hellere, bekömmlichere Biere.

➲ Arbeitsweise: ⌦ Die eingesetzten Lactobazillen sind alle **nicht** bierschädliche Bakterien. Das Temperaturoptimum liegt, je nach Bakterienstamm, zwischen 42 und 49 °C. Diese Bakterien wachsen unter 30 °C nicht mehr, sind etwas alkohol- und hopfenempfindlich, d.h. sie kommen als Bierschädlinge nicht in Frage.
Wird Sauergut oder Sauermalz nur zum Einmaischen zugesetzt, erfolgt eine erhöhte Pufferung der Würze. Deshalb wird meist Maische und Würze gesäuert. Eine sehr große Bedeutung hat die biologische Säuerung bei der Herstellung von alkoholreduzierten bzw. –freien Bieren (↳ deutlichere Reduzierung des Würzegeschmacks).
Als Herführmediums hat sich ein Gemisch aus Vorderwürze und Brauwasser (ca. 10 %-ig) sehr git bewährt. Doch kann man auch mit reiner Vorderwürze (20-22 %) arbeiten.
Bei Temperaturen unter 48 °C können schnell Infektionen und Kahmhefen auftreten.
Bei halbkontinuierlichen Verfahren erfolgt eine ca. 50 %-ige Sauergutentnahme aus dem kleinen Fermentationsgefäß (Propagator). Die entnommene Menge wird später sofort wieder mit frischer, 10 %-iger Vorderwürze ersetzt. Das Sauergut wird in einen Stapeltank befördert, dort erfolgt eine Nachsäuerung. Von hier wird dann das völlig durchgesäuerte gut zur Maische oder Würze dosiert. Der Milchsäuregehalt sollte im Propagator 0,8 % möglichst nicht übersteigen. Dann kommt es nicht zur Übersäuerung und somit auch nicht zur Schädigung oder gar zum Absterben der Bakterienkultur. Im Stapelgefäß kann der Säuregehalt infolge der Nachsäuerung über 1,3 % ansteigen.
Üblicherweise benötigt man für die Maische- und Würzesäuerung ca. 2 % der Ausschlagmenge als Sauergut. Bei der Herstellung von alkholfreiem Bier durch gebremste Gärung werden ca. 8-10 % Sauergut zudosiert.
Infektionen bei der biologischen Säuerung werden durch das strikte Einhalten von Temperaturen über 48 °C und den niedrigen pH-Wert weitgehend ausgeschaltet. Bei Infektionen (Hefen, …) kann die Temperatur über mehrere Führungen auf 50 °C erhöht werden. Bei Temperaturen über 52 °C kann es zu einer Schwächung des Sauergutes und zu Infektionen mit Buttersäurebakterien kommen.

➲ Kontrolle des Sauergutes:
⌦ Farbe
⌦ Verkosten (wie sauer)
⌦ Titration (Säuregrad)

www.bierbrauerei.net

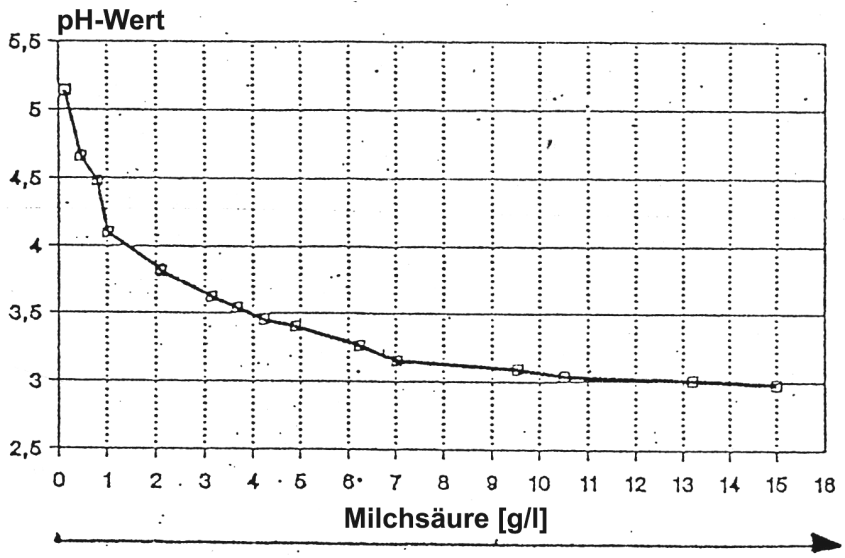


Abbildung 4: pH-Wert und Milchsäuregehalt Sauergut aus 10 %-iger Würze

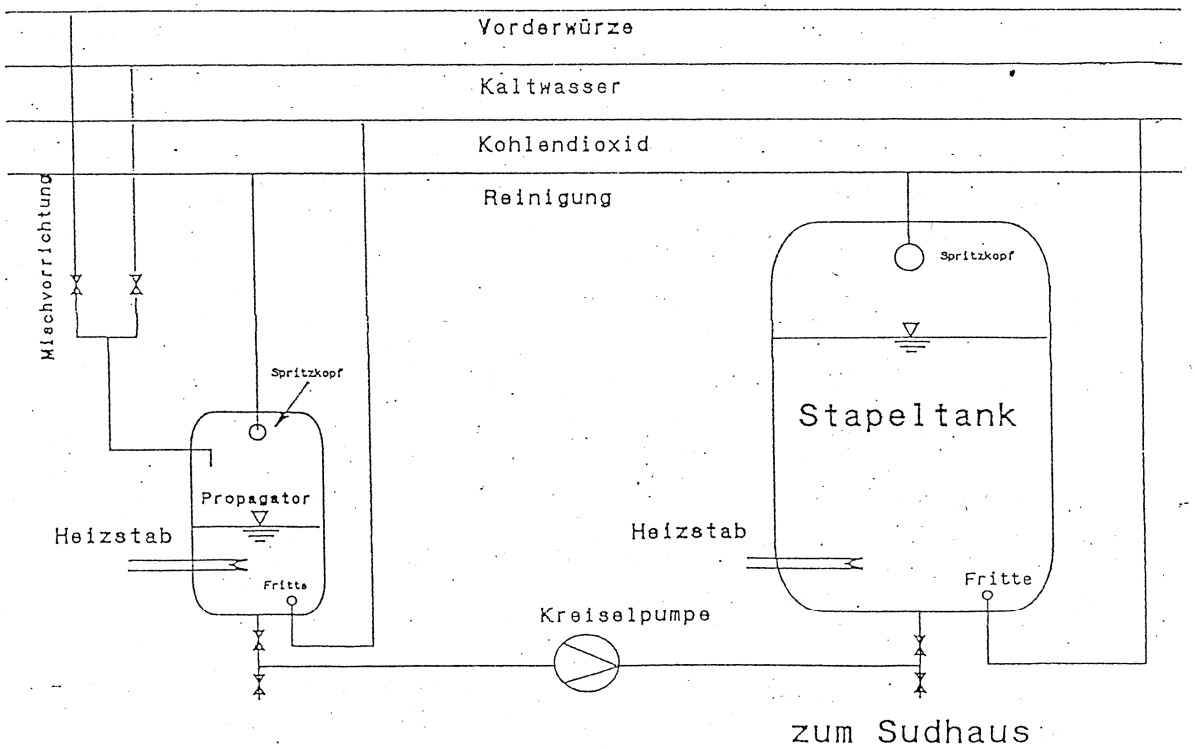


Abbildung 5: Anlagenschema- Biologische Säuerung

3.4 Gussführung

Gussführung muss H_2O-Verluste (Verdampfung, Treber, …) ausgleichen

	Helle Biere	Dunkle Bier
Hauptguss	4-5(6) hl/dt	3,5-4 hl/dt
Nachgüsse	4,5 hl/dt	ca. 6-7 hl/dt
Vorderwürze	14-15 %	16-17,5 %
VW-Doppelbock	> 20 %	> 20 %
Ausschlagwürze	11-12 %	11-12 %

➲ Gussführung hängt ab von:
- ⇨ Schrotvolumen, Schrotmenge
- ⇨ Menge und Konzentration der Ausschlagwürze
- ⇨ Maischverfahren
- ⇨ Konzentration der Vorderwürze bzw. des Glattwassers
- ⇨ Malzlösung (Enzyme → Maischverfahren)
- ⇨ gewünschtem Biertyp

3.5 Abbau der Malzinhaltsstoffe beim Maischen

3.5.1 Stärkeabbau beim Maischen

Stärkeabbau hängt ab von:

➲ Temperatur der Maische
- ⇨ T_{opt} α-Amylase 72-75 °C; liefert viele Dextrine,niederer EVG
- ⇨ T_{opt} β-Amylase 60-65 °C; liefert viele Malrose, hoher EVG
- ⇨ T_{opt} Grenzdextrinase 55-60 °C; spaltet Verzweigungen in Dextrinen

Maximale Enzymtätigkeit nach 15-20 min.

➲ pH-Wert der Maische
- ⇨ Maische pH normal 5,8-5,9; durch Senkung auf 5,2-5,4 → bessere Enzymtätigkeit
  - ⌦ mehr Extrakt (höhere SA)
  - ⌦ mehr vergärbare Zucker (höherer EVG)
- ⇨ pH_{opt} α-Amylase 5,6-5,8
- ⇨ pH_{opt} β-Amylase 5,4-5,6
- ⇨ pH_{opt} Grenzdextrinase 5,1

➲ Konzentration der Maische
- ⇨ Dünne Maischen ⌦ höherer Extrakt (SA)
- ⇨ Dicke Maischen ⌦ viel vergärbare Zucker (EVG steigt)

Stärkeabbauprodukte und deren Bedeutung:
- ⇨ Glucose, Fructose ⌦ Angärzucker
- ⇨ Maltose ⌦ Hauptgärzucker
- ⇨ Maltotriose, (Maltotetraose, Isomaltose) ⌦ Nachgärzucker

www.bierbrauerei.net

Stärkeabbau beim Maischen:

- Stärke ist in kaltem Wasser schlecht löslich, sie muss deshalb chemisch (enzymatisch) zerkleinert werden. Stärke liefert den Hauptanteil des Würzeextraktes.

Stärke (Amylum)

ca. 20 % Amylose (unverzweigte Stärke) | ca. 80 % Amylopektin (verzweigte Stärke)

Stärkeabbau erfolgt:

- physikalisch (Maischeabbau)
- enzymatisch (Rasten, mehrere Enzyme)

Stufen des Stärkeabbaus:

- Quellen und Platzen der Stärkekörner (Verkleisterung bei ca. 60 °C)
- Verflüssigung (= Sprengen der Stärkeketten (α-Amylase → Viskosität sinkt))
- Verzuckerung (= völliger Abbau verflüssigter Stärke in Maltose, Dextrine bzw. (Einfach-)Zucker)

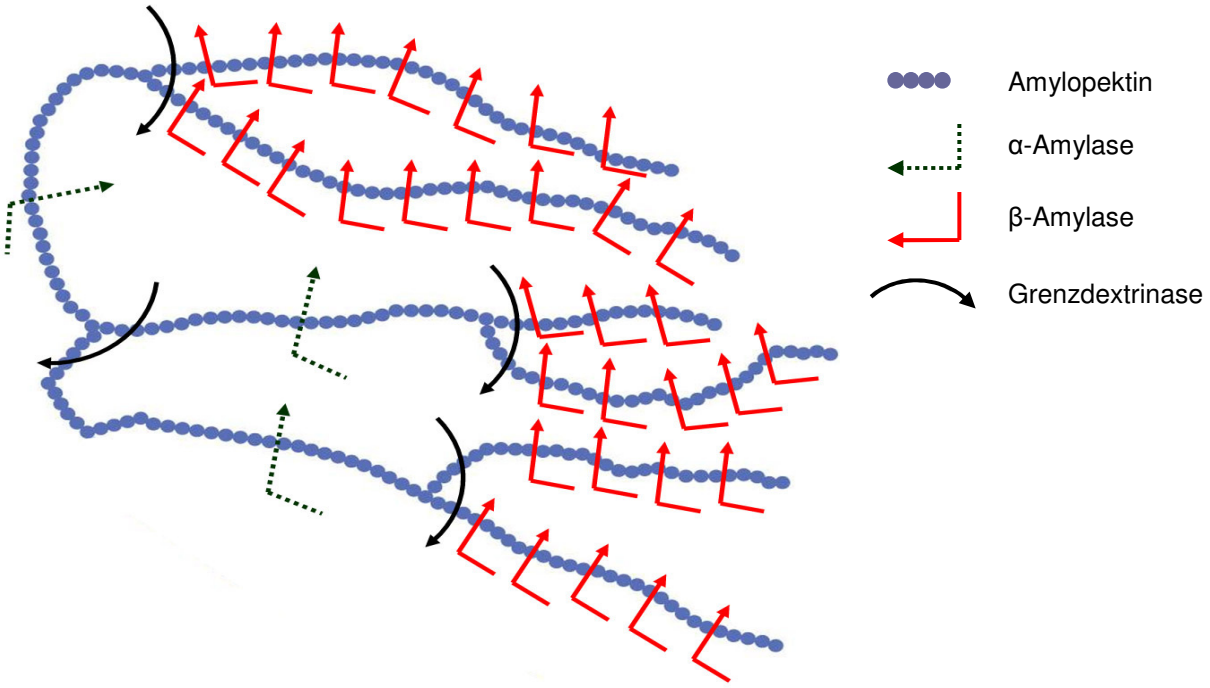


Abbildung 6: Amylopektin

- Die unverzweigte Stärke (Amylose) kann von der β-Amylase völlig zu Malzzucker (Maltose) abgebaut werden.
- Die verzweigte Stärke (Amylopektin) wird durch die Wirkung mehrerer Enzyme abgebaut. Dabei spaltet die β-Amylase (Exo-Enzym) von außen her Maltose ab. Die α-Amylase (End-Enzym) spaltet zwischen Verzweigungen die Stärkekette auf und liefert somit neue Angriffsflächen für die β-Amylase.
- Die Verzweigungen des Amylopektins werden durch ein weiteres Enzym (Grenzdextrinase, Isomaltose) gespalten.

www.bierbrauerei.net

3.5.2 Eiweißabbau beim Maischen

Eiweiße im Gerstenkorn:
- ⇨ Klebereiweiß (Aleuronschicht) – wird nicht verändert → Treber
- ⇨ Reserveeiweiß (im Mehlkörper) – bildet Hauptanteil des löslichen Eiweißes in Würze und Bier
- ⇨ Gewebeeiweiß (histologisches Eiweiß) – erschwert Auflösung der Zellwände bzw. Zellverbände im Mehlkörper

Eiweiß der Gerste	löslich in	Veränderungen beim Mälzen	Veränderungen beim Maischen
Albumin	H_2O dest.	Abbau	gehen in Lösung
Globulin	Salz-lsg. (z.B. Leitungswasser)		
Prolamin (Hordein)	Alkohol (50-90 %)	Abbau, Umbau Neuaufbau im Keimling	geringe Veränderungen, gehen weitgehend in Treber
Glutelin	alkalische Lösungen		

Eiweißabbau und –umbau beim Maischen

Protein (Eiweiß) ➢ Macropeptide ➢ Polypeptide ➢ Di-, Tri-, Peptide ➢ freie Aminosäuren

dabei:
- ⇨ gehen sofortlösliche Eiweiße beim Einmaischen in Lösung
- ⇨ erfolgt enzymatischer Abbau beim Maischen; Abbauprodukte gehen in Lösung

Enzyme des Eiweißabbaus („Proteasen“)

	pH_{opt}	T_{opt}
⇨ Endopeptidasen	5,0	50(-70) °C
⇨ Exopeptidasen	5,2	50-60 °C
⇨ Aminopeptidasen	geringe Wirkung, da pH_{opt} im alkalischen Bereich	
⇨ Dipeptidasen		

Eiweißabbauprodukte

	Bedeutung
⇨ hochmolekulares Eiweiß	Schaum; Stabilität schlecht
⇨ mittelmolekulares Eiweiß	Vollmundigkeit; Geschmack
⇨ niedermolekulares Eiweiß	Hefenahrung
⇨ freie Aminosäuren	

Weiterhin haben Eiweiße Einfluss auf:
- ⇨ CO_2-Bindung
- ⇨ Pufferung
- ⇨ Farbe

Schlussfolgerung: *Eiweißrast bei ca. 50 °C (47-53) – aber nicht zu lange, sonst Schaumschwierigkeiten! Temperatur entscheidet über Eiweißzusammensetzung:*
⌦ 45-50 °C ⇘ viel niedermolekulares Eiweiß
⌦ 60(-70) °C ⇘ viel hochmolekulares Eiweiß

3.5.3 Weitere Abbaureaktionen beim Maischen

Abbau der Gummistoffe (Hemizellulose, β-Glucan, …)

- enzymatisch durch: ⇨ Endo-β-Glucanasen, ⇨ Endo-Xylanasen — pH_{opt} ~ 5,4; T_{opt} 45-50°C

Phosphatabbau:

- Phytin (organische Verbindung des Malzes) wird abgebaut, dabei wird Phosphorsäure freigesetzt.
- enzymatisch durch: ⇨ Phosphatasen — pH_{opt} ~ 5,0; T_{opt} 50-53 °C

3.6 Maischerasten

Temperatur	Rast	stoffliche Veränderungen	Enzymtätigkeit	Bedeutung
ca. 37 °C	„Säurerast“	-	-	Lösung des Schrotes, Enzymaktivierung
ca. 50 °C	Eiweißrast	Eiweißabbau, -umbau	Proteolytische Enzyme (Proteasen, Peptidasen	Eiweiße für Hefenahrung, Geschmack, Vollmundigkeit, Schaum
		Gummistoffabbau	β-Glucanasen	Viskosität der Würze sinkt (Abläutern, Filtration)
		Phosphatabbau	Phosphatasen	senkt Maische-pH; allg. bessere Enzymtätigkeit
60-62 °C	Maltoserast	Stärkeabbau	β-Amylase	liefert vergärbare Zucker, Maltose, EVG steigt
70-75 °C	Verzuckerungsrast	Stärkeabbau	α-Amylase	liefert nicht vergärbare Zucker, Dextrine, höhere Sudhausausbeute

Abmaischtemperatur: 76-78 °C (⌧ Gesamtmaische muss jodnormal sein!)

3.6.1 Kontrolle der Maischerasten

- Temperaturkontrolle (in Bottich, Pfanne, Wasserbatterie, bei Maische, Anschwänzwasser, …)
- Zeitenkontrolle (bei Rasten, Maischekochzeiten)
- Kontrolle des Stärkeabbaus (Jodprobe bei Teil-, Gesamtmaische, Pfanne voll- bzw. Ausschlagwürze)

www.bierbrauerei.net

- Sudhausausbeute

- evtl. ⇨ Würzezusammensetzung (↳ Würzeanalyse)
  ⇨ Treberzusammensetzung (↳ Treberanalyse)

Kontrolleinrichtungen bzw. Kontrollmöglichkeiten:

- Thermometer
- Thermografen (= Thermometer + Schreiber)
- Kreide, Jodlösung
- Sudbuch, Sudbericht

3.7 Maischeverfahren

3.7.1 Dekoktionsverfahren

- Drei-Maischverfahren
  (a) für dunkle Biere

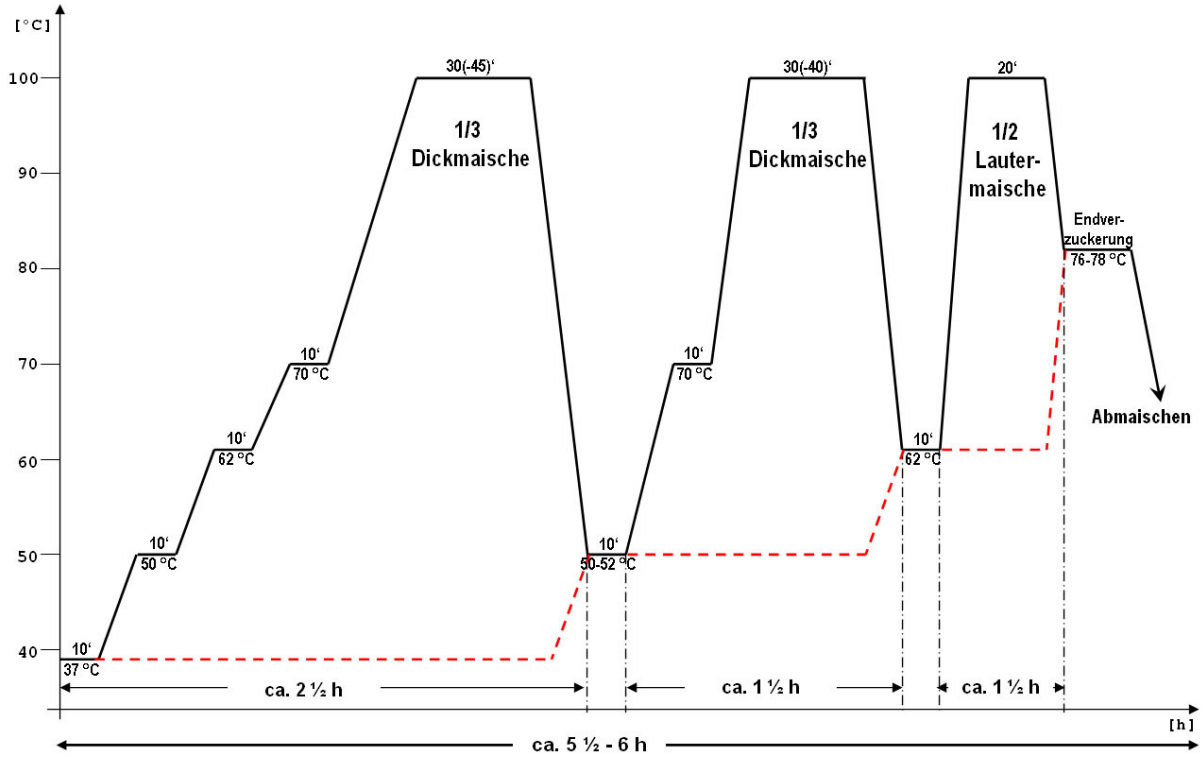


Abbildung 7: Ablauf - Dreimaischverfahren

Anwendung: ⇨ dunkle, kräftige (Stark-) Biere
⇨ schlechte, knapp gelöste Malze
⇨ schlechtes Schrot (2-Walzenmühle)

www.bierbrauerei.net

Vorteile:
- ⌦ vorsichtiger Aufschluss, weitgehend physikalisch
- ⌦ für knapp gelöste bzw. unterlöste Malze – trotzdem normale SA
- ⌦ kaum abhängig von Schrotqualität
- ⌦ kräftiger Geschmack bzw. kräftige Bierfarbe (Gerbstoffe)

Nachteile:
- ⌦ zeitaufwendig (Lohnkosten, …)
- ⌦ hoher Energieverbrauch

(b) Für helle Biere (Export, Märzen)
- ⌦ 1. Teilmaische 10' kochen
- ⌦ 2. Teilmaische evtl. 10' Rast bei 60-62 °C – 10' kochen
- ⌦ 3. Teilmaische evtl. 10' Rast bei 70-72 °C – 10' kochen
- ⌦ Gesamtmaischdauer 4-5 h

➲ Zwei-Maischverfahren *(3MV – 1 TM)*

(a) Standardverfahren (für helle und dunkle Biere)

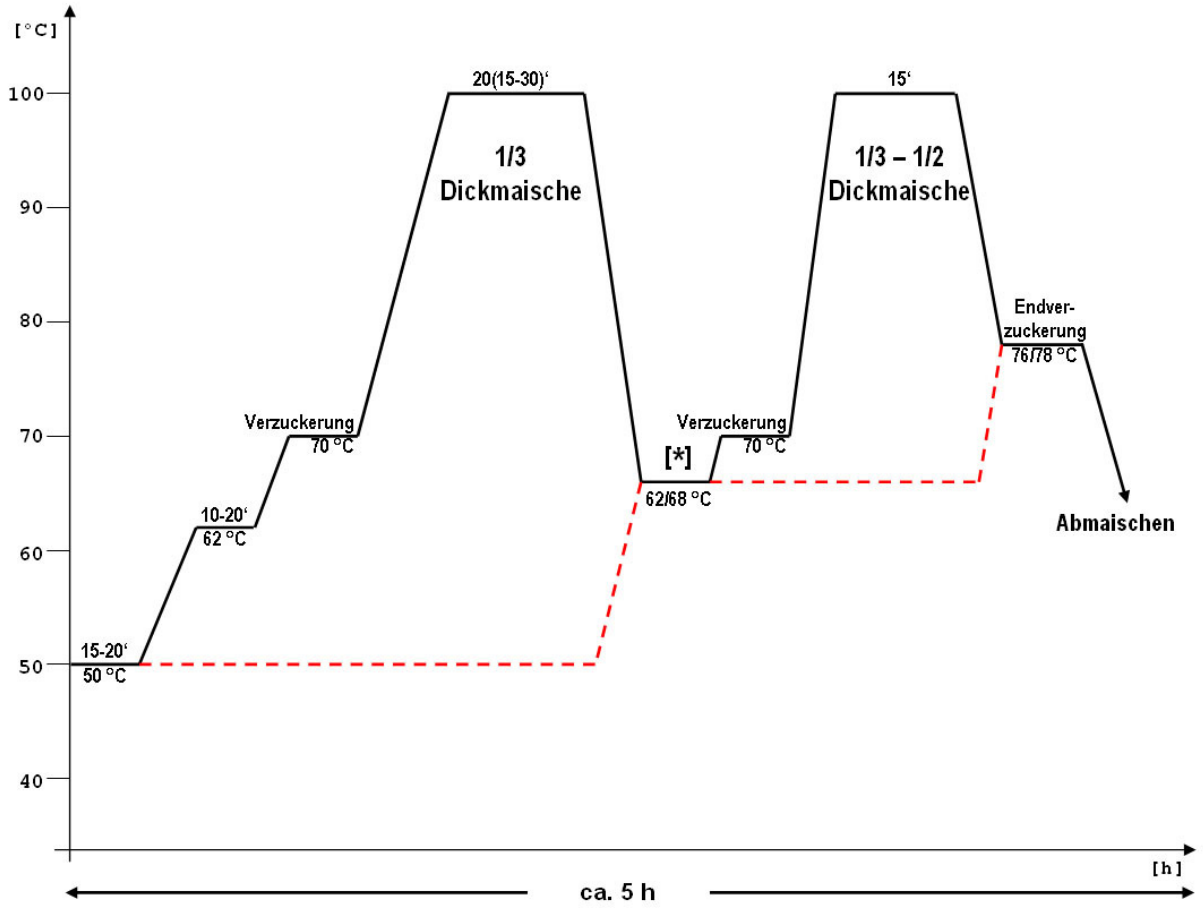


Abbildung 8: Ablauf - Zweimaischverfahren

[*] Zubrühen (aufmaischen auf):
(⇨ Festlegung des EVG)
↳ 62 °C → niederer EVG
↳ 68 °C → hoher EVG

EVG – Festlegung : ⇨ Temperatur des Gesamtmaische nach 1. Teilmaische (↗ [*])
⇨ α-Amylasenrast (Zeitdauer)

Variationen zum 2-Maischverfahren:

(b)

⌦ Einmaischen bei 35-37 °C
⌦ Gesamtmaische auf 50 °C bringen, dann TM ziehen und weiter wie (a)

Anwendung: ⌦ bei schlecht gelöstem Malz

Vorteile:
⌦ bessere Enzymtätigkeit
⌦ mehr Eiweiß geht in Lösung
⌦ besserer Gummistoffabbau
⌦ höherer EVG, höhere SA

(c)

⌦ Einmaischen bei 35-37 °C
⌦ sofort 1. TM ziehen
⌦ 2. TM bei 50 °C

Anwendung: ⌦ bei schwach gelöstem Malz

Vorteile: ⌦ wie bei (b)

➲ Ein-Maischverfahren

Um eine gute SA, sowie eine günstige Würzezusammensetzung zu erhalten, kombiniert man die Einmaischverfahren mit einem Infusionsverfahren.

(a) 1-Maischverfahren mit Infusion vor Kochmaische

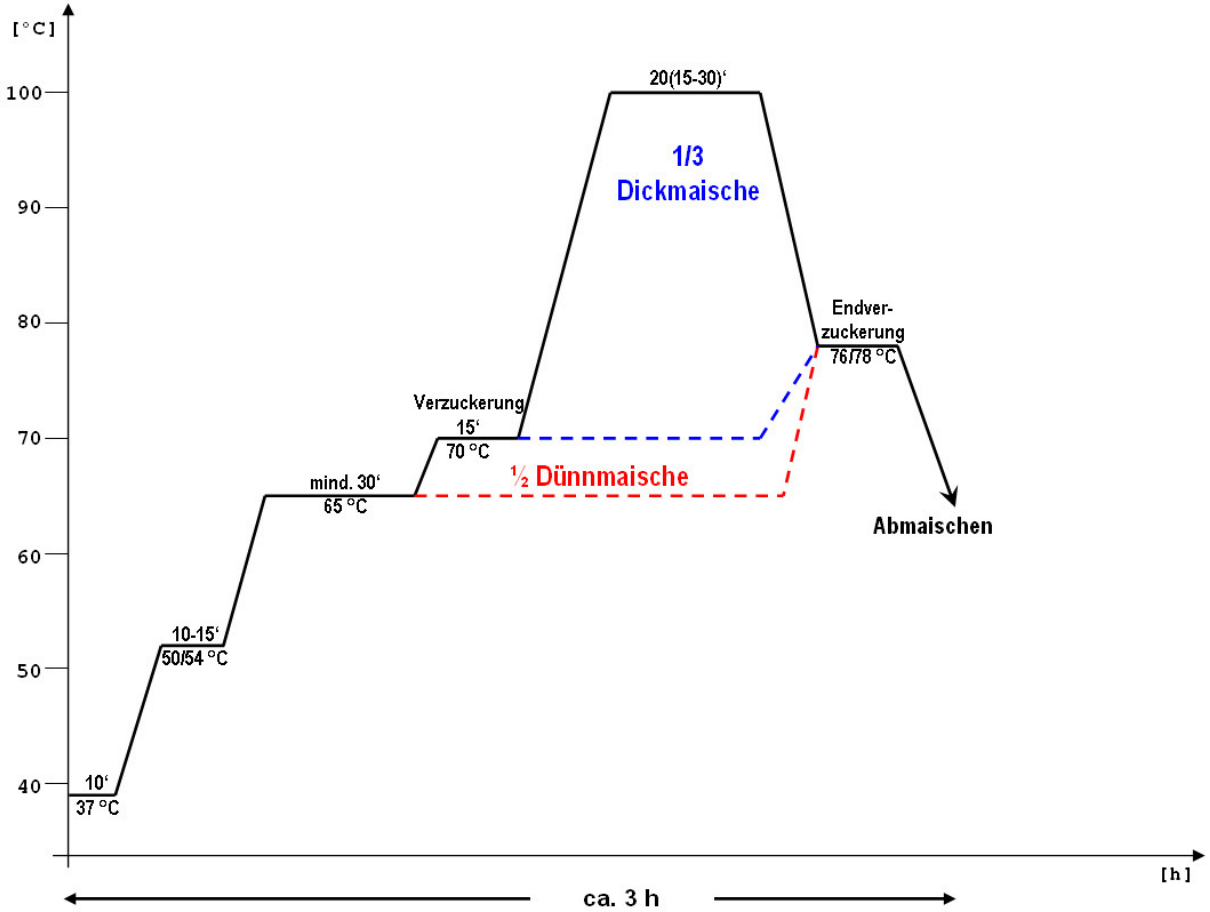


Abbildung 9: Ablauf – Einmaischverfahren mit Infusion vor Kochmaische

Anwendung:
- ⇨ (sehr) gut gelöste Malze
- ⇨ verschiedene Biertypen (besonders helle Biere)

Vorteile:
- ⌦ Zeitersparnis
- ⌦ geringere Energiekosten
- ⌦ liefert hellere Bier

Nachteile:
- ⌦ evtl. geringere SA
- ⌦ evtl. geringere EVG (falls Rast 62 °C statt 65 °C)
- ⌦ anfällig auf Schrotqualität
- ⌦ knappe Kochmaische

(b) 1-Maischverfahren mit Infusion nach Kochmaische

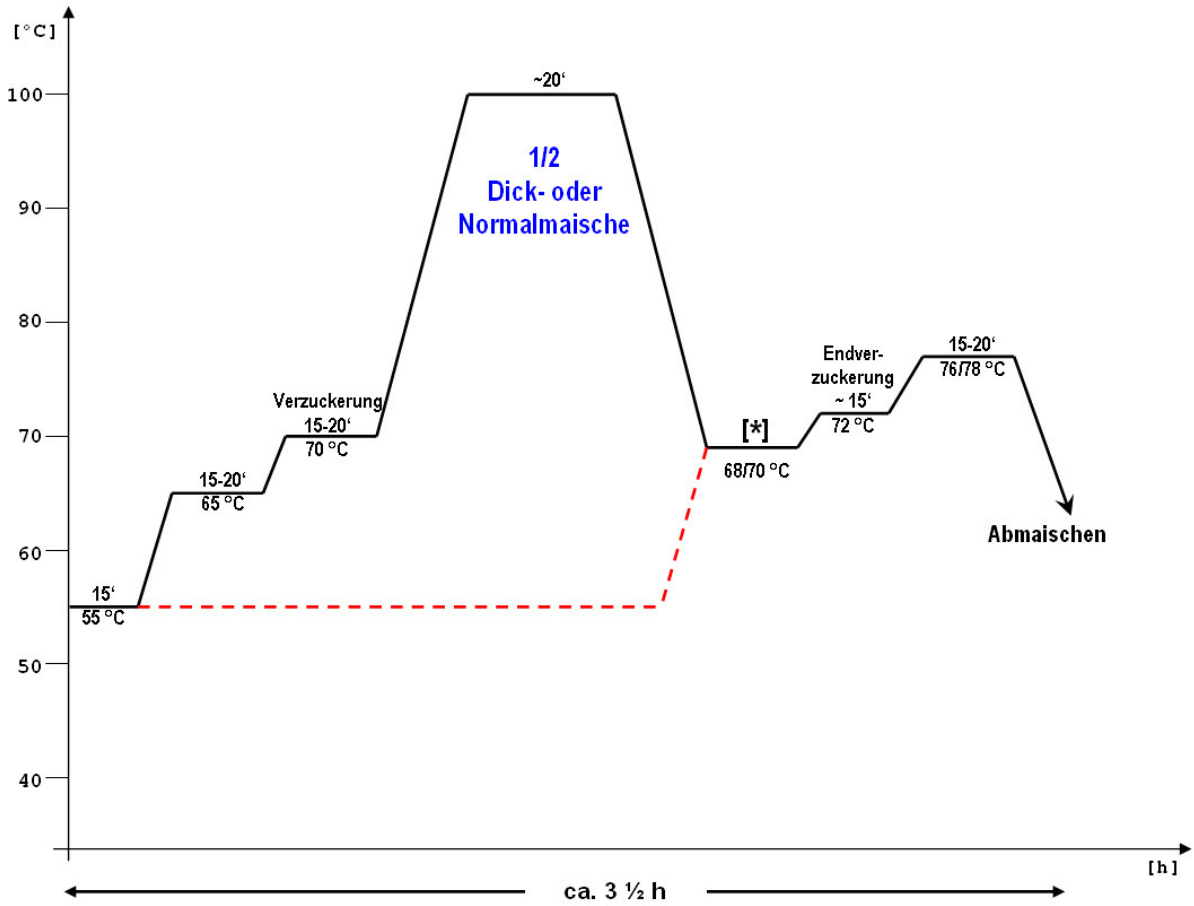


Abbildung 10: Ablauf – Einmaischverfahren mit Infusion nach Kochmaische

[*] Gesamtmaischtemperatur
↳ 68 °C → höherer EVG
↳ 72 °C → niederer EVG

Kochmaische: ⌦ Dickmaische ⇨ kräftigere Biere (Märzen, Export)
⌦ Normalmaische ⇨ elegante Biere (Pils)

Anwendung: ⇨ wie bei (a)

Vorteile: ⌦ wie bei (a)

Nachteile: ⌦ wie bei (a)

3.7.2 Infusionsverfahren

Keine Maische wird gekocht, der Aufschluss erfolgt nur enzymatisch.

(a) aufsteigende Infusion

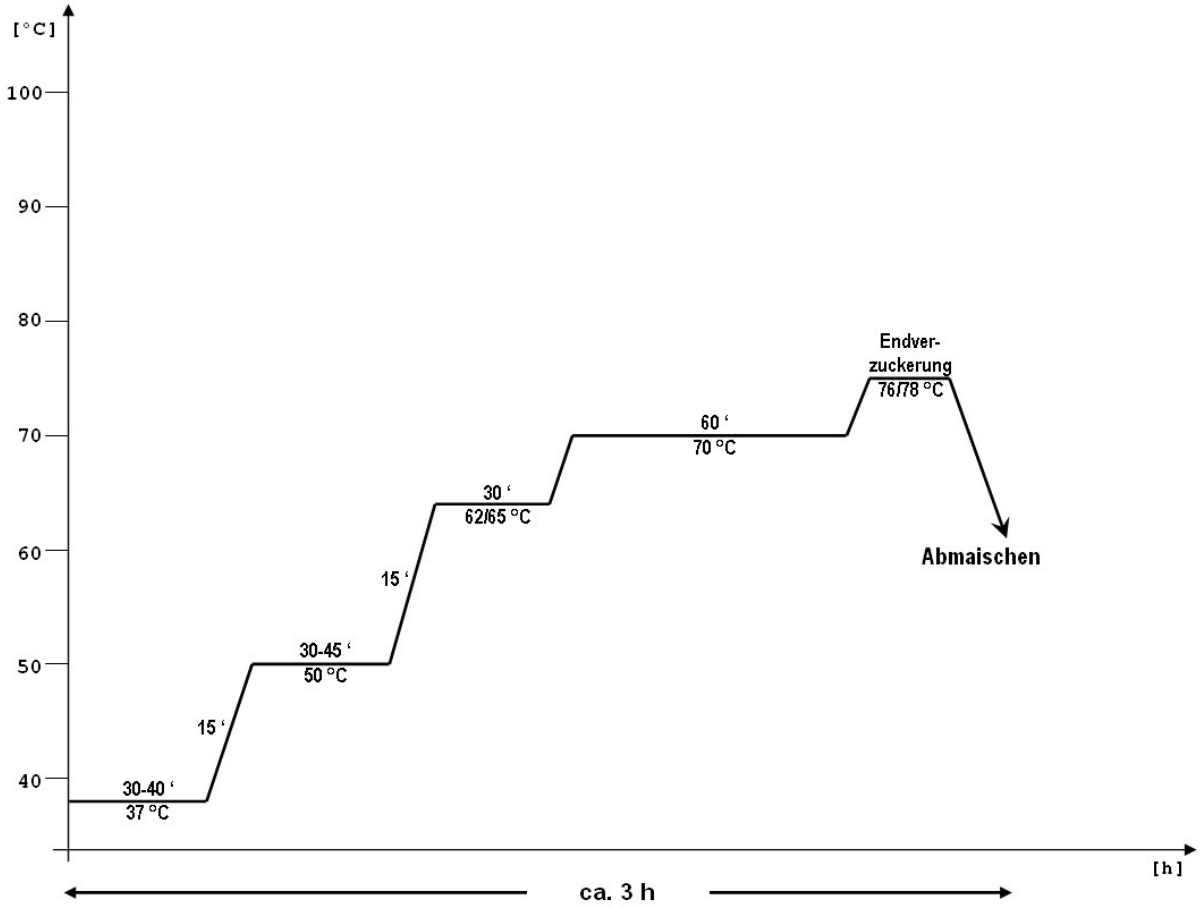


Abbildung 11: Ablauf – Infusionsverfahren (aufsteigend)

Anwendung:
- ⇨ in England, Süddeutschland
- ⇨ für helle Biere (Pils)
- ⇨ (sehr) gut gelöste Malze
- ⇨ feines Schrot
- ⇨ oft Verwendung von Sauermalz bzw. Sauergut

Vorteile:
- ⌦ Zeitersparnis
- ⌦ Energieersparnis
- ⌦ helle, elegante Biere (wenig Gerbstoffe)

Nachteile:
- ⌦ evtl. geringere SA (Malzlösung)
- ⌦ anfällig auf Schrotqualität
- ⌦ evtl. schlechtere Haltbarkeit (viel Trub, viel Restextrakt)
- ⌦ evtl. muss Maische gesäuert werden (Sauermalz, Sauergut)

(b) absteigende Infusion

Maische (60 °C) aus Vormaischer springt in Wasser von ca. 87 °C ⌦ Maischetemperatur von 70 °C (von oben herab), nur α-Amylase und einige Proteinasen wirken.

Zeitdauer ca. 1 – 1 ½ h, dann abmaischen.

Anwendung: ⇨ in England für einige Spezialbiere (Ale)
⇨ völlig überlöste Malze
⇨ Treberhöhe bis 1,5 m

3.7.3 Sondermaischverfahren

Von den vielen besonderen Maischverfahren sind einige veraltet, da sie zu große Nachteile hatten bzw. zu arbeitsaufwendig waren. Einige Sondermaischverfahren konnten sich halten oder haben heute wieder Verwendung gefunden.

(a) Springmaischverfahren

⌦ Dickmaische springt in kochendes Wasser, oder
⌦ kochendes Wasser springt in Maische
⇨ Gesamtmaischtemperatur 70-72 °C, dann Verzuckerung (Dextrinierung, da weitestgehend α-Amylasenaktivität), dann auf 76-78 °C aufheizen, abmaischen.

Anwendung: ⇨ Herstellung alkoholarmer Biere

Vorteile: ⌦ niedrigere EVG's (40-50 %)
⌦ Zeitersparnis

(b) Schrotmaischverfahren (Kubessa-Verfahren)

Nur Griese und Mehle werden gemaischt und gekocht, Spelzen werden später zugegeben.

Anwendung: ⇨ für helle, feine Biere
⇨ heute abgewandelt beim Maischverfahren mit späterer Spelzenzugabe (z.B. vor 2. Kochmaische oder beim Abmaischen)

Vorteile: ⌦ geringere Spelzenauslagung
⌦ hellere, feinere Biere
⌦ mehr Edelextrakt

Nachteile: ⌦ Schrotmühle mit Spelzentrennung (5- oder 6-Walzenmühle) nötig
⌦ Spelzen müssen einwandfrei ausgemahlen sein
⌦ evtl. schlechterer Gummistoffabbau (Abläuterschwierigkeiten)

(c) Hochkurzmaischverfahren

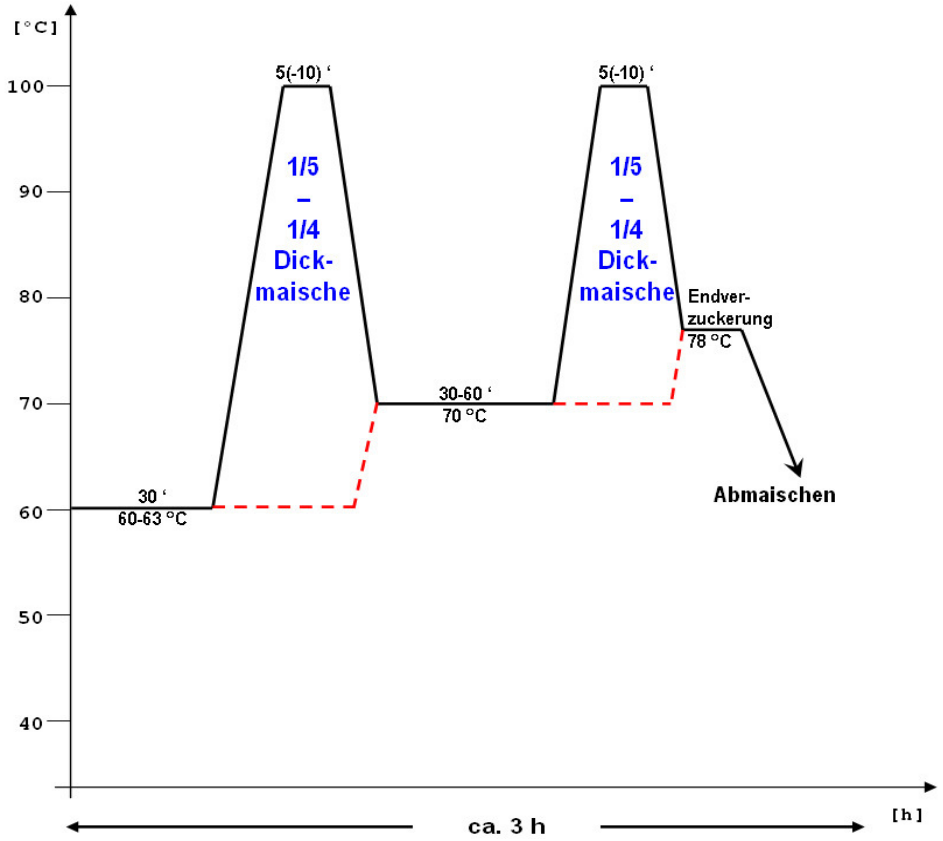


Abbildung 12: Ablauf – Hochkurzmaischverfahren

Anwendung:
⇨ sehr gut bis überlöste Malze
⇨ stark gehopfte Biere (Pils)

Vorteile:
⌦ guter Schaum, da Eiweißrast übersprungen (trotzdem geht genügend Stickstoff in Lösung
⌦ hoher EVG_s, da viel β-Amylasenaktivität
⌦ Energieersparnis
⌦ helle, elegante Biere (wenig Gerbstoffe)

Nachteile:
⌦ hohe Anforderung an Malz und Schrot
⌦ Pfanne muss gut kochen (ca. 2 °C/min.)
⌦ evtl. geringere Sudhausausbeute (mehr aufschließbarer Treberextrakt)
⌦ größere Hopfengabe nötig (um evtl. Eiweißbittere zu überdecken)

Variationen:
⌦ Teilmaischen verzuckern und 15 min. kochen
⌦ Temperatur Gesamtmaische nach 1. TM 68 °C → höherer EVG_s
⌦ mit 35-40 °C einmaischen, Ges.-maische auf 60-63 °C bringen, dann s. o.

IV. ABLÄUTERN

➲ Aufgaben:
- ⇨ optimale Gewinnung der Würze (geringe Verluste, günstige Würzezusammensetzung)
- ⇨ Trennung gelöster Stoffe (Würze) von ungelösten Stoffen (Treber)

➲ Abläuterung erfolgt in zwei Stufen:
- ⇨ Gewinnung der Vorderwürze (Siebwirkung)
- ⇨ Auslaugung, Aussüßen der Treber (kontinuierlich oder getrennt, 1-3 Nachgüsse)

Verhältnis Vorderwürze : Nachgüsse = 40-50 : 60-50; hängt ab von Gussführung
100 kg Malz → 118-130 kg Nasstreber bzw. 18-22 kg Trockentreber

➲ Abläutersysteme:
- ⇨ Läuterbottich
- ⇨ Maischefilter
- ⇨ Strainmaster
- ⇨ besondere Systeme (Pablo, Dreh-, Bandfilter)

➲ Begriffe:
- ⇨ Vorderwürze ➢ 1. Würze aus dem Hauptguss
- ⇨ Nachgüsse ➢ Würze durch Aussüßen der Treber
- ⇨ Glattwasser ➢ letzter Nachgussteil (2-3 hl mit 0,5-1 %)
- ⇨ Trübwürze ➢ 1. Teil der Vorderwürze, enthält Trubteilchen (Unterteig)

➲ Ursachen für Abläuterschwierigkeiten:
- ⇨ mangelhafte, fehlerhafte Arbeitsweise
  - ➢ schlechtes Schrot
  - ➢ schlechte Maischarbeit
  - ➢ zu rasches Abläutern
- ⇨ mangelhafte Malzqualität
  - ➢ schlecht gelöstes Malz
  - ➢ zu frisches Malz
- ⇨ Fehler am Abläutersystem
  - ↳ Läuterbottich
    - ➢ kühlt aus
    - ➢ verlegte Schlitze
    - ➢ Luft unter Senkboden
    - ➢ überladen (Schüttung zu groß)
  - ↳ Maischefilter
    - ➢ schlecht gefüllt
    - ➢ überladen
    - ➢ verlegte Tücher

➲ Folgen einer schlechten Abläuterung:
- ⇨ Zufärbung der Würze
- ⇨ Geschmacksveränderung
- ⇨ Zeit-, Energieverluste
- ⇨ evtl. schlechte Sudhausausbeute

www.bierbrauerei.net

4.1 Läuterbottich (klassisch)

➲ Aufbau: ⇨ rund, aus Kupfer, Stahlblech, V_2A, Senkboden (Filterfläche) aus Segmenten mit 0,7-1,0 m^2, (Bronze 6 %, V_2A 10-15 %, Spaltsiebe 25-30 % freie Filterfläche); Raum unter Senkboden ungeteilt oder in Quellgebiete geteilt; Aufhackmaschine (2-4 Balken); Anschwänzapparat; Austreberöffnung; Läuterhähne (Emslander)

➲ Prinzip: ⇨ natürliche Filtration mit Hilfe der Spelzen

➲ Arbeitsweise: ⇨ Senkboden einlegen; mit Heißwasser (ca. 78 °C) von unten befüllen (Luft weg);
- ⌧ 8-12 min. gleichmäßiges Einlagern der Maische (über Hackwerk, Maischefilter, …) oder von unten
- ⌧ 15-30 min. Läuterrast (Sedimentation)
- ⌧ 5-10 min. Trübwürze pumpen
- ⌧ 75-105 min. Ablauf der Vorderwürze
- ⌧ 90-120 min. Aufhacken und Anschwänzen; Ablauf der Nachgüsse (1-3)

➲ Abläutern: ⇨ offen (Läutergrant, -mulde)
⇨ geschlossen (Sammelabläuterung, Saugrohr, …)

➲ Treberhöhe:

⇨ normales Schrot	ca. 35 cm.	200-225 kg/m^2
⇨ konditioniertes Schrot	ca. 45 cm	
⇨ Nassschrot	60-90 cm	270-300 kg/m^2

➲ Vorteile:
⇨ wenig Schrotanfälligkeit
⇨ einfaches, bewehrtes Verfahren
⇨ lange Lebensdauer (geringer Verschleiß)

➲ Nachteile:
⇨ lange Abläuter-, Belegzeiten (4-5 h)
⇨ verlangt gute Malzqualität
⇨ großer Platzbedarf (normales Trockenschrot)
[⇨ arbeitsaufwendig]

Die neuesten Läuterbottiche ermöglichen 10-12 Sude pro Tag. Durch optimales Maischeeinbringen, verbessertes Aufhacken (veränderte Messer), große Siebflächen (V_2A Spaltsiebe), große Treberluken und automatische Senkbodenreinigung ist dies möglich. Bei diesen Läuterbottichen sind die extrem kurzen Abläuterzeiten nur mit Nassschrotung und geringerer spez. Beladung möglich.

Bestzeiten sind z.B.:

⌧ Wasservorlage	02 min.
⌧ Maische einbringen und Trübwürze pumpen	10 min.
⌧ Vorderwürzeablauf	45 min.
⌧ Nachgüsse	75 min.
⌧ Abtropfen der Treber	02 min.
⌧ Austrebern und Reinigung	10 min.
⌧ Gesamtbelegzeit	**144 min.**

www.bierbrauerei.net

4.2 Maischefilter

➲ Aufbau: ⇨ Filterrahmen; Filterkammern; Filterplatten; Filtertücher

➲ Arbeitsweise:
⇨ Filtertücher einlegen, Filter anpressen
⇨ Maische einpumpen ➢ Vorderwürze läuft (25-35 min.)
⇨ Anschwänzen über jede 2. Platte (von oben und unten) } 0,3-0,4 bar
⇨ Glattwasser mit Luft ausdrücken } (max. 1,0 bar)

➲ Abläutern:
⇨ offen
⇨ geschlossen

➲ Vorteile:
⇨ kürzere Abläuterzeiten (Σ 120-140 min.; Zeitersparnis bei Vorderwürze)
⇨ hellere Farben bei geschlossener Abläuterung
⇨ geringer Platzbedarf
⇨ gute SA trotz schlechten Malzes
⇨ große Rohfruchtgaben (ohne Spelzen) möglich

➲ Nachteile:
⇨ Maischemenge und Maischezusammensetzung muss konstant sein
⇨ laufende Kosten (neue Tücher, Dichtungen, …)
⇨ große, statische Belastung des Untergrundes
⇨ arbeitsaufwendig (Tücher wechseln, Tücher waschen)

www.bierbrauerei.net

4.3 Strainmaster

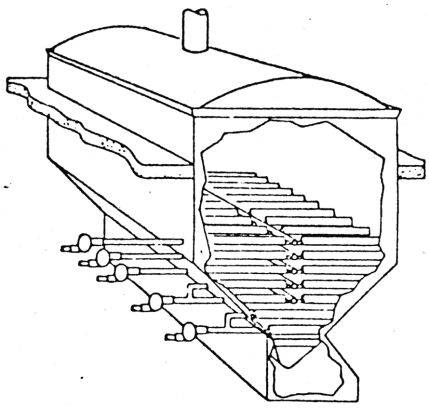


Abbildung 13: Schnittbild durch einen Strainmaster

➲ Aufbau: ⇨ Edelstahlgefäß 3-5 m hoch; quaderförmiges Oberteil mit Haube und Dunstabzug; keilförmiges Unterteil; Trebertrog mit Ausräumschnecke; Siebelemente (Δ - Stäbe) im unteren Teil (6-7 Reihen)

➲ Arbeitsweise: ⇨ Maische von oben über 1 oder mehrere Verteiler einbringen; sobald ca. 60-70 % gefüllt Trübwürze pumpen
⇨ Absaugen oder Vorderwürze (ca. 30 min.) (Drehzahlregulierung)
⇨ Treber nicht trocken laufen lassen, vorher anschwänzen
⇨ Anschwänzwasser kontinuierlich oder 1-3 Nachgüsse in Quellgebieten bis Glattwasser Ø ca. 1,5 % hat

➲ Vorteile:
⇨ geringer Platzbedarf
⇨ Gesamtläuterdauer 90-105 min. (+ 10-15 min. Reinigung)
⇨ einfache Arbeitsweise
⇨ 10-12 % freie Filterfläche
⇨ feineres Schrot möglich

➲ Nachteile:
⇨ evtl. geringere SA (1,9-3,0 % unter Laborausbeute)
⇨ große Anschwänzwassermengen (hohe Vorderwürzekonzentration, 20-23%)
⇨ hohe Glattwasserkonzentration, auswaschbarer Extrakt
⇨ große statische Belastung des Untergundes
⇨ benötigt homogene Maischen
⇨ große Abwassermengen

➲ Normalzeiten:

⇨ Abmaischen	12-15 min.
⇨ Trübwürze pumpen	6-7 min.
⇨ Vorderwürzeablauf	8-10 min.
⇨ Überschwänzen & Nachgüsse	70-80 min.
⇨ Austrebern	ca. 5 min.
⇨ Spülen	ca. 5 min.
⇨ Gesamtbelegzeiten	**100-115 min.**

www.bierbrauerei.net

4.4 Weitere Abläutermethoden

Schon seit dem vorigen Jahrhundert hat man sich immer wieder Gedanken gemacht, wie man den Läutervorgang beschleunigen kann. Alle diese Versuche zielten mit verschiedenen Konstruktionen darauf ab (gegenüber dem nach wie vor dominierenden Läuterbottich), die Filterfläche zu vergrößern und damit die Schichtdicke zu verringern. So wurden an Systemen für diskontinuierliche also chargenweise Würzegewinnung der Maischefilter, der Strainmaster und Filterpressen mit variablem Druck entwickelt, außerdem für kontinuierlichen Betrieb Vakuumtrommel- bzw. –bandfilter und das Pablo-Verfahren.

4.4.1 Filterpresse

Eine neuere Methode zur Maischefiltration, eine bewegliche Filterpresse, ist z. Z. in Frankreich in Erprobung. Sie besteht aus Filtertaschen mit Kunststoffgeweben, in die Maische eingefüllt wird. Diese Taschen sind zwischen gerillten Stahlplatten eingebettet, die in ein Gestell eingehängt und horizontal verschiebbar zwischen zwei Pressplatten zusammengedrückt werden können. Nach Einfüllen der Maische in die verschließbaren Filtertaschen wird durch Zusammendrücken derselben die Vorderwürze herausgepresst; das gleiche geschieht nach dem Anschwänzen mit den Nachgusswürzen. Diese Anlage ist noch nicht industriell in einer Brauerei eingesetzt.

4.4.2 Kontinuierliche Läutersysteme

Sie sind nur in ganz wenigen ausländischen Brauereien anzutreffen. Als mögliche Methoden, die hauptsächlich in anderen lebensmittelverarbeitenden Betrieben Anwendung finden, sind die Vakuumfilter als Band- und Trommelfilter zu nennen. Hier können wegen der geringen Filterschichtdicke von 10-20 mm nur Pulverschrote verarbeitet werden, die aber nur eine trübe Würze liefern, welche über eine Zentrifuge nachgeklärt werden muss.
Ein weiteres Verfahren ist das *Pablo-System*; hier sind zwei liegende, konische Siebzentrifugen hintereinander geschaltet. Die Maische wird innen auf die Siebtrommel an dem Ende mit dem geringeren Konusradius aufgebracht und wandert dann nach Aufgabe von Anschwänzwasser zum äußeren Ende. In der zweiten Siebzentrifuge wiederholt sich nach Aufschlämmen der Treber mit Wasser der gesamte Ablauf noch einmal. Die abfließenden Würzen müssen zur Nachklärung noch über Separatoren geschickt werden. Dieses System liefert hohe Ausbeuten, ist aber insgesamt sehr energieaufwendig.
An einem kontinuierlichen Läuterbottich wird gearbeitet…

www.bierbrauerei.net

V. WÜRZEKOCHUNG

- Würzekochung erfolgt:
  - ⇨ in Würzepfanne (8-9 hl / 100 kg Malz)
  - ⇨ durch externe Kochung (bei 103-105 °C bzw. 3-5 bar)
- Bauart der Würzepfannen:
  - ⇨ reine Würzepfannen (evtl. mit Außenkocher)
  - ⇨ Maische- / Würzepfanne (kombiniert)
- Zusatzgeräte:
  - ⇨ Sternenkocher, Kaskadenkocher, Ringkocher, usw.
  - ⇨ Vorlaufgefäß (evtl. beheizbar)
- Beheizung der Würzepfannen:
  - ⇨ direkt (Öl, Gas, Kohle)
  - ⇨ indirekt (Heißwasser, Nass- oder Heißdampf)
- Aufgaben der Würzekochung:

	Kontrolle durch:
⇨ Konzentrationssteigerung	⌦ Spindelung
⇨ Abtöten der Enzyme	
⇨ Sterilisation	⌦ biologische Würzeprobe
⇨ Eiweißausscheidung (Koagulation)	⌦ Bruch, Eiweißgehalt
⇨ Lösung der Hopfeninhaltsstoffe	⌦ Iso-Humulongehalt
⇨ Bildung von Reduktonen	⌦ RH-Bestimmung
⇨ Austreibung unreiner Aromakomponenten (DMS)	
⇨ Zufärbung, Melanoidinbildung	

- Nebeneffekte:
  - ⇨ Zufärbung (1-1,5 EBC/h), teilweise Melanoidinbildung
- Kontrolle:
  - ⇨ Farbmessung
  - ⇨ pH-Messung
- Würzekochzeit:
  - ⇨ normal 75-90 min. (max. 120'), dabei Ø Hopfenkochzeit mind. 60 min.
- Merkmale einer guten Kochung:
  - ⇨ Würze muss wallen (*Würze wirft*)
  - ⇨ Würze muss „Feuer" haben
  - ⇨ Würze muss „schwarz" stehen, nicht fuchsig

Merke: ⇨ schwache Kochung gibt schlechten Bruch
⇨ zu lange Kochung ergibt feinen Bruch

- Ausschlagen der Würze, wenn:
  - ⇨ Konzentration erreicht (Spindelwert)
  - ⇨ Ausschlagmenge erreicht (hl)
  - ⇨ Kochzeit erreicht ist (z.B. 75 min.)
  - ⇨ Bruch einwandfrei ist (Koagulation)
- Sudhausausbeute hängt ab von
  - ⇨ Malzqualität (Lösung, …)
  - ⇨ Schrotqualität (Volumen)
  - ⇨ Maischarbeit (aufschließbarer Extrakt)
  - ⇨ Abläuterarbeit (auswaschbarer Extrakt, Glattwasserkonzentration)
  - ⇨ evtl. Wiederverwendung von Glattwasser, Heißtrub, …

www.bierbrauerei.net

5.1 Hopfung der Würze

➲ Aufgabe des Hopfens:
- ⇨ Bitterung (Geschmack, Aroma)
- ⇨ Verbesserung der Haltbarkeit (chemisch, technologisch)
- ⇨ Eiweißausfällung (Gerbstoffe ↳ Haltbarkeit)
- ⇨ Schaumerzeugung

➲ Hopfengabe hängt ab von:
- ⇨ Hopfenqualität (Sorte, Alter, Produkt)
- ⇨ Würzekonzentration
- ⇨ Biertyp
- ⇨ Brauwasserzusammensetzung *(weiche Wässer ➢ Hopfenfresser)*
- ⇨ Würzekochzeit (Hopfenausnutzung)
- ⇨ Kochsystem (evtl. Außenkocher)
- ⇨ Wiederverwendung von Heißtrub
- ⇨ Gärbedingungen (klassisch, Schnellgärverfahren)

5.2 Chemische Vorgänge beim Würzekochen

➲ Eiweißkoagulation:
- ⇨ Würzeeiweiß reagiert mit Gerbstoffen (weitgehend aus Hopfen) ↳ Eiweiß fällt aus

➲ Hopfeninhaltsstoffe gehen in Lösung:
- ⇨ **Hopfengerbstoffe;** sind wasserlöslich, gehen sofort in Lösung ↳ Koagulation
- ⇨ **Hopfenöle;** gehen teilweise in Lösung, verflüchtigen sich weitgehend beim Kochen
- ⇨ **Hopfenbitterstoffe**; sind nicht echt löslich, müssen erst in wasserlösliche Form gebracht werden ↳ Isomerisierung; hängt ab von Kochzeit, Temperatur, Druck, (pH der Würze)

➲ Bildung von Reduktonen:
- ⇨ weitgehend aus Zuckern und niedermolekularem Eiweiß (Aminosäure) ↳ pH-Wertverschiebung, Pufferung der Würze gegen Sauerstoff

➲ Bildung von Melanoidinen:
- ⇨ weitgehend aus Zuckern und niedermolekularem Eiweiß (Aminosäure) ↳ Zufärbung der Würze

Bitterstoffe
- ⇨ α / β – Säure
- ⇨ α / β – Weichharz
- ⇨ α / β – Hartharz

Hopfenöle
- ⌦ Humulen (Aroma)
- ⌦ Myrcen (unangenehmes Aroma

Vollbier ca. 200-250 g Doldenhopfen / hl Würze

5.3 Rohstoff Hopfen

Hopfeninhaltsstoffe:	Vorkommen:	Bedeutung:
⇨ Hopfengerbstoffe	⌦ Blätter, Stängel	⌦ Eiweißausfällung (Koagulation)
⇨ Hopfenbitterstoffe (Säuren, Weich-, Hartharze)	⌦ Lupulindrüsen	⌦ Bierbittre, antiseptische Wirkung
⇨ Hopfenöle	⌦ Lupulindrüsen	⌦ Bieraroma, beruhigende Wirkung, Eigenkonservierung bei Naturhopfen

➲ Chemische Zusammensetzung:

⇨ Wasser	ca. 10 %
⇨ Bitterstoffe	ca. 15-23 %
⇨ Hopfenöle (Myrcen, Hopfenöle)	ca. 0,3-1,5 %
⇨ Gerbstoffe	ca. 2-5 %
⇨ Eiweiß	ca. 20 %
⇨ Mineralien	ca. 8 %
⇨ Zellulose usw.	Rest

➲ Hopfenbeurteilung:

⇨ Naturhopfen	⌦ Handbonitierung (empirisch) ⌦ Wöllmer - Analyse (komplette Hopfenanalyse) ⌦ α – Säurebestimmung
⇨ Hopfenprodukte:	⌦ Wöllmer – Analyse ⌦ α – Säurebestimmung

➲ Löslichkeit der Hopfeninhaltsstoffe:

⇨ Gerbstoffe	⌦ wasserlöslich
⇨ Bitterstoffe, Hopfenöle	⌦ in organischen Lösungsmitteln löslich

5.4 Kontrolle der Sudhausarbeit

➲ Treberanalyse

➲ Sudhausarbeit

➲ Bruchbildung

➲ Würzeanalyse

➲ Schrotsortierung

➲ Brauwasserzusammensetzung

5.5 Treberzusammensetzung

Nasstreber enthalten ca. 75-80 % Wasser; der Rest sind weitgehend Spelzen, Eiweiß, Mineralien, Restextrakt (Zucker).

Gesamtextrakt = auswaschbarer Extrakt + aufschließbarer Extrakt

➲ <u>auswaschbarer Extrakt:</u>
- ⇨ Schrotvolumen (zu feiner Schrot)
- ⇨ Gussführung (schlechtes /falsches Anschwänzen)
- ⇨ Glattwasserkonzentration (zu hoch)

➲ <u>aufschließbarer Extrakt:</u>
- ⇨ Malzlösung (schlecht gelöstes, enzymschwaches Malz)
- ⇨ Schrotmühleneinstellung (zu grober Schrot)
- ⇨ Art der Schrotung (Nass-, Trockenschrotung)
- ⇨ Maischverfahren (schlechte Enzymtätigkeit, zu kurze Rasten, ungünstiger pH-Wert ↳ Brauwasseraufbereitung)