

# Leistung vor Genuss

**Dossier für die Interdisziplinäre Projektarbeit 2011 über die Bierherstellung, den Gärprozess und die Berechnung des Alkoholgehaltes.**



Vorgelegt von: Pascal Kägi und Dominik Sinnathurai  
9248 Bichwil 9244 Niederuzwil

Fachlehrerin: Christine Meyer  
BMS St. Gallen

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>Brauprozess</b> .....	<b>5</b>
Vorbereitung.....	5
Malz.....	5
Maischen und Läutern.....	6
Würzekochen und Hopfenbeigabe.....	6
Whirlpool.....	7
Hefezugabe.....	7
<b>Die Gärung</b> .....	<b>8</b>
Vorbereitung.....	8
Die Hefe.....	8
Gärtemperatur.....	8
Verlauf der Gärung.....	9
<b>Die Berechnung des Alkoholgehaltes</b> .....	<b>11</b>
Mit Hilfe der Grossen Balling'schen Formel.....	11
Mit Hilfe der Stöchiometrie.....	16
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>17</b>
<b>Fazit</b> .....	<b>17</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>18</b>
Messdaten.....	18
Quellenverzeichnis.....	20

## Vorwort

Für unsere IDPA wollten wir ein für uns interessantes Thema, in welchem Fach die Note zählen wird spielte für uns keine Rolle. Wichtig war hingegen, dass die Arbeit etwas Handarbeit und einige Berechnungen beinhaltet. Zudem wollten wir etwas sinnvolles machen, etwas, was wir auch gebrauchen können. All diese Aspekte konnten wir in der Aufgabe, unser eigenes Bier zu brauen, vereinen.

Die Idee, das eigene Bier zu brauen, verdanken wir Lukas Mosimann, unserem Lehrer in der Berufsschule. Wir wussten, er ist ein Hobbybrauer und Teilinhaber der Brauerei Kornhausbräu in Rorschach. Mit seiner Zustimmung, uns während des Brauprozesses mit Rat und Tat zu unterstützen, konnten wir unser Thema mit gutem Gewissen festlegen.

In erster Linie ist unser Ziel die Herstellung eines geniessbaren Bieres. In Hinsicht auf die ganze Arbeit ist es erforderlich, den Brauvorgang zu verstehen und nachvollziehen zu können. Zusätzlich werden wir den chemischen Vorgang der Gärung untersuchen, wozu wir täglich den Zuckergehalt der Stammwürze messen werden.

Ein weiteres Ziel ist es, den Alkoholgehalt rechnerisch bestimmen zu können, was uns durch die Messungen des Zuckergehaltes möglich sein wird.

Unser Hauptziel ist es, mit einem eigenen Bier auf eine gelungene Arbeit anzustossen.

## Eidesstattliche Erklärung<sup>1</sup>

*Wir erklären nach bestem Wissen und Gewissen, dass wir das vorliegende Dossier vollständig selber konzipiert und redigiert haben. Aus anderen Quellen übernommen und in eigene Texte eingefügte Textteile und Zitate sind in jedem Fall als solche gekennzeichnet; die Herkunft aller Dokumente und Zitate ist angegeben. Alle Personen, die uns in irgendeiner Weise behilflich waren, sind namentlich und mit Angabe der Art der Hilfeleistung in diesem Vorwort erwähnt.<sup>1</sup>*

*Bichwil, 27. Januar 2011*

.....  
Pascal Kägi

.....  
Dominik Sinnathurai

## Einleitung

Wasser, Hopfen, Malz und Hefe, eine erfahrene Person, ein MacBook Pro, Blätter, Schreibzeug und unsere zwei Köpfe waren nötig um eine informationsreiche Arbeit über die Herstellung des Bieres zu schreiben.

Mit diesem Dossier möchten wir die gewonnen Erfahrungen erfolgreich weiterleiten, deswegen erwartet Sie eine gut durchdachte Arbeit, die anhand von mehreren Bildern den gesamten Prozess veranschaulichen lässt. Zudem werden die einzelnen Texte von unserer eigenen Meinung bzw. Erfahrungen begleitet, welche jeweils unterhalb des Textes in kursiver Schrift dargestellt sind.

Mit diesen Worten laden wir Sie ein unsere Arbeit zu begutachten.

## Der Brauprozess<sup>2</sup>

### Vorbereitung

Nach der gründlichen Reinigung der Brauanlage befüllt man die Pfanne mit qualitativ hochwertigem Trinkwasser und erwärmt es. Das Wasser ist der wichtigste Bestandteil eines Biers, da dieses zu 90 % daraus besteht und ist mit seiner Qualität ausschlaggebend für den Geschmack.



*Beim Brauprozess ist Hygiene ein wichtiges Kriterium. Schlechte Zutaten oder verschmutzte Geräte können die ganze Vergärung verhindern.*

### Malz

Der zweite grosse Bestandteil eines Bieres ist das Malz. Es wird aus Getreide über einen Mälzungsverfahren gewonnen. Zum Bierbrauen wird hauptsächlich das Malz von zweizeiliger Sommergerste verwendet, da es die besten Braueigenschaften hat. Für den Brauprozess könnte jedoch jedes Getreide verwendet werden.

Vor dem Brauen muss das gemälzte Getreide geschrotet werden. So bietet das entstandene Trockenschrot den Enzymen aus dem Korn

eine grössere Angriffsfläche, und somit kann mehr Stärke in Zucker umgewandelt werden. Das Malz bestimmt ausserdem die Farbe und beeinflusst den Geschmack des Bieres.



*Bei unserem Bier fiel uns auf, dass bereits geringe Mengen an dunklem Malz die Farbe des Bieres stark beeinflussen. Das gebrauchte Malz wird nach dem Brauen als Schweinefutter weiter verwendet.*

### Maischen und Läutern

Das Malz wird dem vorgewärmten Hauptguss beigefügt und weiter erwärmt. Durch das Rasten (das Ruhen für eine gewisse Zeit bei bestimmten Temperaturen) bei verschiedenen Temperaturstufen werden verschiedene Enzyme aus dem Malz freigesetzt, welche die Stärke des Getreides in Malzzucker umwandeln. Dieser Zucker ist in der Würze gelöst und wird während des späteren Gärprozesses in Alkohol und Kohlendioxid gespalten. Um zu kontrollieren, ob die ganze Stärke umgewandelt wurde, wendet man den Iodtest an. Dabei wird das Iod auf eine Probe der Würze geträufelt und verfärbt sich blau. Diese Reaktion beruht auf dem Einbetten von Iodatomen in Kettenmoleküle der Stärke. Dieser Vorgang verläuft exotherm, das heisst es wird Energie in Form von Wärme frei. Der Iodtest zeigt anhand der Farbintensität an, wie viel Stärke noch in der Würze vorhanden ist. Sobald keine Verfärbung mehr zu sehen ist, wurde alle Stärke durch die Enzyme zu Zucker umgewandelt.

Sobald der Maischprozess abgeschlossen ist, füllt man die Maische in den Läuterbottich. Sie wird noch einmal kräftig umgerührt, und anschliessend lässt man sie etwas ruhen, damit sich die Feinpartikel absenken können.

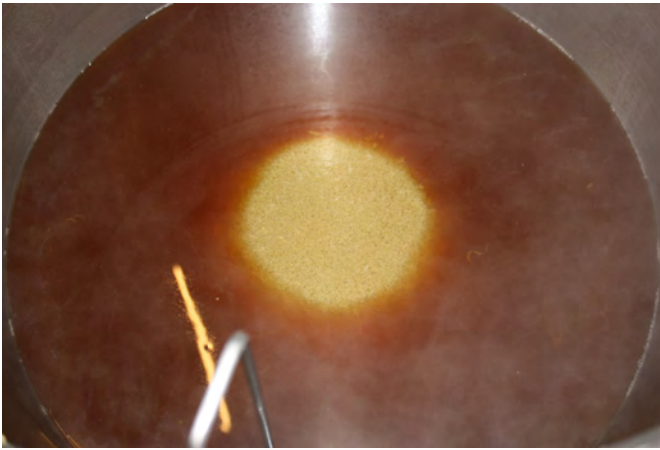
Der nächste Schritt ist das Läutern. Dabei wird die Würze vom Treber getrennt, indem sich die festen Bestandteile der Malzkörner auf dem Siebboden des Läuterbottichs absetzen und die Würze unten abfliessen kann. Damit der ganze Malzzucker mit der Würze abfließt, wird er mit warmem Wasser, dem so genannten Nachguss, aus dem Treber gewaschen.

### Würzekochen und Hopfenbeigabe

Die so gewonnene Würze wird nun zusammen mit dem Hopfen gekocht. Der Hopfen gibt dem Bier sein typisch bitteres Aroma, erhöht die Haltbarkeit des Bieres und verleiht ihm die entspannende Wirkung. Der Hopfen ist eine Rankenpflanze und kann bis zu 6 m hoch werden. Zum Brauen werden nur die weiblichen, unbefruchteten, zapfenartigen Blütenstände verwendet. Die Drüsen auf den Blütenblättern enthalten den für das Brauen wichtigen Geschmacks- und Konservierungsstoff Lupulin. Die im Lupulin enthaltene Alphasäure bestimmt den bitteren Geschmack des Bieres. Für den Brauer gibt es Naturhopfen oder Hopfenpellets.



*Die abgebildeten Pellets vom Typ 45 enthalten gleich viele Inhaltsstoffe wie die Blüte, haben aber nur 45% des Gewichtes und des Volumens.*



### Whirlpool

Der während des Kochens entstandene Heissstrub wird für das Bier nicht gebraucht. Er besteht aus geronnenen Malzproteinen und Gewebefasern des Hopfens. Um ihn von der Kochwürze zu trennen, rührt man kräftig im Kreis, sodass die kleinen Partikel wirbelartig in Bewegung gesetzt werden. Lässt man sie nun ruhen, setzen sie sich kegelförmig in der Mitte der Pfanne ab. Dieser Vorgang wird Whirlpool genannt. Nun kann man die Kochwürze am äusseren Rand

der Pfanne abfliessen lassen und der Heissstrub bleibt zurück.

### Hefezugabe

Bevor nun die Hefe hinzugefügt werden kann, muss die bis zu 100 °C heisse Kochwürze auf 20 °C abgekühlt werden. Ansonsten würden die Hefebakterien sofort abgetötet und könnten den Malzzucker nicht mehr in Alkohol umwandeln. Damit die Würze abkühlt, wird sie aus dem Bottich abgelassen, durch ein Kühlsystem gepumpt und anschliessend wieder dem Bottich zugeführt. Durch das hineinplätschern in den Bottich wird Sauerstoff unter die Würze gemischt, welcher von der Hefe zur Vermehrung gebraucht wird.



Sobald die Würze abgekühlt ist, wird für den Gärprozess die Hefe hinzugefügt. In der Brauindustrie werden hauptsächlich zwei verschiedene Sorten der Hefe verwendet. Die Trockenhefe in Form eines beigen Pulver oder Flüssighefe. Die Hefe ist ein Sporenpilz, welcher den Malzzucker in der Würze zu Alkohol und Kohlendioxid umwandelt. Ab ca. 12 vol. % stirbt die Hefe allerdings ab, was die Herstellung von Starkbieren erschwert.

Nach der Beigabe der Hefe wird das Bier in Fässern ca. zwei Wochen gelagert. Während dieser Zeit gärt das Bier und die Hefe wandelt den Zucker in Alkohol um. Da bei diesem Vorgang fast gleich viel Kohlendioxid wie Alkohol entsteht, muss das Fass über ein Druckausgleichsventil verfügen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass das entstehende Kohlendioxid das Fass sprengt. Nach der Hauptgärung wird das Bier nachgezuckert, in Flaschen abgefüllt und unter Druck nachgegärt. Anschliessend werden die Flaschen im Kühlschrank gelagert, wodurch sich das restliche Kohlendioxid im Bier löst und zu Kohlensäure wird.

Nun ist das Bier geniessbar. Prost!

## Die Gärung<sup>3</sup>

### Vorbereitung

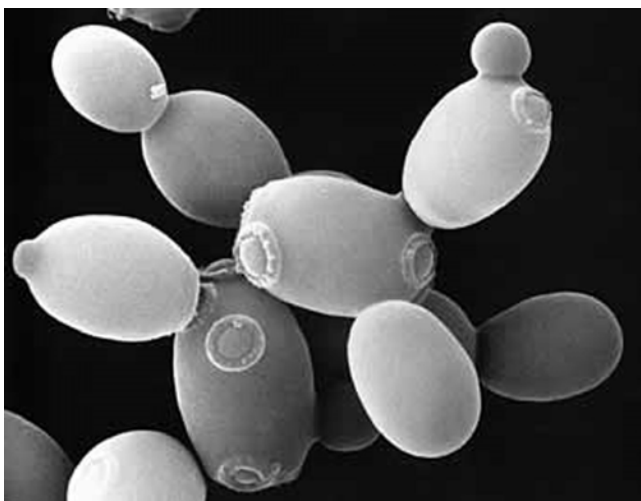
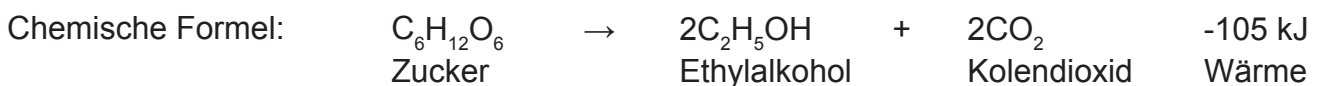
Bevor die Hefe zum Gären dazugegeben wird, sollte die Würze mit viel Sauerstoff versetzt werden, da dieser von der Hefe benötigt wird. Die Hefe kann sich dadurch schneller vermehren und die Gärung setzt sich besser in Gang. Die Würze kann auf verschiedene Arten belüftet werden. Entweder durch Umschütten der Würze von einem Gefäss in ein zweites Gefäss, mit einer Luftpumpe oder durch Einschlagen mit Hilfe eines Löffels während 10-15 Minuten.

*In unserem Beispiel gewann die Würze an Sauerstoff während des Kühlungsprozesses, dabei wurde die Masse zweimal über möglichst viel Oberfläche umgeschüttet.*

### Die Hefe<sup>4</sup>

Der Gärungsprozess erfolgt durch die Hefe. Eigentlich ist die Hefe ein Verstoss gegen das Reinheitsgebot von 1516, da die Hefe zu dieser Zeit noch unerforscht war und man sich auf den natürlichen Befall der Hefepilze verlassen musste. Erst als die Funktion der Hefe bewiesen war, setzte man sie in den meisten Breuereien ein.

Die Hefe gehört zur Familie der Mikroorganismen, sie stehen zwischen Bakterien und Pilzen. Wegen ihrer charakteristischen Vermehrungsweise wird sie auch als Spaltpilz bezeichnet. Für den Brauer ist sie von grosser Bedeutung, da durch die Hefe der in der Würze vorhandene Malz-Zucker in Alkohol, Kohlendioxid und Wärme umgewandelt wird.



Die Hefe vermehrt sich durch Sprossung. Es wird eine Knospe (Tochterzelle) gebildet, die die Grösse ihrer Mutterzelle erreicht. Danach trennt sich die Tochterzelle von der Mutterzelle oder bildet mit ihr einen Sprossverband.

### Gärtemperatur

Die Gärtemperatur hat verschiedene Einflüsse auf das Bier. Zum einen spielt sie für die Dauer der Vergärung eine wichtige Rolle, zum anderen beeinflusst sie den Geschmack. Eine Höhere Gärtemperatur produziert mehr Fruchtester und

Alkohole, dadurch wird das Bier Fruchtiger. Man unterscheidet zwischen Ober- und Untergärung. Zusätzlich zum Temperaturunterschied werden auch verschiedene Hefesorten verwendet.



**Obergärung:**

Die Bezeichnung obergäriges Bier kommt daher, dass die Hefe während der Gärung an die Oberfläche steigt. Doch nach der Hauptgärung setzt sich die heute verwendete Hefe am Boden fest. Die Temperatur der Obergärung liegt bei 15 °C bis 22 °C. Wie bereits erwähnt führt die hohe Temperatur zu einer vermehrten Bildung von Fruchtestern und Alkoholen.

Daher der fruchtigere Geschmack der obergärigen Biere.

*Dieses fruchtige Aroma ist im Biervergleich gut zu erkennen.*

**Untergärung:**

Die Bezeichnung untergäriges Bier kommt daher, dass sich die Hefe während der Gärung am Boden absetzt. Ein Vorteil der untergärigen Biere ist die längere Haltbarkeit. Zudem ist es in der heutigen Zeit kein Problem mehr, die Temperaturen um die 10 °C auch im Sommer zu halten.

**Verlauf der Gärung**

Nachdem die Hefe der Würze beigegeben wurde, beginnt die latente Phase. In dieser Zeit vermehrt sich die Hefe nicht, denn sie muss sich zuerst an ihre neue Umgebung anpassen. Nach einigen Stunden erst beginnt dann die Vermehrungsphase. Die Zeit ist abhängig von der Hefenart; je schwächer die Hefe, desto schneller ist die latente Phase vorbei.

In dieser Phase benötigt die Hefe viel Sauerstoff. Es kommt zum Aufbau von essenziellen Fettsäuren, welche nicht vollständig in der Würze vorliegen. Dies geschieht mit Hilfe des Sauerstoffes. Falls zu wenig Sauerstoff vorhanden ist, kann sich die Hefe nicht genügend vermehren, und die Gärung kommt nur schleppend voran. Deshalb ist es wichtig, dass die Bierwürze anfangs gut belüftet wurde. Nachdem der Sauerstoff verbraucht ist, vermehrt sich die Hefe nicht mehr weiter, und die Vermehrungsphase, die ein paar Stunden bis ein paar Tage dauern kann, ist abgeschlossen.

Die Hauptgärung beginnt nach der Vermehrungsphase der Hefe. In dieser Phase wird der Zucker vergärt und in Alkohol und CO<sub>2</sub> umgewandelt. Dabei kann es zu grosser Schaumbildung kommen, was normal ist. Daher sollte ein Gärfass nur zu 75-80 % gefüllt werden. Falls es zu einem Übersäumen kommt, kann der Schaum abgeschöpft werden. Es besteht die Gefahr, dass Fruchtliegen, Bakterien in der Luft oder andere äusseren Umstände den Gärprozess beeinträchtigen. Zusammen mit dem entstehenden CO<sub>2</sub> bildet der Schaum einen natürlichen Schutz gegen diese Einwirkungen, der aber gegen Ende der Gärung abnimmt. Der beste Schutz gegen Fruchtliegen, Pilzsporen, Bakterien usw. bietet eine Gärglocke. Äussere Einwirkungen werden vom Wasser in der Gärglocke zurückgehalten. Der Schaumstoffkern bietet einen Schutz gegen das Austreten des Schaumes. Bei der Hauptgärung ist ein leises Blubbern vom austretenden CO<sub>2</sub> zu hören, welches gegen das Ende des Prozesses abnimmt.

Das Blubbern entstand dadurch, dass das  $\text{CO}_2$  den Deckel der Gärglocke immer wieder anheben musste um entweichen zu können. Zusätzlich machte der Biergeruch uns darauf aufmerksam.

Sobald die Hauptgärung vorbei ist und sich der Extraktgehalt nicht mehr ändert, kann das Bier für die Nachgärung in Flaschen abgefüllt werden.

Von der Hauptgärung her enthält das Bier bereits einen Teil des Kohlendioxids, das durch die Sättigungskonzentration beim atmosphärischem Druck entsteht. Diese ist abhängig von der Gärtemperatur. Der gewünschte Kohlendioxidgehalt für das Bier wird durch Zugabe von Zucker bei der Nachgärung gebildet. Durch den Druck der geschlossenen Flasche und der kalten Temperatur wird aus dem Zucker Kohlendioxid gewonnen, jedoch wird nur die Hälfte des Zuckers in Kohlendioxid umgewandelt, die andere Hälfte wird zu Alkohol.

Auch wir arbeiteten mit Zucker, doch ein richtiger Brauer spart einen kleinen Anteil der Bierwürze vor der Vergärung und verwendet diesen zur Gewinnung des Kohlendioxids. Das ist möglich, da der Zucker der Würze noch nicht umgewandelt wurde.



## Die Berechnung des Alkoholgehaltes<sup>5</sup>

### Mit Hilfe der Grossen Balling'schen Formel

Karl Josef Napoleon Balling, geboren am 21. April 1805 in Gabrielahütten, Nordböhmen, studierte nach seinem Gymnasiumabschluss in Prag Chemie. Nach weiteren Studienjahren und einem Praktikum wurde er Assistent für Chemie am Polytechnikum in Prag. 1833 konnte er den Lehrstuhl für Chemie übernehmen und hielt Vorlesungen über die Zuckerfabrikation, Gärungschemie und Metallurgie. Zwei Jahre später erhielt er den Posten des Professors für Allgemeine Chemie und Technische Chemie. Zwei Jahre vor seinem Tode, 1866 wurde er Rektor des Polytechnikums in Prag.

Während seiner Tätigkeit als Professor erfand Balling das nach ihm benannte Balling-Saccharimeter. Das ist eine Dichtespindel zur Messung der Konzentration einer wässrigen Zuckerlösung. Dieses Instrument führte er in der Brauereiindustrie ein und bewies den Zusammenhang zwischen dem Alkoholgehalt, dem wirklichen Extraktgehalt und der Stammwürze eines Bieres. Mit Hilfe dieser Grossen Balling'schen Formel kann anhand des Alkohol- und dem Extraktgehaltes auf die Stammwürze geschlossen werden, was für die Analyse eines Bieres verwendet werden kann. Anders herum wird diese Formel angewendet, um bereits vor der Vergärung den späteren Alkoholgehalt zu errechnen.

Die Grosse Balling'sche Formel lautet:

$$S = 100 \times \frac{E + 2.0665 \times A}{100 + 1.0665 \times A}$$

S = Stammwürze [% °P] (sprich: Prozent Grad Plato, eine Masseinheit der Brauereiindustrie)

E = wahrer Extraktgehalt [Gew. %]

A = Alkohol [Gew. %]

Diese Formel kann nun nach E und A aufgelöst werden:

$$E = S + 0.010665 \times A \times S - 2.0665 \times A$$

$$A = \frac{S - E}{2.0665 - 0.010665 \times S}$$

Eine weitere Entdeckung von Balling war, dass seine Dichtespindel nicht den wahren Extraktgehalt misst, sondern ein Gemisch aus Alkohol, Wasser und Extrakt, was eine andere Dichte hat. Aus diesem Grund muss der gemessene Extraktgehalt  $E_s$  auf den wahren Extraktgehalt E umgerechnet werden. Für die Berechnung des Alkoholgehaltes wird von der Stammwürze die gemessene Differenz  $S - E_s$  nur zu 81.92% abgezogen. Daraus folgt:

$$E = S - 0.8192 \times (S - E_s)$$

$E_s$  = gemessener Restextrakt [°P]

Wird nun dieser angepasste Wert in die Formel für die Berechnung des Alkohols eingesetzt erhält man die fertige Formel. Mit dieser kann anhand der Stammwürze, welche vor dem Gärprozess gemessen wurde, und dem Restextrakt, den wir zum Schluss der Vergärung erwarten, der Alkoholgehalt in Gewichtsprozenten des fertigen Bieres errechnet werden.

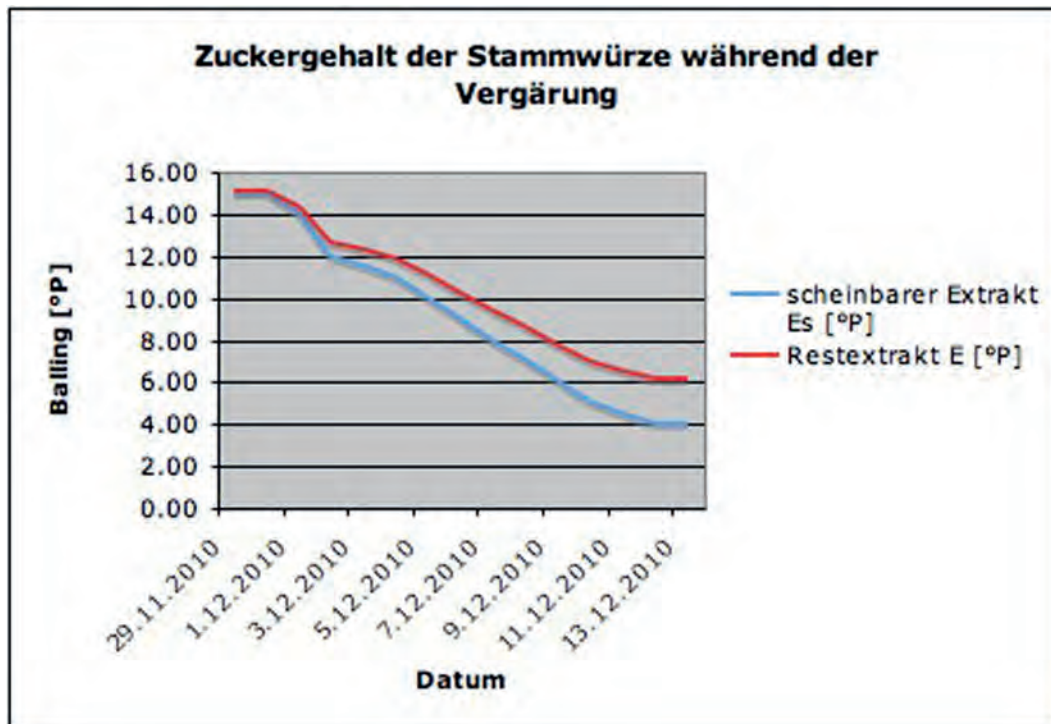
$$A = \frac{81.92 \times (S - E_s)}{206.65 - 1.0665 \times S}$$

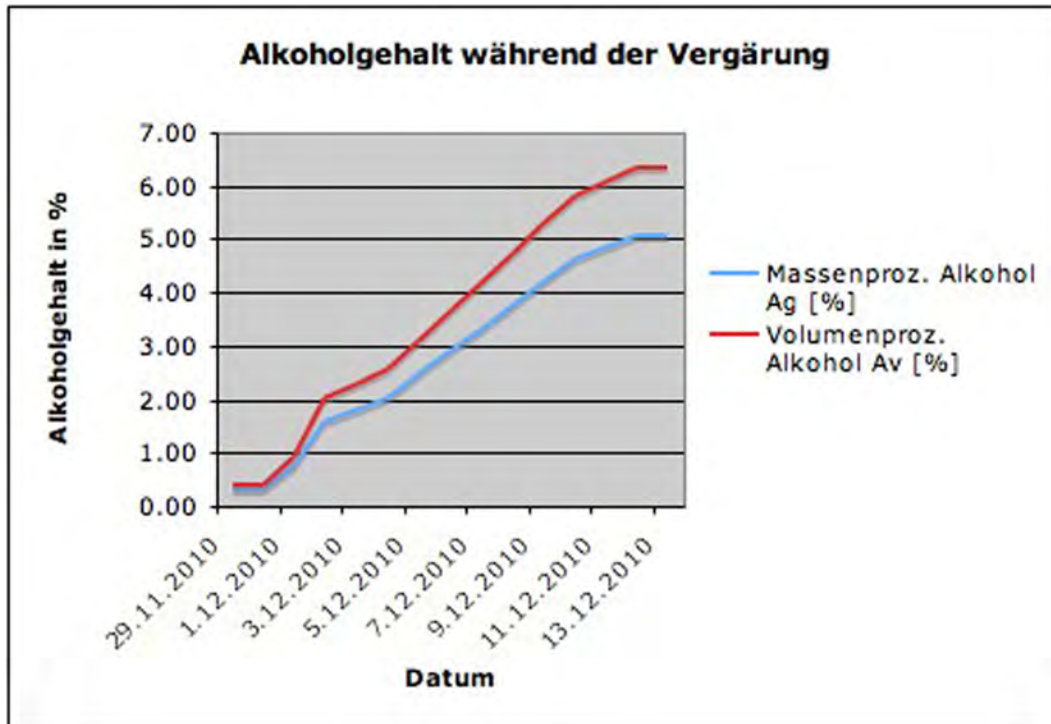
Für den Verkauf muss der Alkoholgehalt allerdings in Volumenprozenten angegeben werden. Dazu dient eine einfache Umrechnung, bei der unter Berücksichtigung der Dichte die Gewichtsprozentage durch 0.794 geteilt werden:

$$A(\text{vol \%}) = \frac{1 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times A}{0.794 \frac{\text{g}}{\text{ml}}}$$

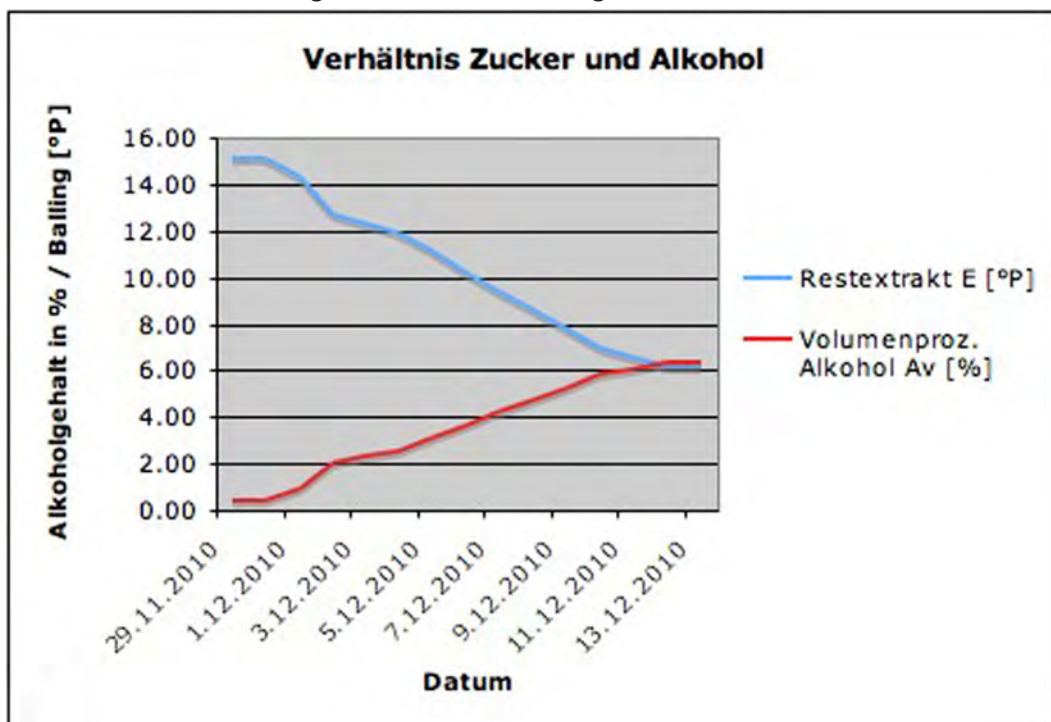
Anhand dieser Formeln und den Messungen, welche wir während des Gärprozesses jeden Tag durchführten, können wir nun den Verlauf des Zucker- und des Alkoholgehaltes berechnen und graphisch darstellen. So wird auch ersichtlich, dass die beiden Gärarten (Ober- und Untergärung) verschieden schnell arbeiten.

### Obergärung:



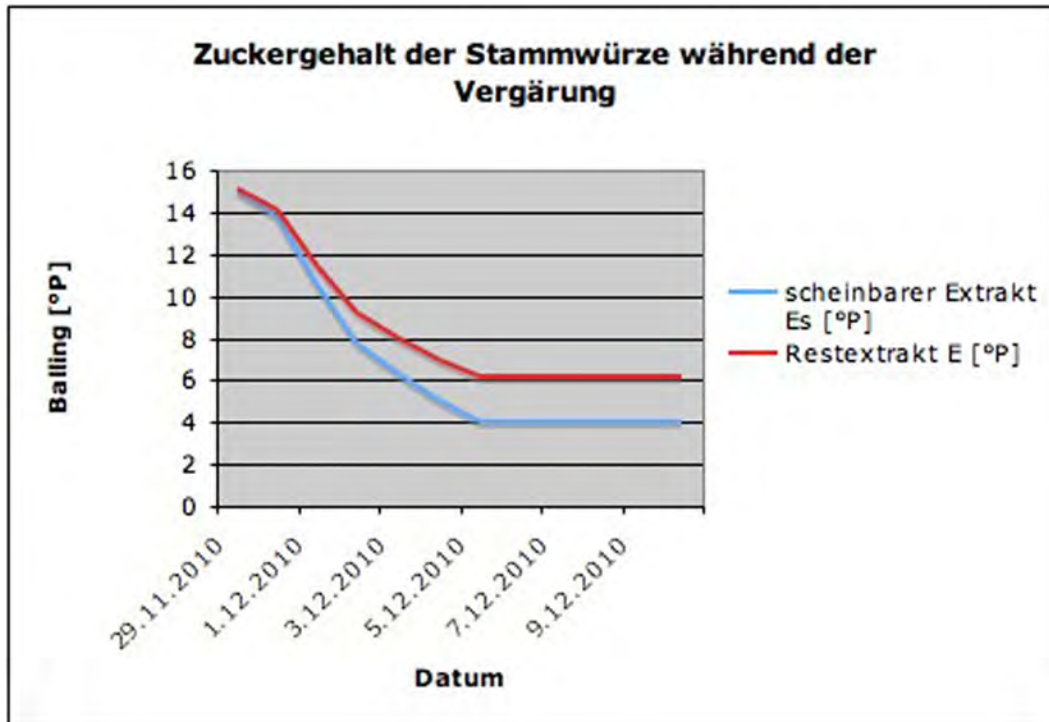


Aus dem ersten Diagramm ist ersichtlich, dass der Zuckergehalt zu Beginn langsam abnimmt, dann schnell zurückgeht und zum Schluss wieder langsamer sinkt. Der abrupte Wechsel der Steigung am 3. Dezember 2010 kann dadurch erklärt werden, dass der Gärprozess stark temperaturabhängig ist und im Schlafzimmer keine konstanten Temperaturen gewährleistet werden konnten. Dieser Wechsel ist auch im zweiten Diagramm zu sehen. Im unteren Diagramm werden der Zucker- und der Alkoholgehalt im Vergleich gezeigt. Hier ist der Wechsel und die Auswirkungen auf den Alkoholgehalt noch besser ersichtlich.

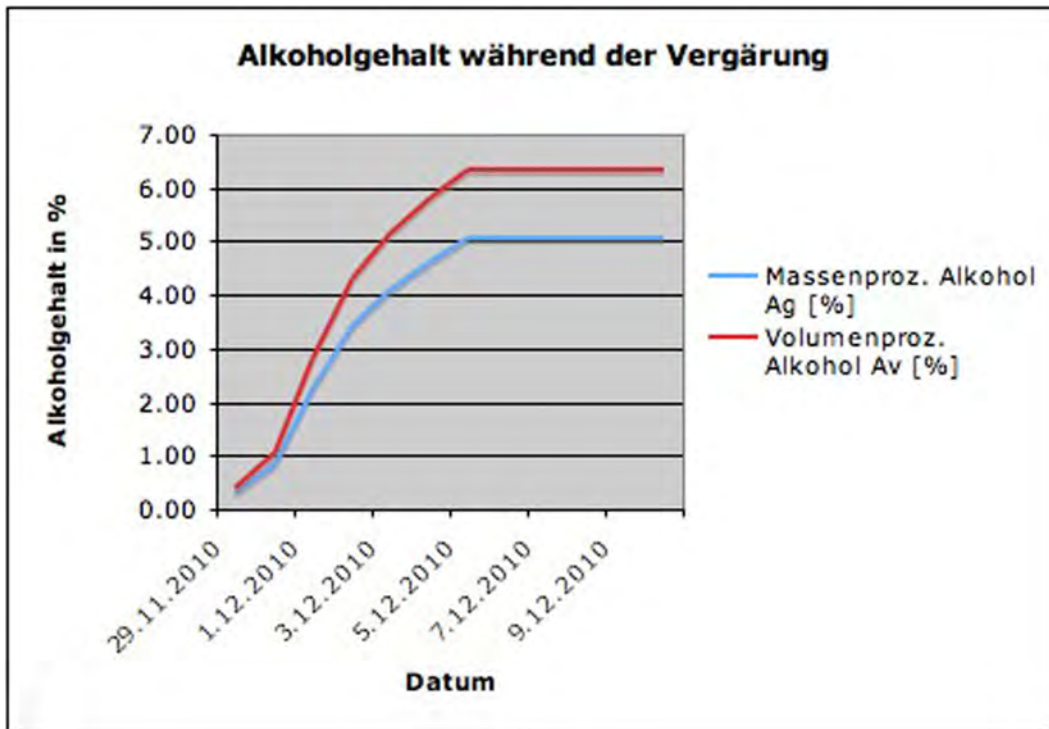


**Untergärung:**

Dieser Gärprozess findet wie oben bereits erklärt bei tieferen Temperaturen und mit einer anderen Hefesorte statt. Wir liessen das Bier im Keller bei 9 °C gären, wodurch wir natürlich weniger Temperaturschwankungen hatten. Bei diesen konstanteren Bedingungen konnte das Bier schneller und besser gären.



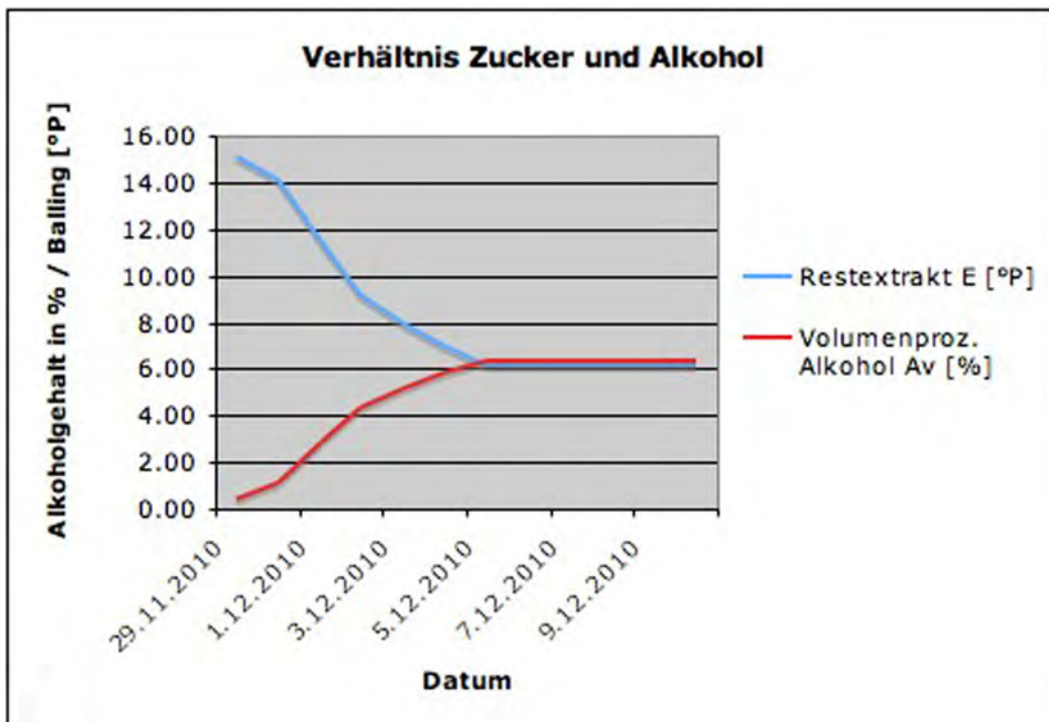
Auch bei diesem Diagramm ist der typische Verlauf des Gärprozesses gut zu sehen. Zuerst läuft die Vergärung des Zuckers recht langsam und wird nach ein, zwei Tagen immer schneller. Gegen Ende des Prozesses, wenn der Zuckergehalt langsam zur Neige geht, verlangsamt sich der Vorgang, bis er schliesslich zum Stillstand kommt und die Messungen über Tage hinweg den gleichen Wert ergeben. Die Differenz der beiden Linien führt daher, dass wir die gemessenen Werte noch umrechnen mussten. Wie in der Erklärung zu den Berechnungen ausgeführt, misst die Dichtespindel in einem Gemisch aus Alkohol und Wasser. Der ware Extraktgehalt liegt daher noch etwas höher als der Gemessene.



Auch bei der Untergärung ist die Kurve des Alkoholgehaltes eine gespiegelte Variante der des Zuckergehaltes. Allerdings ist der Alkohol um einiges schneller entstanden, als bei der Obergärung.

Auch bei den Alkohol-Diagrammen sind zwei Kurven abgebildet. Die Blaue zeigt die Massenprozentage des Alkohols und die Rote die Volumenprozentage. Diese werden für die Etikettierung des Bieres vorgeschrieben.

Das letzte Diagramm zeigt wieder den Vergleich zwischen dem Alkohol- und dem Zuckergehalt während der Vergärung.



### Mit Hilfe der Stöchiometrie

Der Alkoholgehalt kann auch über die Stöchiometrie errechnet werden. Dazu verwenden wir die Formeln, welche wir aus dem Unterricht kennen:

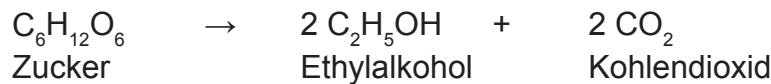
$$n = \frac{m}{M}$$

n = Stoffmenge [mol]

m = Masse [g]

M = Molare Masse [g x mol<sup>-1</sup>]

Chemische Formel:



$$\begin{aligned} \text{Zuckergehalt} &= \text{Anfangsbestand} - \text{Restbestand} \\ &= 15.7 \% - 6.1 \% \\ &= 9.6 \% \end{aligned}$$

Die Masse nehmen wir mit 10 kg an, da unsere Gärfässer etwa diese Menge beinhalteten. Für die Rechnung ist diese Zahl jedoch irrelevant.

$$\begin{aligned} 9.6 \% \text{ von } 10'000 \text{ g} &= 960 \text{ g} \\ m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) &= 960 \text{ g} \\ M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) &= 180.18 \text{ g x mol}^{-1} \\ n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) &= m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \div M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 5.33 \text{ mol} \\ n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) &= 2 \times n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 10.66 \text{ mol} \\ M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) &= 46.08 \text{ g x mol}^{-1} \\ m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) &= n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \times M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \\ &= 491.03 \text{ g} \end{aligned}$$

Entspricht auf 10 kg 4.91 %

Umrechnung Massenprozent zu Volumenprozent:

$$A(\text{vol } \%) = \frac{1 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times A}{0.794 \frac{\text{g}}{\text{ml}}} = 6.18 \text{ vol } \%$$

*Die Abweichung der Resultate der beiden Berechnungen liegt mit 0.12% durchaus in einem akzeptablen Rahmen.*



## Zusammenfassung

Hier noch einmal die wichtigsten Punkte zusammengefasst:

Beim Brauprozess ist besonders auf die Hygiene, die Wasserqualität, die Reinheit der Rohstoffe und die richtigen Brauzeiten zu achten. Wenn bei der Produktion der Stammwürze alles glatt gegangen ist, kommen wir zur Gärung. Hier ist wichtig, dass genügend Sauerstoff in der Würze vorhanden ist, damit die Hefe sich vermehren kann. Weiter darf die Würze nicht zu heiss sein, da bei zu hohen Temperaturen die Hefe abgetötet wird. Wenn die Gär- und Lagerzeiten eingehalten werden steht dem perfekten Bier nichts mehr im Wege.

Die Berechnung des Alkoholgehaltes kann auf zwei verschiedene Arten geschehen. Einerseits kann man ihn mit Hilfe der Grossen Balling'schen Formel errechnen, andererseits besteht die Möglichkeit, den Alkoholgehalt mit der Stöchiometrielehre auszurechnen. Mit beiden Varianten kommt man auf ein ähnliches Ergebnis.

## Fazit

Dadurch, dass wir uns einmal intensiv mit der Bierbrauerei auseinandergesetzt haben, ist uns aufgefallen, welcher Aufwand eigentlich dahinter steckt. Sonst gehen wir einfach in den Supermarkt und kaufen das Bier in handlichen Kartonkisten. Jetzt wissen wir, was hinter den grünen Flaschen mit den gelben Etiketten steckt. Es ist nicht bloss ein Zusammenmischen von einzelnen Zutaten wie bei anderen Getränken, sondern ein komplizierter Ablauf, bei dem mehr schief gehen kann, als man denkt. Es finden biochemische Abläufe statt, welche wir vorher nicht einmal gekannt haben.

Für Bierliebhaber wie uns lohnt es sich auf jeden Fall, einmal einen Blick hinter die Kulissen einer Brauerei zu werfen. Danach weiss man den Aufwand, welcher in jeder Flasche steckt, viel mehr zu schätzen. Uns hat es auf jeden Fall Spass gemacht!

An dieser Stelle wollen wir uns noch offiziell bei Lukas Mosimann und der Brauerei Kornhausbräu Rorschach bedanken, die es uns ermöglichten, diese Arbeit in dieser Form zu vollenden. Wir sind sehr froh, einen solch erfahrenen Bierbrauer an unserer Seite gehabt und mit seiner Hilfe ein „vortreffliches“ Bier gebraut zu haben.

## Entstehung des Alkohols während der Gärung

Obergärung:

Datum	scheinbarer Extrakt Es [°P]	Restextrakt E [°P]
29.11.10	15.00	15.13
30.11.10	15.00	15.13
01.12.10	14.00	14.31
02.12.10	12.00	12.67
03.12.10	11.50	12.26
04.12.10	11.00	11.85
05.12.10	10.00	11.03
06.12.10	9.00	10.21
07.12.10	8.00	9.39
08.12.10	7.00	8.57
09.12.10	6.00	7.75
10.12.10	5.00	6.93
11.12.10	4.50	6.52
12.12.10	4.00	6.12
13.12.10	4.00	6.12

Datum	Massenproz. Alkohol Ag [%]	Volumenproz. Alkohol Av [%]
29.11.10	0.30	0.38
30.11.10	0.30	0.38
01.12.10	0.73	0.92
02.12.10	1.60	2.01
03.12.10	1.81	2.28
04.12.10	2.03	2.55
05.12.10	2.46	3.10
06.12.10	2.89	3.64
07.12.10	3.32	4.18
08.12.10	3.75	4.73
09.12.10	4.18	5.27
10.12.10	4.62	5.81
11.12.10	4.83	6.08
12.12.10	5.05	6.36
13.12.10	5.05	6.36

## Entstehung des Alkohols während der Gärung

## Untergärung

Datum	scheinbarer Extrakt Es [°P]	Restextrakt E [°P]
29.11.10	15	15.13
30.11.10	13.75	14.10
01.12.10	10.5	11.44
02.12.10	7.75	9.19
03.12.10	6.25	7.96
04.12.10	5	6.93
05.12.10	4	6.12
06.12.10	4	6.12
07.12.10	4	6.12
08.12.10	4	6.12
09.12.10	4	6.12
10.12.10	4	6.12

Datum	Massenproz. Alkohol Ag [%]	Volumenproz. Alkohol Av [%]
29.11.10	0.30	0.38
30.11.10	0.84	1.06
01.12.10	2.24	2.83
02.12.10	3.43	4.32
03.12.10	4.08	5.13
04.12.10	4.62	5.81
05.12.10	5.05	6.36
06.12.10	5.05	6.36
07.12.10	5.05	6.36
08.12.10	5.05	6.36
09.12.10	5.05	6.36
10.12.10	5.05	6.36

## Quellenverzeichnis

<b>Nr.</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Herkunft</b>
allg.	Fotos	Pascal Kägi
1	Eidesstattliche Erkl.	A. Widmer, ehem. VBR Lehrer der GBS St. Gallen
2	Brauprozess	Brauplaner (Excel-Tabelle) eigene Notizen vom 28. November 2010 <a href="http://www.bier.ch/deu/bier-brauen-rohstoffe.html">www.bier.ch/deu/bier-brauen-rohstoffe.html</a> <a href="http://www.heimbrau.de/geschichte.html">www.heimbrau.de/geschichte.html</a>
3	Gärung	<a href="http://www.bier.ch/deu/bier-brauen-rohstoffe.html">www.bier.ch/deu/bier-brauen-rohstoffe.html</a> <a href="http://www.bierundwir.de/brauen/hefe.htm">www.bierundwir.de/brauen/hefe.htm</a>
4	Hefe (Bild)	<a href="http://www.chemryb.at/ckurs/2002/stoff4.htm">www.chemryb.at/ckurs/2002/stoff4.htm</a>
5	Berechnungen	Notizen von L. Mosimann <a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Karl_Josef_Napoleon_Balling">de.wikipedia.org/wiki/Karl_Josef_Napoleon_Balling</a> Schulunterlagen Chemie, C. Meyer
allg.	Diagramme	Pascal Kägi