



Der Gärprozess: Regelung und Überwachung

Für optimales Bier braucht es einen kontrollierbaren Gärverlauf

**BrauLabor
24
Gärprozess
Überwachung
und Regelung**

Aufwand: gross	Material: aufwändig	Zeit: klein	Experimenttyp: Gärverlauf	Anspruch: mittel
--------------------------	-------------------------------	-----------------------	-------------------------------------	----------------------------

Einführung

“Die Gärung ist der Teil der Brauarbeit, bei der sich der Brauer die meiste Zeit zurücklehnen und sich auf das Bier freuen kann”*. Ganz so locker läuft der Gärprozess für den Heimbrauer nun doch nicht ab, gilt es doch einige wichtige Punkte zu wissen und zu beachten. Für einen optimalen Gärverlauf braucht es neben 1. der **korrekten Hefeanstellzellzahl** (→ cf. Braulabor 19 Bestimmung der optimalen Anstellzellzahl (Hefegabe, Hefedosage)) die **2.** für den gewünschten Bierstil geeignete **Stammwürze** (engl. OG - original gravity, cf. Brautipp 10 - Einstellung/Modifikation der Stammwürze), **3.** die optimale **Sauerstoffkonzentration der Anstellwürze** beim Anstellen (→ cf. Braulabor 21 Beimpfung der Anstell-Bierwürze > Schritt 5: Belüftung) und **4.** insbesondere eine **Regelung der Temperatur** während des Gärverlaufs, **5.** die periodische oder kontinuierliche **Messung der Extraktgehalte** (Abnahme sowie Restextrakt) zur Bestimmung des Endvergärungspunktes bzw. des Abfüllzeitpunktes sowie **6.** die kontinuierliche Registrierung der **Gäraktivität** (oder Gärtätigkeit) aufgrund des Gaswechsels, der CO₂-Produktion.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf **Punkt 2 - Einstellung der Stammwürze**, **Punkt 4 - Temperatur-Regelung**, **Punkt 5 - punktuelle und kontinuierliche Messung des Extraktgehaltes** sowie **Punkt 6 - Gäraktivität als Intensität der CO₂-Gasproduktion**. * [Lehrl, R. Bier brauen. Handbuch für den Heimbrauer. Eugen Ulmer, Stuttgart. 2. Aufl., S. 96 (2008)].

*: definierte Begriffe → siehe INFO > Glossar Biochemie/Mikrobiologie/Brautechnologie



Die heute dem Heimbrauer zugänglichen Möglichkeiten der Prozessüberwachung und Regelung des Gärprozesses aufzeigen, um diesen meist vernachlässigten Prozess optimal zur Bierproduktion einsetzen zu können

Materialien

Glaswaren/Geräte/ andere Materialien	Bierspindel(n), eDrometer/easyDens , Thermometer klassisch, Digital-Thermometer, TILT-Hydrometer , GÄRSPUNDMobil von Speidel, BrewJacket , iPad bzw. Handy mit entsprechenden Apps
Verbrauchsmaterial	Alufolie, ention. Wasser, Haushaltpapier/Kosmetiktüchlein
Chemikalien	diverse Desinfektionsmittel (z.B. Alkohole: 65% Isopropanol oder 70% Ethanol), cf. Liste, Trockenmalzextrakt/Flüssigmalz, Anstellwürze, Kalkwasser (Calciumhydroxidlösung, Ca(OH) ₂ , Info)
Biologische Objekte	Brauhefen

Durchführung in Teilschritten

Teilschritt 2: Korrigieren der Stammwürze

Die Stammwürze ist der Extraktkonzentration des Malzes und des Hopfens nach dem Hopfenkochen, also der noch unvergorenen Anstellwürze. Dieser wird klassisch z.B. mit der Bierspindel festgestellt und in Gewichts-% angegeben (g Extrakt in 100g Würze = “Prozent Extraktgehalt” = “Grad Plato [°P]”). Die englischen SG-Werte (SG: specific gravity) und die Extraktgehalts-%-Werte lassen sich umrechnen: Ex

traktgehalt [%] = (SG - 1000)/4, SG = Extraktgehalt [%] x 4 + 1000. Bsp.: SG bei 12 °P = 12 x 4 + 1000 = 40 + 1000 = 1048

Der Extrakt besteht aus nicht flüchtigen vergärbaren Bestandteilen (Malzzucker, ca. 65-85%), nichtvergärbaren Zuckern, Mineralien/Spurenelemente, Eiweissen und Aromastoffen (zusammen ca. 15-35%). Der Stammwürzegehalt ist der Haupteinflussfaktor für den späteren Alkoholgehalt und den Nährwert des fertigen Bieres.



1. Stammwürze bestimmen

- mit einer Plato-Bierspindel (oder eDrometer, EasyDens → vgl. Brau- und Messtechnik > 8 eDrometer, 9 EasyDens) Grad Plato (°P) und Temperatur bestimmen

- evtl. Temperaturkorrektur vornehmen:

Bsp. Temp. = Messwert 12 °P, 24 °C → Korrektur +0.3 → tatsächlicher Extraktgehalt (= Stammwürze) = 12.3

SG bei 12.3 °P = $12.3 \times 4 + 1000 = 49.2 + 1000 = 1049$

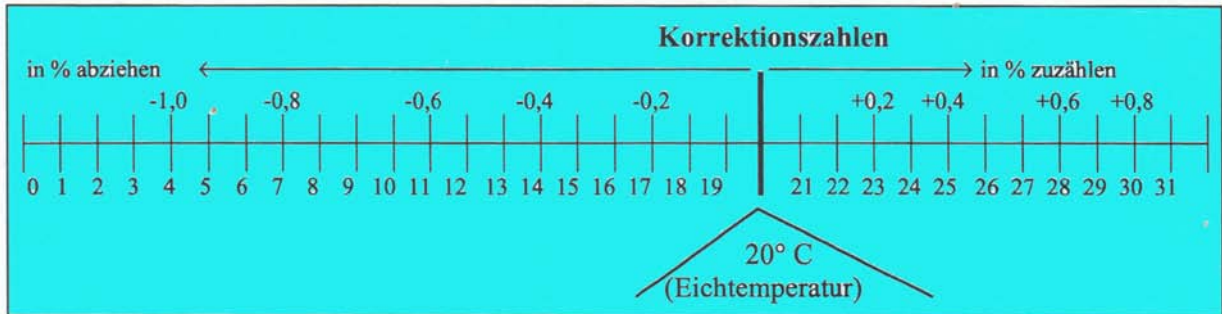


Abb. 1. Korrekturtabelle Temperaturabhängigkeit der Stammwürzebestimmung

[Quelle: Kling, K., Bier selbst gebraut. Verlag Die Werkstatt, Göttingen 4. Aufl. (2006), S. 90.

- diese Temperaturkorrektur des Stammwürzewertes kann auch elektronisch erfolgen: siehe Rechner "Korrektur der gemessenen Stammwürze abhängig von der Messtemperatur" [hier](#).

2. Stammwürze korrigieren:

Verringern der Stammwürze (hoch → niedriger): Extraktmenge mit abgekochtem Wasser verdünnen

benötigte Wassermenge [L] = $\frac{\text{Ausgangsstammwürze [\%]} - \text{Zielstammwürze [\%]} \times \text{Würze [L]}}{\text{Zielstammwürze [\%]}}$

Bsp. 20 L Würze mit 16% Stammwürze auf 14% verdünnen

$$\text{Wassermenge} = \frac{16 - 14}{14} \times 20 = 2.86 \text{ L}$$

Erhöhen der Stammwürze (niedrig → höher): Extraktmenge erhöhen

Die einzig sinnvolle Weise der Erhöhung des Stammwürzegehaltes ist die Zugabe von Malzextrakt:

je 11 g Malzextrakt pro 1 Liter ergibt eine 1%ige Extrakterhöhung

Bsp. 20 L Würze mit 10.5% Stammwürze sollen auf 14% erhöht werden →

$$11 \text{ g} \times 3.5 \times 20 \text{ L} = 770 \text{ g Trockenmalzextrakt bzw. } 770/0.8^* = 962.5 \text{ g Flüssigmalz}$$

(*Flüssigmalz enthält zu 80% Extrakt)



Abb. 2. Anpassung des Stammwürzegehaltes.

1. Messung des Extraktanteils in Plato (z.B. mit einer Bierwürzespindel) oder als OG (original gravity, z.B. mit dem easy Dens-Messgerät). 2. Erhöhung des Extraktgehaltes durch Zugabe von Trockenmalz (Behälter weiss) oder Flüssigmalz (Behälter rot).

Teilschritt 4: Regelung der Gärtemperatur

Die Gärtemperatur ist eine vom Heimbrauer meist unterschätzter Parameter, der einen zentralen Einfluss auf den Gärverlauf und die Qualität des Produktes Bier ausübt. Die Temperatur beeinflusst

- Dauer der Gärung
- Stoffwechselverhalten der ober- und untergärigen Hefen
- die sich bildenden Gärungsnebenprodukte
- Bildung von Fehlparomen
- Geschmack des Bieres
- die Wahrscheinlichkeit einer mikrobiellen Infektion.



Je höher die Temperatur, desto mehr Ester und höhere Alkohole werden gebildet, Komponenten der "Fruchtigkeit" des Bieres. Diese Nebenprodukte können aber in zu hoher Konzentration den Geschmack ungünstig beeinflussen, ja sogar zu schlechter Bekömmlichkeit des Bieres führen.

Richtwerte der Gärtemperaturen:

- oberer Grenzwert einer Fermentation: 22 °C
- obergärige Hefetemperatur: zwischen 15 - 20 °C
- untergärige Hefetemperatur: zwischen 5 - 12 °C → Gärung möglich nur während kalter Jahreszeit, Kühlschrank, umgebaute Tiefkühltruhen, Kühlgeräte. Abkühlung mit Wasser oder Eiswasser ist zu aufwändig und umweltbelastend.

Optimaler Temperaturverlauf während der Gärphasen: cf. auch "Braulabor 21 Hefewachstum und Gärung. Gärphasen S. 6".

Wie lässt sich nun die Gärtemperatur im Gärbehälter messen und beeinflussen?

1. Temperaturmessung:

Die Messung mit einem klassischen Flüssigkeitsthermometer ist wenig geeignet, müsste doch dazu der Gärbehälter ständig geöffnet und der entkeimte Thermometer hinein gehalten werden. Das ist nicht nur umständlich, die Gefahr einer Fremdinfection dabei ist

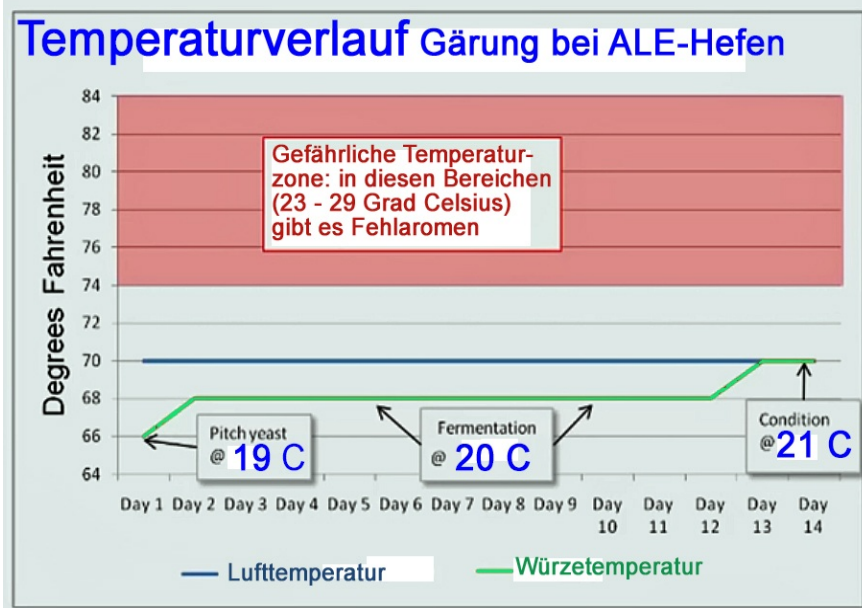


Abb. 3. Idealer Temperaturverlauf vom Anstellen bis zum Ende der Hauptgärung.

1. Phase: ca. 1 Tag- Anstelltemperatur 1-1.5 °C tiefer als empfohlene Hefestammtemperatur.
2. Phase: Hauptgärung - Gärtemperatur von z.B. 19°C auf 20°C anheben, dann konstant halten.
3. Phase: Ende Hauptgärung - Gärtemperatur um 1°C anheben z.B. auf 21°C. [Abb. mod., [Quelle](#)]

beträchtlich.

Einfacher geht es mit einem Digitalthermometer (z.B. [Info](#)).

Der **Messfühler** kann

1. seitlich mit einem Isolationsband auf mittlerer Flüssigkeitshöhe auf den Gärbehälter aufgeklebt werden und der Gärbehälter anschliessend mit einer Umhüllung (Abb. 4) thermisch isoliert, oder
2. durch eine abgedichtete Öffnung im Deckel des Gärbehälters direkt in die Bierwürze eingeführt werden (sofern Kabel und Messfühler lebensmitteleuglich sind), vgl. Abb. 5.
3. Die Temperaturmessung wird parallel mit anderen Messungen ausgeführt, z.B. mit der Extraktgehaltbestimmung System "Tilt Hydrometer, cf. unten" oder mit der elektronischen Gärglocke "Gärspundmobil" von Speidel (cf. unten).

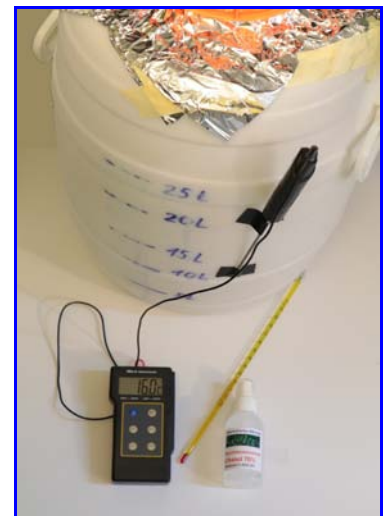


Abb. 4. Temperaturmessung der Gärwürze. Klassisch mit 70%-Ethanol entkeimtem Thermometer direkt in Würze messen, oder mit Digitalthermometer, Messsonde aussen am Gärbehälter angeklebt.



2. Temperatursteuerung und Temperaturregelung:

Für den Heimbrauer gibt es nur wenige Möglichkeiten der Temperatursteuerung und Temperaturregelung.

- **Verdunstungskälte:** Die Umwicklung des Gärbehälters mit nassen Tüchern entzieht dem Gärbehälter die notwendige Energie und kühlt etwas ab (Verdunstungskälte). Funktioniert am besten bei metallischen Behältern. Nachteil: arbeitsintensiv (ständige Zufuhr von Wasser notwendig), wenig effektiv (max. 3-4 °C).



Abb. 5. Temperaturmessung im Gärbehälter.

Das Gärspundmobil Speidel misst die Temperatur im Gärbehälter (weisses Kabel) und sendet diese Daten per WLAN an das Kundenportal auf myspeidel.com.

- **Kühlschrank:** Fermentation mit Gärbehälter im Kühlschrank durchführen (Abb. 6). Nachteil: kostenintensiv, nur schlecht regelbar, platzraubend.

- **Tiefkühltruhe:** umgebaute Tiefkühltruhen mit angepasstem Thermostat für den entsprechenden Temperaturbereich. Nachteil: kostenintensiv, platzraubend.



Abb. 6. Gärung im Kühlschrank.

- **Brew Jacket:** Die "Brauweste" umhüllt den Gärbehälter, dient also als Isolation gegen Wärme- oder Kälteflüsse, weil im Innern des Behälters eine Art Kombination von Wärme- und Kühlfinger eintaucht (Abb. 7,8). BrewJacket basiert auf einem Festkörper-Kühlsystem ([Info](#)). Mit dem Brewjacket ist es jetzt möglich, neben Ale-Bieren auch Lagerbiere problemlos zu brauen ([Info](#)).

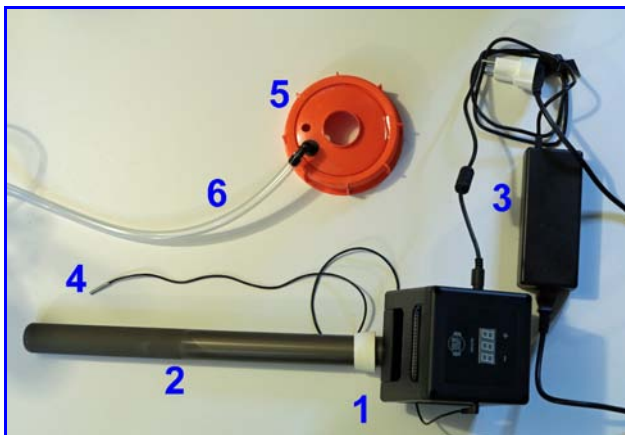


Abb. 7. Temperaturregelung mit BrewJacket.

1: Zentraleinheit mit Sollwert-Temperatureingabe, 2: Heiz- und Kühlelement, das an die Zentraleinheit angeschraubt wird, 3: Stromversorgung, 4: Temperatursensor, 5: modifizierter Speidel-Gärtankverschraubung mit passender Durchführung für Element 2 sowie Temperatursensor und 6: CO₂-Gasschlauch.



Abb. 8. Temperaturregelung mit BrewJacket, mit Heiz-/Kühlfinger im Gärbehälter, der von einer Isolationshülle umgeben ist. Vor dem Einführen des Heiz-/Kühlelementes (Abb. 7, 2) müssen alle Elemente mit Kontakt zur Anstellwürze desinfiziert werden (Abb.7: 2,4,5,6). BrewJacket kann zwischen 2-26 °C eingestellt werden. Das gebildete CO₂ wird über den Schlauch und die Speidel Gärglocke abgeführt und gibt so optisch einen Einblick in die Gärintensität (vgl. auch Abb. 15).



Teilschritt 5: Messung des Extraktgehaltes

Durch die Messung des Extraktgehaltes kann der Gärverlauf sehr gut beobachtet werden, insbesondere auch, ob der Gärprozess weitgehend beendet ist. Es ist zwar nicht notwendig, den Extrakt(rest)gehalt ständig zu messen, insbesondere wenn noch optisch dicke Kräusen sichtbar sind; erst wenn die Hauptgärung sich dem Ende zuneigt und die Schaumberge sich senken, sind Messungen des Restextraktgehaltes sinnvoll, auch um den Zeitpunkt der optimalen Abfüllung in Flaschen oder in einen geeigneten Behälter für die Nachgärung zu finden.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Kontrolle des Extraktgehaltes: optisch, mit Bierspindel, mit eHydrometer.

1. Optische Abschätzung des Gärverlaufs: Gärschaumbewertung ("Kräusen")

- 1. Anstellwürze wird in den Gärbehälter transferiert → Schaumbildung, aber noch unabhängig von der Gärung
- 2. Zugabe der Starterkultur, nach 1 Tag (12 - 16 h) ist die Gärung bereits intensiv ("Ankommen", Beginn der Hauptgärung → deutliche Schaumbildung, meist noch als feinblasige weiße Schicht, ("Überweissen", Kräusen)
- 3. Hopfenöle beginnen sich zu oxidieren → Schaumschicht wird höher und bekommt braune Kappen nach 2-3 Tagen ("Hochkräusen", Abb. 9)
- 4. Phase der intensiven Gärung lässt nach ca. 5-6 Tagen nach → Schaumschicht fällt zusammen, braune Schicht wird dicker, Harz- und Gerbstoffhaltig ("Braunkräusen")
- 5. Phase der Hauptgärung ist nach ca. 7-8 Tagen abgeschlossen → dünne Schaumschicht bedeckt nicht mehr die ganze Würzeoberfläche ("Schlaucherdecke": vor dem Abfüllen, dem Schlauchen)
- 6. Nach dem Ende der Hauptgärung nach ca. 8 Tagen → Stammwürzegehalt mittels einer Bierspindel ermitteln. ("Graduierung"). Der ermittelte Wert bezeichnet man als scheinbaren (End-)Vergärungsgrad, da der Wert durch den entstandenen Alkohol und das CO₂ verfälscht ist.



Abb. 9. Hauptgärung, Hochkräusen.

Typische	Original Gravity (OG) -	Final Gravity (FG)-Änderungen:
Weizenbier	1.040-1.056	1.008-1.016
India Pale Ale	1.050-1.075	1.012-1.018
Pilsner	1.044-1.050	1.006-1.012
Doppelbock	1.074-1.080	1.020-1.028

Vorteil dieser Methode: einfach, ohne Aufwand. **Nachteil**: nur für erfahrene Heimbrauer, ungenau.

- #### 2. Extraktbestimmung mit Bierspindel
- (syn. Würzespindel, Bierwürzespindel, Aerometer, Saccharometer, Senkspindel, Extraktspindel)
- Der Extraktgehalt, also die Summe aller gelösten Stoffe, grösstenteils vergärbare und unvergärbare Zuckerarten, ändert sich während der Gärung, da die vergärbaren Zucker primär in Alkohol und Kohlenstoffdioxid umgewandelt werden. Die Angabe in "Prozent Extraktgehalt" kann auch als "Grad Plato" [°P] oder SG/OG (specific gravity/original gravity)/ FG (final gravity) bezeichnet werden (vgl. Teilschritt 2 - Korrigieren der Stammwürze).

Beobachtung des Gärverlaufs

- **Probeentnahme**: aus Gärbehälter ca. 100 mL Bierwürze möglichst keimarm in Probenbehälter (z.B. Erlenmeyerkolben) abfüllen
Hinweis: 1. Messung direkt nach Hefeabstellung vornehmen (= OG-Wert)
- **Probenaufbereitung**: CO₂-Entfernung durch Schütteln (CO₂ → Auftrieb der Spindel = Ergebnisverfälschung!), evtl. an Probenoberfläche Schaum mit Pasteurpipette absaugen, in 100-mL-Messzylinder ohne Schaumbildung umleeren und auf 20 °C bringen (bzw. Temperatur bestimmen)
- **Messung**: geeignete Bierspindel wählen (vgl. Abb. 10), in gefüllten Messzylinder vorsichtig leicht drehend eintauchen lassen und

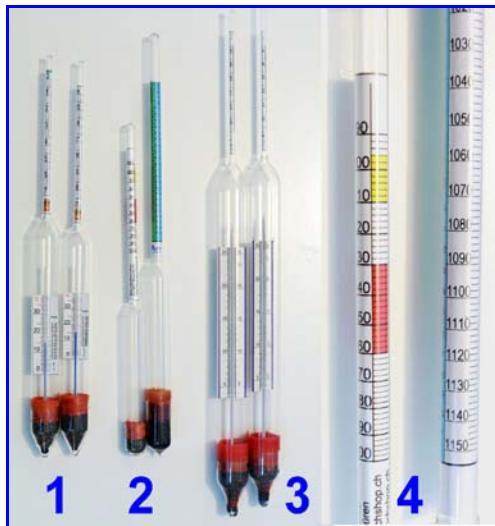


Abb. 10. Bierspindeln zur Extraktgehaltsbestimmung.

1: Typ Skala mit Gewichts-% 0-7 und 14-21 sowie integrierem Thermometer mit Temperaturskala und Korrekturfaktoren (vgl. Abb. 1).

2: Typ mit SG (specific gravity)-Werteskala 990-1100 sowie Rot- bzw. Gelbzone (vgl. 4) und Bier-Hydrometer 20 °C multifunktional mit grüner g/L-Zuckerskala, blauer vol. % Alk.pot.-Skala und Extrakt-SG-Skala 990-1150.

3: Präzisionsbierspindeln mit Skala z.B. 0-5 und 5-10 Gewichts-%.

4: Details Skala von Bierspindel Nr. 2 links (Rotzone: SG 1060 - 1030 = "Start beer" und Gelbzone: SG 1010-1000 = "bottle") sowie SG-Skala der Multifunktionsspindel rechts.

3. Extraktbestimmung mit TILT Hydrometer (Abb. 12).

Der TILT Hydrometer erlaubt eine kontaminationsfreie **kontinuierliche Messung des Extraktgehaltes** (spezifische Dichte, engl. specific gravity SG → Plato-Werte, Extraktgehalt) und der **Temperatur** im Gärbehälter, ohne den Behälter zu öffnen. Die Messwerte werden via Bluetooth auf ein iPad-App oder Mobiltelefon-App übertragen und dann via WLAN ins Internet geladen (Google sheet). Dieses komfortable elektronische Hydrometer ist ideal zur lückenlosen Kontrolle des Gärverlaufs und zur Bestimmung des idealen Abfüllzeitpunktes FG (Final Gravity) ([Info](#), [Video](#), App [Brewometer](#)).

Genauigkeit: Specific gravity ± 0.002 innerhalb des Messwertbereichs von 0.990 to 1.120; das Thermometer weist eine Genauigkeit von ± 0.5 °C auf.

Vorgehen:

- **Eichung:** der TILT-Hydrometer ist geeicht, kann aber auch z.B. nach Batteriewechsel selbst geeicht werden (cf. Anleitung [hier](#)).
- **Entkeimen:** z.B. durch Eintauchen in 65%-ige Isopropanol oder andere Entkeimungsmittel (Abb. 13; siehe auch "Braulabor 6 Liste Desinfektions-/Reinigungsmittel" - PDF-Dokument)
- **TILT-Transfer** in Gärtank: -Zugabe: Keimfrei in Gärbehälter (Anstellwürze unmittelbar nach

- frei schwimmend ohne Meniskusfehler ablesen (cf. Abb. 11)
- abgelesener Messwert evtl. bez. Temperatur korrigieren (Korrekturwerte z.T. auf Temperaturskala der Bierspindel aufgeführt, sonst cf. Tabelle Abb. 1)

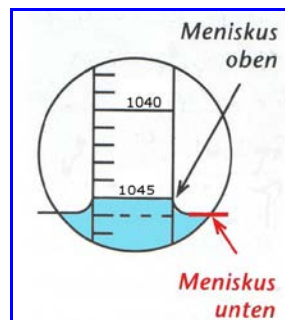


Abb. 11. Meniskusfehler.

In der Regel wird das korrekte Ergebnis am **unteren Rand des Meniskus** abgelesen: SG = 1046 (evtl. Anleitung Bierspindel konsultieren).

Hinweis: exakte Extraktgehaltmesswerte erhält man nur in unvergärter Bierwürze, also noch ohne Alkohol. Ethanol hat ein geringeres spezifisches Gewicht als Wasser und "verfälscht" somit den gemessenen Wert des Zuckergehalts: daher spricht man vom "scheinbaren Extraktgehalt". Der wirkliche Restextraktgehalt ist etwas höher, der wirkliche Vergärungsgrad etwas niedriger als der "scheinbare Vergärungsgrad". Info dazu: [hier](#). [Berechnungen](#).

In der Heimbrau Praxis sind die "scheinbaren Messwerte" i.d.R. völlig ausreichend.

Wenn der Extraktgehalt konstant bleibt, ist die Hauptgärung (Primär-gärung) abgeschlossen und das Bier muss zur Nachgärung (Sekundär-gärung, Flaschengärung) umgefüllt werden!



Abb. 12. Elektronisches Hydrometer zur kontinuierlichen Messung des Extraktgehaltes als SG (specific gravity) und Temperatur (°F/°C) aus dem Gärbehälter.



Beimpfung mit Hefen) transferieren

(z.B. mit einer entkeimten grösseren Pinzette direkt aus dem Entkeimungsgefäss entnehmen und in Gärbehälter werfen)

- **Brewometer-App:** Messwerterfassung Extraktgehalt als SP + Temperatur beginnt unmittelbar nach dem Eintauchen in die Bierwürze.

Zusatzinfos: [Cloud-Datenerfassung](#) (mit Video) [Eichung Batteriewechsel](#) (mit Video) [Brewometer-App](#).



Abb. 13. Entkeimen des TILT-Hydrometers z.B. mit Alkohol (70% Ethanol, 65% Isopropanol).

Teilschritt 6: Gäraktivität als Intensität der CO₂-Gasproduktion.

Die alkoholische Gärung oder Fermentation läuft stark vereinfacht nach der folgenden chemischen Summgleichung ab:



Das Endprodukt Kohlenstoffdioxid CO₂ entweicht aus dem Gäransatz meist über eine Gärglocke und kann so relativ leicht als Indikator einer aktiven Gärung betrachtet werden. Die Erfassung der zeitlichen Intensität der CO₂-Abgabe kann z.B. wie folgt erfasst werden:

I. Verfahren: Beobachtung des Anhebens des Gärspundstopfens bzw. Blasendurchgang in Gärröhrchen

Die Duplex Gärglocke von Speidel (syn. Gärspund, [Info](#)) ist für eine hygienische Vergärung ideal, denn er verhindert zuverlässig und gut sichtbar das Eindringen von Mikroorganismen wie Bakterien oder unerwünschten Hefen sowie Verunreinigungen in den Gäransatz (Anstellwürze). Ausserdem kann der Gärverlauf sehr gut optisch kontrolliert und das Ende der Gärung sicher festgestellt werden. Der Gärspund erlaubt ein Einfüllen von Wasser als Sperre. Wenn man mikrobiologisch ganz sichergehen will, wird anstelle von Wasser Schweflige Säure H₂SO₃ als Sperrflüssigkeit verwendet. Dann haben Mikroben aller Art absolut keine Chance mehr.

Beobachtung an Gärglocke bzw. Gärröhrchen:

- **Gärglocke:** Der Gärungsablauf bzw. die Gärungsintensität als Funktion der CO₂-Gasbildung kann zuverlässig am/an
 - ▶ sichtbaren Anheben des Stopfens
 - ▶ Ton des Blubbers
 - ▶ Anzahl Blops pro Zeiteinheit während verschiedener Gärphasen (vgl. Abb. 3) verfolgt werden[Info](#), [Video](#), [Video](#).

- **Gärröhrchen:** der Gärungsverlauf wird ebenfalls sichtbar an der
 - ▶ Trübung des Kalkwassers (cf. Abb. 14AB)
 - ▶ Anzahl der durchtretenden Gasblasen pro Zeiteinheit zu verschiedenen Zeitabschnitten während der Gärung (vgl. Phasen der Gärung, Abb. 3).

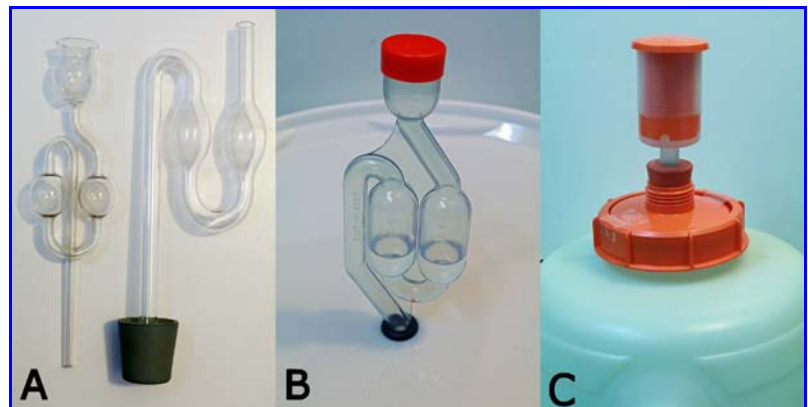


Abb. 14. Verschiedene Gärspunde.

A: Klassische Gärröhrchen aus Glas, Kammern gefüllt mit CO₂-absorbierendem "Kalkwasser" (= Calciumhydroxidlösung Ca(OH)₂). Reaktion mit CO₂:
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + 2 \text{H}_2\text{O}$ Kalk fällt aus und trübt das zunächst glasklare Kalkwasser.

B: Gärröhrchen, gefüllt mit Ca(OH)₂ ([Info](#)) auf Gäreimer. **C:** Gärglocke Speidel: der Stopfen bewegt sich jeweils, wenn CO₂ hindurch blubbert (→ Blops).

2. Verfahren: elektronische Registrierung und Dokumentation mit dem GÄRSPUNDMobil^{SPEIDEL}



Nicht nur der Brauprozess, auch der Gärvorgang kann aus der Distanz überwacht werden. Der GÄRSPUNDMobil misst die Gärtätigkeit über die Anzahl der CO₂-Gasblops des Gärspunds (als Anzahl Hübe des orangenen Stopfens) sowie die Temperatur und sendet diese Daten per WLAN an sein Kundenportal in myspeidel.com. Über diese Gär- und Temperaturkurven kann die Gärung kontinuierlich (Messwertaufnahme alle 15 min) überwacht und analysiert werden. Der voraussichtliche Abfüllungszeitpunkt zur Nachgärung in Flaschen oder anderen Behältern lässt sich auf diese Weise ebenfalls besser voraussagen und planen (vgl. Abb. 16,19).

([Info](#), [Video](#)), [Manual](#): siehe Betriebsanleitung GÄRSPUNDMobil DE).



Abb. 15. GÄRSPUNDMobil von Speidel zur kontinuierlichen Registrierung der Temperatur und der CO₂-Blops pro Zeiteinheit als Mass der Gärintensität.

1: Speidel PE-Gärfassverschraubung. 2: Stopfen zur Gärglockendurchführung. 3: Gärglocke, bis zur Marke mit Sperrflüssigkeit (Wasser oder Schwefliger Säure) gefüllt. 4: beweglicher Stopfen der Gärglocke, mit aufgesetztem Magnet. 5: Gärspundmobil-Einheit, auf Gärglocke angeklebt. 6: Durchführung für Temperatursonde (weisses Kabel, vorne mit Temperatursensor) in Gärbehälter. 7: USB-Stromkabel.

Vorgehen:

- **Montage:** Die Montage des GÄRSPUNDMobil an den Speidel-Gärspund sowie die notwendige Konfiguration vom Kundenportal MySpeidel ist im PDF-Manual beschrieben.

Wichtig: Die Durchführung des Temperatursensorkabels (Abb. 15:6) muss absolut gasdicht sein → evtl. zwischen Kabel und Gummistopfen mit Silikon zusätzlich abdichten!

- **Befestigung GÄRSPUNDMobil-Einheit:** nach dem Anstellen der Anstellwürze mit den Hefen (cf. Braulabor 19, 20, 21) muss die ganze GÄRSPUNDMobil-Einheit (Elemente 1-6) möglichst keimfrei auf den Gärbehälter (optimal Speidel Gärfass 30 L, [Info](#)) befestigt und absolut dicht aufgeschraubt werden.

Dazu können alle Elemente inkl. Inneres der Gärglocke und Durchführung durch Gummistopfen 2 mit einer Desinfektionslösung besprüht und mit einer ebenfalls behandelten Alufolie bis zum Einsatz umwickelt und gelagert werden.

- **Flüssigkeitssperre:** zwischen Gärglocke und Stopfen wird nun sorgfältig eine Sperrflüssigkeit eingefüllt, entweder abgekochtes Wasser oder - besser - Schweflige Säure H₂SO₃. Vorsicht: H₂SO₃-Dämpfe nicht einatmen!

- **Gärung aufzeichnen:** mittels dem aktiven Account www.myspeidel.com

▶ Temperatur im Gärbehälter

▶ Anzahl der Gasblops

→ **Schlussfolgerungen:**

▶ Stärke/Intensität der Gärung

▶ Zusammenhänge zwischen Gärung und Temperatur

▶ Anfang/ Ende der Gärung

▶ Abfüllzeitpunkte

▶ Gärkurven mit besonders gutem Bierergebnis

Abb. 16. Gär- und Temperaturkurven des GÄRSPUNDMobil: ----- Temperatur
----- Blops



Teilschritt 4+5+6: Kombination von Temperaturregelung, Extraktgehalts- und Gäraktivitätsbestimmung in einem Ansatz



Ideal ist natürlich die Kombination von Temperaturmessung und Temperaturregelung (mit BrewJacket, Abb. 19), kontinuierlicher Extraktbestimmung im Gärfass (= Abbau der Zuckerarten durch Vergärung, mit TILT-Hydrometer, Abb. 20) und die Verfolgung der Gärintensität anhand eines Stoffwechselproduktes der alkoholischen Gärung, nämlich der CO₂-Gasproduktion (mit GÄRSPUNDMobil Speidel, Abb. 19).

Die einzelnen Verfahren dazu sind oben beschrieben, bei diesem Kombinationsansatz spielt sich alles im gleichen Gärbehälter ab, d.h. alle Durchführungen z.B. für Temperatursonde, Gasabfuhr und Heizung/Kühlung müssen in der gleichen Gärfassverschraubung Platz finden. Mit dem Speidel 30-Liter-Gärfass und der passenden Gärfassverschraubung, modifiziert durch zusätzliche Bohrungen/Durchführungen in den PE-Kunststoff ist das relativ einfach möglich (cf. Abb. 17, 18).



Abb. 17. Gärprozess unter der Lupe.

1 Temperatur: BrewJacket misst und regelt die Temperatur der Gärwürze im 30-L-Gärtank; der Gärfass wird umhüllt von der zugehörigen schwarzen BJ-Isolationsjacke.

2 Extraktionsgehalt: Im Innern des Gärfasses schwimmt der elektronische drahtlose TILT-Hydrometer und misst kontinuierlich Temperatur sowie Extraktionsgehalt und sendet die Daten auf ein Handy-/iPad-App und ins Internet (Abb. 20).

3 Gärintensität CO₂-Gasblops: Der GÄRSPUNDMobil misst die Anzahl Gasblops pro Zeiteinheit sowie die Temperatur und sendet die Daten ins Internet auf ein Kundenportal (Abb. 19).

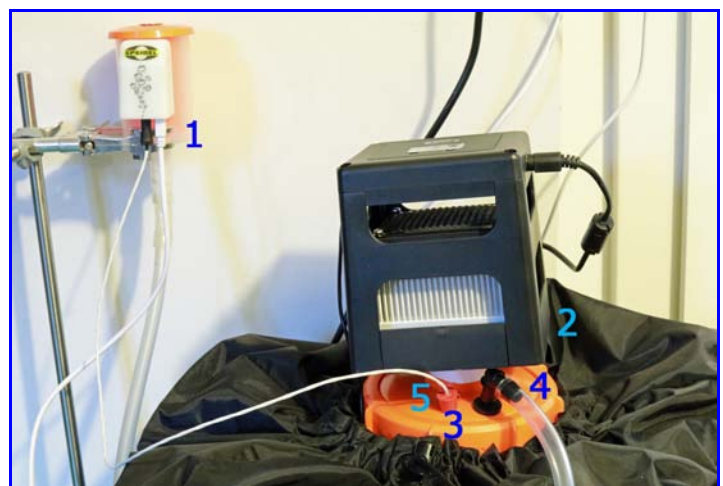


Abb. 18. Die Gärfassverschraubung muss gasdicht und keimsicher sein.

1: GÄRSPUNDMobil mit abführendem Temperatursensorkabel (links, weiss) und Zufuhr von CO₂-Gärgas (dicker PVC-Schlauch 4).

2: BrewJacket-Steuerkopf mit Heiz-/Kühlfingerdurchführung ins Gärfass durch grosse Durchbohrung 5 in der Gärfassverschraubung.

3: Durchbohrung für Temperatursensor vom GÄRSPUNDMobil.

4: Durchbohrung für CO₂-Gasaustritt zum GÄRSPUNDMobil.

5: Hauptdurchbohrung für BrewJacket-Heiz-/Kühlstab, Durchführung mittels Gummimanschette (weiss).

Wichtig: sämtliche in den Gärbehälter ragende Temperatursonden, BrewJacket-Heiz-/Kühlsonde, TILT-Hydrometer sowie Gasdurchführungen müssen möglichst keimfrei sein!

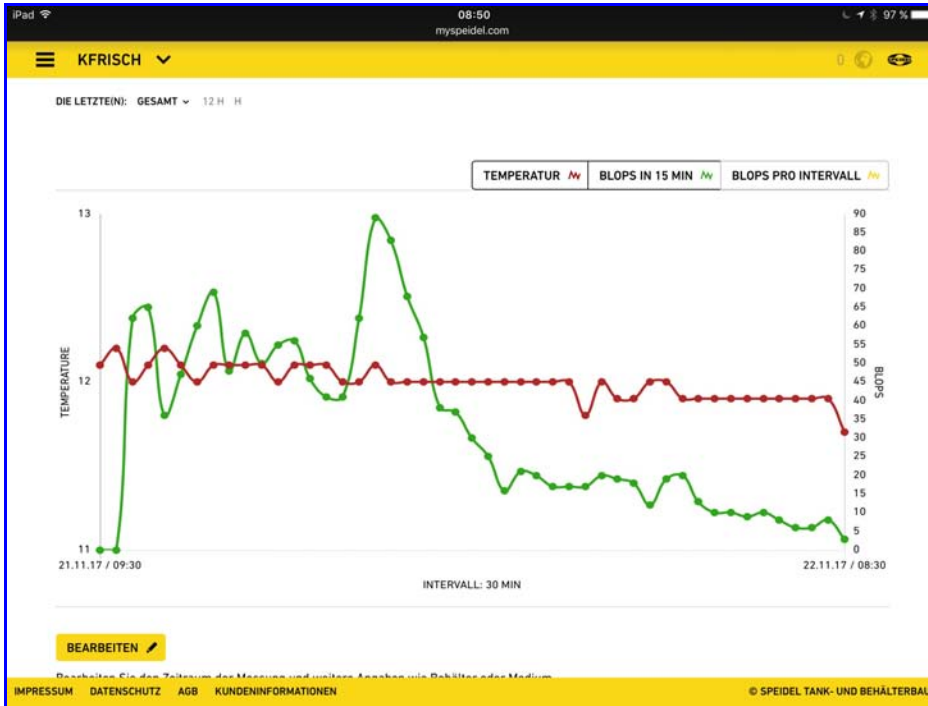


Abb. 19. Printscreen einer Gärung (Lagerbier) - Verlauf während 24 h, aufgezeichnet mit dem GÄRSPUNDMobil von Speidel.

Rot: Temperaturverlauf im Gärbehälter, geregelt durch BrewJacket.

Grün: CO₂-Entwicklung erreicht Maximum nach ca. 24 h (die Gärung wurde am Vortag um ca. 20 h durch Zugabe der Anstellhefen gestartet).

The screenshot shows a Google Docs report titled 'Bohemian Lager (YELLOW TILT)'. It features a summary table on the left and a main data table on the right. The summary table includes:

- Current: 1.010
- Ferm. Rate (per day): -0.0035
- Duration (days): 8.970
- High: 1.044
- Low: 1.010
- Temp (°F) Current: 54.0, Average: 55.0, High: 57.8, Low: 54.0
- Calculations: Apparent Attenuation: 77.28%, ABV: 4.47%

The main data table has columns for Timepoint, SG, Temp (°F), Color, and Beer. The data points are as follows:

Timepoint	SG	Temp (°F)	Color	Beer
11/26/2017 22:15:19	1.010	54.0	YELLOW	Bohemian Lager
11/26/2017 22:14:49	1.010	54.0	YELLOW	Bohemian Lager
11/22/2017 8:42:42	1.017	54.0	YELLOW	Bohemian Lager
11/21/2017 8:55:26	1.022	55.0	YELLOW	Bohemian Lager
11/20/2017 13:49:21	1.030	55.0	YELLOW	Bohemian Lager
11/20/2017 13:48:09	1.030	55.0	YELLOW	Bohemian Lager
11/20/2017 13:45:45	1.031	55.0	YELLOW	Bohemian Lager
11/17/2017 22:58:34	1.045	58.0	YELLOW	Bohemian Lager

Abb. 20. Printscreen vom TILT-Hydrometer während einer Gärung (Lagerbier).

Start der Gärung war am 17.11.2017 mit einer OG/P von 1.045/11.5. Die TILT-Messwerte wurden unregelmässig abgelesen bzw. in die Cloud geschickt.