



Herstellung von Bier



Inhaltsverzeichnis

1 Auftrag	3
2 Die Geschichte des Bieres	4
2.1 Die Sumer	4
2.2 Die Ägypter	4
2.3 Die Germanen	4
2.4 Das Mittelalter	5
3 Die Zutaten zum Bier	6
3.1 Hefe.....	6
3.2 Hopfen.....	6
3.3 Malz.....	7
3.4 Wasser.....	7
4 Theoretische Hintergründe zum Bier-Brauen.....	8
4.1 Das Mälzen	8
4.2 Das Maischen.....	8
4.3 Das Abläutern.....	9
4.4 Die Vergärung	10
5 Arbeitsvorschrift	11
6 Praktische Durchführung	12
6.1 Material	12
6.2 Vorgehen.....	12
6.3 Degustation	13
6.4 Laboruntersuchungen	13
7 Biersorten	14
8 Quellenangaben	15

1 Auftrag

Projektarbeit Cla 5/6a, HS 2003/04

Thema: Biotechnologische Prozesse

Fach: Organische Chemie

Projekte: 1. Brauen von Bier
2. Herstellung von Sauerkraut

Arbeitsweise: Gruppenarbeit mit je 4 Schülerinnen/Schülern

Zeitplan: 28. Oktober 2003 Auswahl der Themen, Organisation der Arbeit
2. Dezember 2003 Praktische Arbeit: Ansetzen
Dezember 03/Januar 04 - Praktische Arbeit nach Vorschrift
- Theoretische Arbeit
27. Januar 2004 Ende der praktischen Arbeit, Degustation
3. Februar 2004 Abgabe des schriftlichen Berichts

Bewertung: Die praktische Arbeit und der Schlussbericht werden benotet (Organische Chemie, 6. Semester).

Details:

	Bier	Sauerkraut
<i>Praktische Arbeit</i>	Herstellung von ca. 4 L Bier	Herstellung von ca. 4 kg Sauerkraut
<i>Theoretische Arbeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Darstellung der Biochemie des Brauprozesses - Zusammenstellung wichtiger Biersorten (Bezeichnung, Herstellung, Charakteristik) 	<ul style="list-style-type: none"> - Darstellung der Biochemie der Milchsäuregärung - Darstellung und Interpretation der pH-Änderung
<i>Literatur</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Brauvorschrift - The Biochemistry of Brewing (<i>Journal of Chemical Education</i>, June 1988) - Div. Fachbücher 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbeitsvorschrift (c+b, 1/03) - Fachliteratur
<i>Material</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Zutaten werden geliefert - Apparatur: Laborgeräte 	<ul style="list-style-type: none"> - Zutaten am 2. Dezember auf dem Berner Wochenmarkt besorgen - Apparatur: Keramiktrog

27/10/2003 / THF

2 Die Geschichte des Bieres

2.1 Die Sumer

Die erste menschliche Hochkultur, die Bier herstellen konnte, waren die Sumer. Sie lebten im heutigen Irak. Gefundene Tontafeln berichten vom Getreidebau, der Gärung der Getreidesorten und der Herstellung des Bieres. Das Bier wurde unter anderem als Opfer für die Göttin der Fruchtbarkeit verwendet, um sie gnädig zu stimmen und dadurch ertragreiche Ernten zu erzielen. Das Getreidemalz wurde zu Broten gebacken und im Wasser aufgeweicht bis die Gärung einsetzte. Um dem Bier einen speziellen Geschmack zu verleihen wurden auch Honig, Zimt oder Gewürze beigelegt. Es ist nicht auszuschliessen, dass sie bereits Hopfen zusetzten, denn dieser war zu dieser Zeit schon lange bekannt. Das Bier wurde sogar als eine Art Entlohnung eingesetzt. Staateswegen stand jedem Arbeiter 2 L, dem Mittelstand 3 L und den Priestern und Verwaltern 5 L Bier pro Tag zu. Jedoch hatte dieses Bier wohl noch nicht den heutigen Alkoholgehalt.

Zu einem späteren Zeitpunkt übernahmen die Babylonier die Bierbraukunst und den Ackerbau von den Sumerern. Sie kreierte sogar tonnenweise Gesetze rund um die Bierherstellung und den Konsum. Insgesamt waren es 360 Paragraphen. Darin war zum Beispiel enthalten, dass die Bauern, welche wässriges Bier herstellten in ihrem eigenen Bier ersäuft würden. Oder eventuelle Bierpanscher mussten sich daran zu Tode trinken. Das Bier hatte in der Ernährung einen sehr hohen Stellenwert, da es indirekt aus Brot hergestellt wurde und somit ein sehr wichtiges Grundnahrungsmittel verkörperte. Deshalb wurde es auch als "flüssiges Brot" bezeichnet. Im 6. Jahrhundert vor Christus wurden in Babylon grosse Brauereien errichtet, welche verschiedene Sorten an Bier herstellten. Es gab bereits ein Lagerbier, welches sogar bis nach Ägypten exportiert wurde.

2.2 Die Ägypter

Die alten Ägypter werden fälschlicherweise oft als Erfinder des Bieres betrachtet. Wahrscheinlich haben sie die Bierbraukunst von den Babyloniern gelernt. Das Bier wurde nur vom Staat hergestellt und war unter dessen Monopol. Es wurde mit anderen Grundnahrungsmitteln, wie zum Beispiel Brot, in grossen Speichern gelagert und als Zahlungsmittel eingesetzt. Ein ägyptischer Offizier hatte beispielsweise pro Tag für sich und seine Familie Anrecht auf 2 Krüge Bier und 20 Brote.

Die Ägypter setzten alles aufs Bier. So durften die Sklaven, die in der Hitze die Pyramiden errichteten ihren Durst mit dem wertvollen Gerstenextrakt löschen. Die Bierbrauer wurden sogar vom Militärdienst befreit, weil sie zu wertvoll gewesen wären im Krieg ihr Leben zu lassen.

2.3 Die Germanen

Römische Berichte belehren uns, dass Bier das Lieblingsgetränk der Germanen war. Sie haben es aus Gerste und Hafer hergestellt, indem sie das Getreide befeuchteten wodurch Malz entstand. Das entstandene Malz wurde gedörnt, mit Wasser abgekocht und gären gelassen. Dies entspricht ungefähr der heutigen Bierherstellung. Zum Konservieren des Bieres verwendeten sie Eichenrinde und Eschenlaub.

Das Bierbrauen breitete sich von da an auf der ganzen Welt rasch aus. Durch keltische Stämme aus Frankreich, gelang das Bier nach England und Irland.

2.4 Das Mittelalter

Die Frauen jeden Haushaltes stellten ihr Bier für den Eigenbedarf selber her. Wenn ein Bier besonders gut gelang, wurden alle Nachbarsfrauen zu einem Biertrinken eingeladen.

In einigen Büchern kommt das Warmbier zur Sprache. Es wurde am Morgen zubereitet und zum Frühstück getrunken. Hergestellt wurde es mit Ei, Ingwer und Muskatnuss. Es wird behauptet, dass die gute Gesundheit der Bevölkerung auf dieses morgendliche Bier zurückzuführen sei.

Im 9. Jahrhundert wurden in Germanien, Gallien und Britannien von den Mönchen verschiedener Klöster Brauereien errichtet. Sie waren es auch welche die Entwicklung in der Bierbrauerei stark mitgeprägt haben. Ihnen ist es zu verdanken, dass der Hopfen als Würzmittel populär wurde. Viele wichtige Erkenntnisse der Bierbraukunst, von denen wir noch heute profitieren können, sind den Mönchen zuzuschreiben. In den deutschsprachigen Ländern waren es vor allem die Benediktinermönche die in der Bierherstellung führend waren. In St. Gallen wurde eines der ersten Brauklöster errichtet, dessen Grundriss aus dem Jahre 820 nach Christus stammt. Für die Mönche war das Bier ein nahrhafter Trunk, der zu allen Mahlzeiten genossen wurde. Vor allem während den Fastenzeiten war er sehr beliebt. Denn alles was flüssig war, durfte auch während des Fastens zu sich genommen werden.

Anfänglich wurde das Bier nur für den Eigengebrauch, oder für Besucher die jeden Tag zum Kloster kamen, um ihren Hunger und Durst zu stillen, hergestellt. Doch allmählich haben die Geistlichen festgestellt, dass sich das Bier auch verkaufen lässt, wie es bereits die Hausbrauereien in den Städten machten.

3 Die Zutaten zum Bier

3.1 Hefe

Es gibt viele verschiedene Hefe-Arten, einige sind für Magenerkrankungen und Ekzeme verantwortlich, andere für den Wohlgeschmack alkoholischer Getränke und für das „Aufgehen“ des Brotes. Die Hefe ist zwischen 5-8 μm groß. Die Hefezellen können sowohl Kohlenstoff unter Sauerstoffverbrauch zu CO_2 oxidieren (aerobe Gärung) als auch Glucose unter O_2 -Ausschluss in CO_2 und Alkohol umwandeln. Die Verwendung von Sauerstoff ist pro Zuckermolekül energetisch günstiger als die Gärung. Deswegen vermehrt sich die Hefe in einer sauerstoffhaltigen Umgebung besser.



Trockenhefe, welche auch zur Produktion unseres Bieres verwendet wurde

Für die Brauereihefen unterscheidet man:

Die obergärige Hefe (*Saccharomyces cerevisiae*), welche seit Jahrhunderten verbreitet ist. Sie liebt warme Temperaturen von 15-25°C. Sie heisst obergärig, weil sie während der Gärung aufsteigt. Sie bildet sogenannte Sprossverbände aus mehreren Zellen, unter denen sich CO_2 -Bläschen sammeln und sie somit auf die Oberfläche treibt. Die obergärige Hefe bildet mehr Nebenprodukte. Wein- und Bäckerhefe sind auch obergärig.

Und die untergärige Hefe (*Saccharomyces uvarum*) ist seit etwa 150 Jahren bekannt. Sie bildet keine Sprossverbände und sinkt deswegen während der Gärung ab. Dadurch wird das Bier schneller klar. Sie gärt am günstigsten bei 5-10°C, kann aber auch höhere Temperaturen vertragen. Etwa 85% der weltweit erzeugten Biermengen werden mit Untergäriger Hefe hergestellt.

3.2 Hopfen

Er ist eine mehrjährige Kletterpflanze, die bis zu 7 m hoch und bis zu 30 cm/Tag wächst. Hopfen wird zu den Hanfgewächsen gezählt und bevorzugt in Deutschland angebaut wird.

Der Brauer kultiviert meist nur die weiblichen Pflanzen, da man nur diese zum Bierbrauen verwenden kann. Die Blüten (Dolden), die im Herbst geerntet und dann sofort getrocknet werden enthalten zwischen den Doldenblättern die Lupulinkörnchen. Diese bestehen aus mit Harz zusammengeklebten Pollen, welche die Aroma- und Bitterstoffe beinhalten. Die Dolden werden zu Pellets gepresst oder extrahiert. Die Extraktion erfolgt mit scCO_2 , Alkohol oder Methylenchlorid. Die meisten Brauereien verwenden heute Hopfenpellets.

Das Mass für die Bitterwirkung im Hopfen ist der α -Säuregehalt. Man unterscheidet die Hopfensorten in Bitterstoff- mit hohem α -Gehalt und Aromahopfen mit hohem Anteil an aromatisierend wirkenden Hopfenölen.



Hopfen in Dolden-(oben) und in Pellets-Form (unten)



3.3 Malz

Das Malz besteht entweder aus gekeimten und gerösteten Weizen- oder Gerstenkörnern.

Beim dunklen Malz verwendet man eiweissreiche Gerste und steuert die Keimung so, dass viel Aminosäuren und Zucker aus den vielen Eiweissen und der Stärke gebildet wurden. Beim Darren röstet man mit hohen Temperaturen, die Aminosäuren und die Zucker verbinden sich zu geschmacksintensiven und bräunlichen Verbindungen, ähnlich wie auf der Kruste eines Brotes (MAILLARD-Reaktion). Durch die hohen Temperaturen werden aber auch viele Enzyme zerstört.



Geschrotetes Malz

Das helle Malz wird bei tieferen Temperaturen gekeimt, es entstehen weniger Aminosäuren und Zucker und bei der niedrigeren Abdarrtemperatur demzufolge weniger Farb- und Aromasubstanzen. Auch der Enzymverlust ist geringer. (Die Herstellung, das sogenannte Mälzen, ist im Bierherstellungs-Verfahren detailliert geschildert.)

3.4 Wasser

Das Wasser spielt bei der Bierherstellung eine sehr wichtige Rolle. Am besten verwendet man Wasser mit einem tiefen Härtegrad (kleiner CaCO_3 -Gehalt). (Die Einwirkungen der Wasserqualität werden im Abschnitt über das Maischen speziell erklärt.)

4 Theoretische Hintergründe zum Bier-Brauen

4.1 Das Mälzen

Zu Beginn des Mälzens werden die trockenen Gerstenkörner kurz in Wasser eingelegt, gut durchmischt und in Regalen bei 12-14°C und hoher Luftfeuchtigkeit gelagert. Bei diesen Bedingungen nehmen die Körner viel Wasser auf und quellen dadurch auf. Nun werden die Körner auf Gittern weiter für einige Tage, maximal zwei Wochen bei einer Temperatur von 15-20°C gelagert. Dabei strömt ständig feuchte Frischluft durch die Gitter. Während dieser Zeit beginnen die Körner zu keimen. Während des Keimens wird die Stärke im Inneren der Körner durch α -Amylase in Glucose und durch β -Amylase in Maltose umgewandelt. Weiter entstehen auch andere Saccharide, wie Fructose und Maltotriose. Während des Mälzens werden nur etwa 5-10% der gesamten Stärke abgebaut. Das Keimen wird meistens unterbrochen, wenn der Wurzelkeim das 1 bis 1½-fache und der Blattkeim etwa $\frac{3}{4}$ der Körngrösse erreicht hat. Die erhaltenen Keimlinge werden anschliessend, bei allmählich steigender Temperatur von Anfangs 45°C, dann auf 60-80°C und für dunkle Biere sogar bis auf 105°C erwärmt. Dabei werden die Keimlinge langsam getrocknet. Durch dieses Verfahren erhält man, je nach Höhe der Temperatur, helleres oder dunkleres Darrmalz. Das Darrmalz wird nach dem Trocknen von Staub und Hülsen aber auch von den Wurzelkeimen befreit, da diese sonst später im Bier einen unangenehm rauen Geschmack verursachen würden. Anschliessend wird das Darrmalz verschrotet.

Heute mälzen nur noch wenige Brauereien selber, die meisten kaufen den getrockneten Malzschrot bei den sogenannten Mälzereien.

4.2 Das Maischen

Beim Maischen wird das geschrotete Darrmalz mit Wasser gemischt und gerührt. Der wichtigste Vorgang beim Maischen ist die Freisetzung der restlichen Enzyme und der Stärke. Das Maischen ist ein nicht leicht kontrollierbarer Vorgang, da die Amylase und die Protease bei verschiedenen Temperaturen stattfinden. Normalerweise wird das Wasser-Malz-Gemisch beim Maischen zuerst auf ca. 40°C erwärmt und bei dieser Temperatur für eine gewisse Zeit gehalten. Bei dieser Temperatur kann die Protease am besten stattfinden. Durch die Protease werden die Aminosäuren und Peptide freigesetzt.

Die optimale Temperatur für die α - und β -Amylase liegt bei 67°C. Dabei werden, wie beim Mälzen, aus Stärke verschiedene Saccharide hergestellt.

Bei der Amylase wird nicht die gesamte Stärke abgebaut. Auch die Protease kann nicht alle Proteine abbauen, dies ist aber für die spätere Stabilisierung des Schaumes und für den Geschmack des Bieres sehr wichtig.

Die zweitwichtigste Komponente beim Maischen ist das Wasser, denn der Zucker, die Aminosäuren und Peptide werden vom Wasser aus dem Malz extrahiert. Die Menge an Calciumsalzen, die im verwendeten Wasser vorhanden sind, haben beim gesamten Brauvorgang einen grossen Einfluss. Zum Beispiel ein Gehalt an Calciumsulfat von 240-400 ppm im Bier ergibt einen frischeren Geschmack, anders als das Calciumcarbonat, das bereits bei einem grösseren Gehalt als 50 ppm zu einer dunkleren Farbe und zu einem bitteren Geschmack führen kann. Der pH der Maische sollte ca. bei 5.5 liegen.

4.3 Das Abläutern

Unter Abläutern versteht man das Trennen der Dickmaische in den flüssigen Teil, die sogenannte Würze und den festen Teil, den Treber. Dies wird durch eine Filtration erreicht. Brauereien setzen meist einen Läuterbottich ein. Dabei bilden die Treber eine natürliche Filterschicht. Der Treber wird mit 80°C heissem Wasser nachgewaschen wodurch die restlichen wichtigen Bestandteile extrahiert werden. Der gewaschene Treber kann zu Brot verarbeitet werden oder er wird als Tierfutter verwendet.

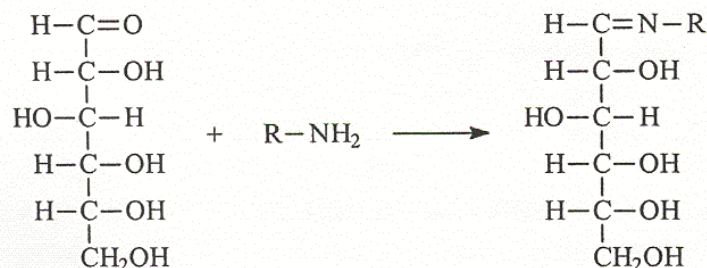


Der Läuterbottich in der Brauerei von Eggerbier in Worb

Die Würze wird nach dem Abfiltrieren für 1 bis 1½ Stunden gekocht. Dabei wird der Hopfen, in Form von Dolden oder Pellets, zugegeben. Ursprünglich wurde der Hopfen als Antibakteriell wirkender Zusatzstoff zugegeben. Heute wird der Hopfen vor allem wegen seiner Geschmacksstoffe zugegeben. Hopfen enthält viele α - und β -Säuren, wie Lupulon und Humulon, und essentielle Öle, wie Myrcen und Geranöl. Viele dieser Geschmacksstoffe werden allerdings beim Kochen abgedampft.

Das Kochen der Würze hat verschiedene Gründe und Aufgaben:

- Lösen der Hopfenbitterstoffe in der Würze. Dabei werden die α -Säuren in iso-Säuren umgewandelt. Diese verleiht dem Bier später die gewünschte Bitterheit.
- Die Ausscheidung (auch Koagulation genannt) von Proteinen, welche die Gärung behindern und dem Bier einen bitteren, breiten Geschmack verleihen würden.
- Zerstörung der (Malz-)Enzyme
- Verdampfen von Wasser um den gewünschten Stammwürzegehalt zu erreichen. (Die Stammwürze gibt an, wie viel Zucker aber auch andere Verbindungen pro Kilogramm Würze gelöst sind.)
- Sterilisation der Würze, da durch das starke erwärmen alle Keime abgetötet werden.
- Beim Kochen wird zudem die Farbe des späteren Bieres entwickelt. Dies geschieht durch die Karamellisation und Oxidation von phenolischen Komponenten. Wichtiger ist allerdings die sogenannte MAILLARD-Reaktion bei der Zucker und Amine unter Einfluss hoher Temperatur zusammen Reagieren.



MAILLARD-Reaktion

4.4 Die Vergärung

Die Würze wird nach dem Kochen schnell auf ca. 20°C abgekühlt und in ein steriles Gefäß filtriert. Nun kann die Hefe zugegeben werden und das Gefäß wird luftdicht verschlossen, so dass die Gärung beginnen kann.

Als erstes beginnt die aerobe Gärung. Dabei wird Glucose mit Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser umgesetzt. Dieser biochemische Prozess ist sehr wichtig für die Vermehrung der Hefezellen. Bei diesem Prozess wird kein Alkohol gebildet. Sobald der Sauerstoff im Gefäß verbraucht ist, setzt die zweite sogenannte anaerobe Gärung ein. Bei diesem Prozess, auch EMBDEN-MEYERHOF-Reaktion genannt, wird die Glucose in verschiedenen Schritten aufgespalten. Als erstes wird die Glucose in Glucosephosphat und anschliessend in Fructosephosphat überführt. Daraus entsteht dann Fructosebiphosphat, welches in 2 Triosephosphate umgewandelt wird. Diese werden zu Benztraubensäure, unter Abgabe von CO₂, oxidiert. Die Säure wird anschliessend zu Acetaldehyd reduziert. Durch NAD⁺ (Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid), das Ion des NADH, wird der Acetaldehyd weiter zu Ethanol reduziert. NADH wird in niedrigen Konzentrationen von den Hefezellen gebildet.

Die EMBDEN-MEYERHOF-Reaktion ist exotherm, jedoch nicht so stark wie die aerobe Gärung mit Sauerstoff. Durch die exotherme Reaktion erhöht sich die Temperatur der gärenden Würze, ohne Kühlung, auf bis zu 37°C. Deshalb wird der Gärbehälter in den meisten Fällen auf eine Temperatur von 2-6°C gekühlt. Der entstehende Ethanol ist für die Hefezellen, ab einer Konzentration von $w = 12\%$, schädlich und kann diese sogar abtöten. Diese Konzentration wird im Bier allerdings nie erreicht, da für eine so hohe Ethanolkonzentration sehr viel Glucose vorhanden sein müsste, und da die Reaktion sowieso vom Braumeister überwacht wird.

Zusätzlich zum Ethanol werden während der Gärung auch noch andere Substanzen, wie Säuren und Ester, in geringen Mengen gebildet. Diese sind im Volksmund auch als Fuselalkohole bekannt.

Nach dieser Hauptgärung wird das Bier durch Filtrieren von der Hefe getrennt. Anschliessend wird das Bier in Flaschen oder in Fässer abgefüllt, wo es noch leicht weiter Gären kann (Nachgärung). Um das Bier länger haltbar zu machen, kann das Bier entweder pasteurisiert oder sterilfiltriert werden. Beim Pasteurisieren muss man allerdings damit rechnen, dass sich der Geschmack bei Erhitzen zu stark verändert. Bier welches nicht pasteurisiert oder sterilfiltriert wird, muss nach dem Abfüllen immer kühl gelagert werden.

5 Arbeitsvorschrift

Brauen von Bier

- Malz-Schrot ($m \approx 1$ kg) in $V = 2,5$ L Wasser (Hahnenwasser) vorlegen und unter Rühren auf $\vartheta = 45^\circ\text{C}$ aufheizen; $t = 15$ min bei dieser Temperatur halten
- Gemisch-Temperatur unter Rühren auf $\vartheta = 53^\circ\text{C}$ erhöhen; $t = 10$ min bei dieser Temperatur halten; pH-Wert messen ($5,1 \div 5,8$)
- Gemisch-Temperatur unter Rühren auf $\vartheta = 62^\circ\text{C}$ erhöhen; $t = 20$ min bei dieser Temperatur halten
- Gemisch-Temperatur unter Rühren auf $\vartheta = 73^\circ\text{C}$ erhöhen; $t = 15$ min bei dieser Temperatur halten; mit I_2 -Lösung auf freie Stärke prüfen
- Gemisch-Temperatur unter Rühren auf $\vartheta = 78^\circ\text{C}$ erhöhen; abmaischen (= abfiltrieren); Filtrat während $t = 10$ min bei dieser Temperatur halten
- Bei $\vartheta = 78^\circ\text{C}$ mit heissem Wasser ($\vartheta = 78^\circ\text{C}$) auf ca. 4 L versetzen (abläutern) → Würze
- Würze unter Rühren zum Sieden erhitzen
- 1. Hopfengabe (4,0 g Spalter); während $t = 35$ min unter Rühren weiterkochen
- 2. Hopfengabe (4,3 g Saazer); kurz aufrühren, dann $t = 5$ min warten
- Würze abziehen (abfiltrieren), schnell auf $\vartheta = 20^\circ\text{C}$ kühlen (Eisbad), intensiv rühren, Dichte messen ($1050 \text{ kg/m}^3 < \rho < 1055 \text{ kg/m}^3$)
- Hefe zugeben (2,0 - 2,5 g)
- In geschlossenem Gefäss für $t = 6 - 10$ Tage stehen lassen
- Umfüllen in Flaschen unter Beigabe von Würze (10%) oder Zucker (4 g pro 0,5 L)
- Nachgärung bei $\vartheta = 20^\circ\text{C}$ während $t = 7$ Tagen
- Reifezeit ($t > 3$ Wochen) abwarten
- Prost

6 Praktische Durchführung

6.1 Material

Reaktionsgefäß 3000 mL mit Verschluss
 Rührmotor
 Heizpilz mit Kontaktthermometer
 Faltenfilter
 Trichter
 Flaschen 500 mL
 Stoffwindeln
 Becken
 pH-Papier
 Stärke-Nachweis-Stäbchen

6.2 Vorgehen

2.5 L Wasser wurden im Reaktionsgefäß mit ca. 750 g Malz-Schrot unter ständigem Rühren auf 50°C erwärmt und für 15 min. auf dieser Temperatur gehalten. Das Gemisch wurde langsam auf eine Temperatur von 53°C erhitzt und für weitere 10 min. bei dieser Temperatur gerührt. Der pH des Gemisches wurde mit einem pH-Papier gemessen = 6 (soll: 5.1 bis 5.8).

Anschliessend wurde auf 62°C erwärmt und für weitere 20 min. gerührt.

Mit einer Pasteurpipette wurden einige Tropfen Gemisch auf ein Stärke Nachweis-Stäbchen aufgetragen. Das Stäbchen verfärbte sich nicht → keine Stärke mehr vorhanden. Nach der Stärke-Prüfung wurde auf 78°C erwärmt und das Gemisch wurde durch eine Stoffwindel filtriert/abgemaischt.

Das Filtrat wurde in das gewaschene Reaktionsgefäß zurückgegeben und für 10 min. auf 78°C gehalten. Anschliessend wurde mit 78°C warmen Wasser auf etwa 3 Liter aufgefüllt/abgeläutert (Abweichung von der Vorschrift, da das Volumen des Reaktionsgefäßes nur 3 L betrug).

Die so entstandene Würze wurde zum Sieden erhitzt. Es wurden ca. 4 g Hopfenpellets zugesetzt und weiter für 35 min. gekocht. Anschliessend wurden ca. 4 g Hopfendolden zugegeben und die Würze wurde kurz aufgerührt und anschliessend für 5 min. stehen gelassen. Nun wurde abfiltriert und im Eisbad auf 20°C abgekühlt, dabei wurde intensiv gerührt. Von der gekühlten Lösung wurde die Dichte gemessen: $\rho = 1.04 \text{ g/cm}^3$ (Soll: 1050 bis 1055 kg/m³) und es wurden ca. 100 mL Würze in eine Flasche abgefüllt und verschlossen. In die Würze wurden ca. 2 g getrocknete Hefe zugegeben und es wurde gut gerührt.



Unser Reaktionsgefäß



Filtration / Abmaischen



Der zurückgebliebene Malzschrot

Das Gemisch wurde im Reaktionsgefäß für 7 Tage (Soll: 6-10 Tage) verschlossen in der Kapelle stehen gelassen. Die Gärung des Biers konnte durch einen mit CO₂ aufgeblasenen Ballon am Reaktionsgefäß nachgewiesen werden.

Nach dieser Gärzeit wurde das Bier wie folgt in diverse Flaschen abgefüllt:



Unsere verschiedenen Biersorten



„Und äs gäret“
Reaktionsgefäß mit Bier im Gärstadium

Anzahl Flaschen	Zuckerzusatz	Würzezusatz [mL]	Art der Filtration
1	n/a	5	Unfiltriert (keine Filtration)
1	ca. 4 g	5	Durch eine Stoffwindel (Gezuckert)
1	n/a	5	Durch einen Papier-Faltenfilter (Vollfiltriert)
3	n/a	5	Durch eine Stoffwindel (Normal)

6.3 Degustation

Zusammen mit Sauerkraut, Kartoffeln und Wurst haben wir alle das Bier degustiert: (persönliche Einschätzung)

- Unfiltriert: stark bitter, malzig
- Gezuckert: süß, nur wenig bitter
- Vollfiltriert: süßlich, leicht bitter
- Normal: leicht bitter, malzig

Im Allgemeinen ist das Bier sehr gut herausgekommen. Ich denke, dass die Meisten nach dieser positiven Erfahrung, je nach Möglichkeit noch einmal selbst Bier brauen werden. Ich für meinen Teil jedenfalls werde dies sicher wiederholen.



Das Bier-Brau-Team

6.4 Laboruntersuchungen

Im Labor wurde der Ethanolgehalt im „Normal-Bier“ fotometrisch (nach einer enzymatischen Reaktion) gemessen. Ethanolgehalt: 39.51 g/L.

7 Biersorten

Malzbier

Stammwürzgehalt: 7-11%
Alkoholgehalt: 0.5-1.5%
Geschmack: vollmundig, malzharmonisch, süß

Berliner Weissbier

Stammwürzgehalt: 7-8%
Alkoholgehalt: 2.6-3.25%
Geschmack: schwach gehopft, süßlich
Spezielles: Hergestellt aus 2/3 Gersten und 1/3 Weizenmalz

Weizenbier

Stammwürzgehalt: 11-12%
Alkoholgehalt: 4-5%
Geschmack: schwach hopfenbitter, mässig bis sehr vollmundig
Spezielles: Weizen- und Gerstenmalz in div. Verhältnissen

Altbier

Stammwürzgehalt: 11.2-12%
Alkoholgehalt: 3.5-3.9%
Geschmack: aromatisch, betont hopfenbitter
Spezielles: Meistgetrunkenes Bier in Deutschland

Kölsch

Stammwürzgehalt: 11.2-11.8%
Alkoholgehalt: 3.5-3.9%
Geschmack: aromatisch, fein und betont hopfenbitter, vollmundig
Spezielles: Herstellung ist nur im Raum Köln erlaubt

Märzen

Stammwürzgehalt: 13-14%
Alkoholgehalt: 3.8-5%
Geschmack: vollmundig, betont malzharmonisch
Spezielles: persönlicher Tipp: Das Märzen im alten Tramdepot (Bern)

Diätbier

Stammwürzgehalt: 11-11.3%
Alkoholgehalt: 3.7-4.58%
Geschmack: betont hopfenbitter
Spezielles: verringerter Kohlenhydratgehalt

Spezial („Spez“)

Stammwürzgehalt: 13-14%
Alkoholgehalt: 4-4.4%
Geschmack: nicht sehr hopfenbitter

8 Quellenangaben

- The Biochemistry of Brewing; Charles L. Bering; *Journal of Chemical Education*; Vol. 65, Nr. 6, June 1988
- Vorschrift: *Brauen von Bier*, Synthese-Praktikum; GIBB 1999; Th. F.
- *Linder*, Biologie, Metzler, 1998
- *Römpp*, Chemie-Lexikon (CD-ROM)