

Maximieren der Füllgeschwindigkeit

Hintergrund

Die Geschwindigkeit, mit der sich das Bier abfüllen lässt, hängt hauptsächlich von zwei verschiedenen Faktoren ab: dem Druck und der Temperatur.

Während des Gärprozesses entsteht CO₂, welches bis zu einer gewissen Menge im Bier aufgenommen werden kann. Ist die maximale Aufnahmemenge erreicht, wird es – bildlich gesprochen – eng im Gärtank. Das überschüssige CO₂ kann nicht entweichen, der Druck im Tank steigt an. Umgekehrt bedeutet das, dass das Bier gezwungen wird noch mehr CO₂ aufzunehmen, wenn man von außen zusätzlich einen CO₂-Druck beaufschlagt.

Die maximale Aufnahmemenge wird maßgeblich von der Temperatur bestimmt.

Davon ausgehend, dass der CO₂-Gehalt einen festen Wert haben soll, bedingen sich Temperatur und Druck wie folgt:

Temperatur [°C]	Druck [bar]
5	0,9
10	1,2
15	1,6
20	2
25	2,5

Tabelle 1: Spundungstabelle für einen CO₂-Gehalt von 5g/l

Es ist deutlich zu erkennen, dass der benötigte Druck für einen konstanten CO₂-Gehalt mit steigender Temperatur ebenfalls steigt.

$$P = \frac{C}{10e^{-10,73797 + \frac{2617,25}{T+273,15}}} - 1,013$$

P = Spundungsdruck [bar]

C = CO₂-Gehalt [g/l]

T = Temperatur [°C]

Formel 1: Berechnung des Spundungsdrucks

Das Abfüllen

Beim Abfüllen kommt es jetzt dazu, dass das Bier entweder schon im Schlauch oder beim Abfüllen in der Flasche schäumt – ein Zeichen dafür, dass CO₂ entweicht. Auch hier spielen die Faktoren Druck und Temperatur eine wichtige Rolle, zusätzlich aber auch der Weg, den das Bier im Schlauch zurücklegen muss und die Abmessungen des Schlauchs.

Zum Schlauch kann man sich grundsätzlich merken: je kürzer und dicker, desto besser.

Mit dem Weg, den das Bier vom Tank bis zum Abfüller zurücklegen muss, geht stetig ein wenig Druck verloren; das CO₂ wird nicht mehr gebunden, es löst sich und es kommt zu einer Schaumbildung. Um diese Schaumbildung zu verhindern, muss man den Druck im Tank während des Abfüllprozesses erhöhen. Werk II empfiehlt einen Druckunterschied von +1bar zum Spundungsdruck.

An dieser Stelle kommt die Temperatur wieder ins Spiel: Hat das Bier eine relativ hohe Temperatur, benötigt man einen entsprechend hohen Druck, um die gewünschte Menge CO₂ zu binden. Will man nun mit einer Gasflasche CO₂ zusätzlich beaufschlagen, kann man dies nur bis zu einem gewissen Wert, den der Druckminderer vorgibt, realisieren; des Weiteren haben Gärtanks ein Überdruckventil, das bei zu hohem Druck öffnet und CO₂ entweichen lässt.

Ein Beispiel: Es wird ein CO₂-Gehalt von 5g/l gewünscht, die Temperatur beträgt 20°C und das Überdruckventil am Gärtank beträgt 2,2bar (vgl. Gärtank Werk II). Laut **Tabelle 1** wäre hierfür ein Spundungsdruck von 2bar nötig, zum Abfüllen muss dieser Druck um 1bar erhöht werden. Es müsste also im Tank ein Druck von 3bar herrschen, um den Druckverlust während des Abfüllens auszugleichen, was jedoch nicht realisiert werden kann, da das Überdruckventil bei 2,2bar schon öffnet.

Dieses Problem kann sehr einfach gelöst werden, indem die Temperatur gesenkt wird. Bei 5°C z.B. läge der benötigte Spundungsdruck nur noch bei 0,9bar, der Abfülldruck demnach bei 1,9bar.

Maximieren der Füllgeschwindigkeit

- Für eine niedrige Temperatur im Gärtank oder KEG sorgen
 - Das ermöglicht einen niedrigen Spundungsdruck und somit einen größeren Spielraum bei der Druckbeaufschlagung zum Abfüllen
 - Spundungstabellen bieten eine gute Grundlage
- Bierschläuche möglichst dick wählen und für möglichst kurze Wege sorgen
 - Empfehlung Werk II: Durchmesser ca. 10mm
- Feststoffe am Boden des Gärtanks ablassen
 - Verunreinigungen im Schlauch führen zu Verstopfung und vorzeitiger Schaumbildung
- Zum Abfüllen Druck erhöhen
 - Werk II empfiehlt ca. 1bar über dem Spundungsdruck, der Abfülldruck sollte jedoch individuell angepasst werden
- Füllgeschwindigkeit einstellen, bis die Schaumbildung ausbleibt
 - Aufgrund der Eigentemperatur der verschiedenen Maschinenteile kann es bei den ersten Flaschen trotzdem zu einer Schaumbildung kommen, bis sich diese durch das durchfließende Bier ebenfalls abgekühlt haben.



So ergibt sich die maximale Füllgeschwindigkeit, die aber immer von den äußeren Bedingungen und dem abzufüllenden Bier abhängig ist.

Quellen:

http://braukaiser.com/wiki/index.php/Carbonation_Tables
<https://braureka.de/berechnungen/spundung/>
http://braukaiser.com/documents/CO2_content_metric.pdf