

Alles im Blick? Dry Hopping und die chemisch-physikalischen Eigenschaften von Bier

QUALITÄT SICHERN | Dry Hopping ist in der Bierherstellung zu einer essenziellen Technik geworden, um das Aroma eines Bieres zu prägen und ausdrucksstarke, typische Bierstile herzustellen. Dieser Auszug einer umfangreichen Forschungsarbeit gibt einen Einblick, welche chemisch-physikalischen Veränderungen mit dem Hopfenstopfen einhergehen.

WÄHREND BEIM Dry Hopping vorrangig das Aroma eines Bieres beeinflusst werden soll, wird weiteren damit einhergehenden Veränderungen, wie z. B. die der Bitterstoffzusammensetzung [1, 2], des pH-Werts [3-5], des Extrakt- und Alkoholgehaltes [6] oder auch der Schaumhaltbarkeit [7-9], wenig Beachtung geschenkt. Je nach Dosierung und Intensität der Hopfung im Kaltbereich können jedoch zum Teil deutliche Abweichungen im Vergleich zum Bier vor dem Dry Hopping eintreten. Nicht nur optische Qualitätsmerkmale, wie z. B. die Schaumstabilität, die unmittelbar für den Konsumenten erkennbar ist, sollten daher neben den sensorischen Merkmalen im Fokus der Herstellung stehen. Veränderungen des Alkoholgehaltes oder des pH-Wertes können direkten Einfluss auf die Deklaration des Bieres bzw. dessen mikrobiologische Stabilität haben. In dieser Arbeit wurde der Einfluss des Dry Hoppings auf die chemisch-

physikalischen Eigenschaften des Bieres untersucht. Zur besseren Lesbarkeit sind die Ergebnisse in den Abbildungen inklusive Trendlinie dargestellt.

■ Brauversuche

Um den Einfluss auf ausgewählte Biermerkmale nach dem Dry Hopping zu untersuchen, wurde in der Versuchsbrauerei der Simon H. Steiner, Hopfen, GmbH (Hopsteiner), Mainburg, ein Basisbier (Pale Ale) im 6-hl-Maßstab hergestellt. Nach der Hauptgärung bei 18 °C mit dem Hefestamm TUM 540 erfolgten alle Versuche unter standardisierten Bedingungen im Dreifachansatz. Das identische Basisbier wurde auf 20-l-NC-Kegs aufgeteilt und mit Pellets Typ 90 der Sorte US Cascade in ansteigenden Mengen bis zu 1500 g/hl für eine Woche statisch kaltgehopft. Im Anschluss wurde der Hopfen entfernt und das resultierende Bier bei 2 °C für weitere zwei Wochen vor dessen

Untersuchung gelagert. Die analytischen Daten der eingesetzten Hopfenpellets sind in Tabelle 1 aufgeführt.

■ Verhalten der Bitterstoffe

Die Konzentration an α -Säuren, iso- α -Säuren und die Humulinone im Bier wurden mittels HPLC gemäß der Methode Analytica-EBC 9.47 (modifiziert) analysiert, die Bittereinheiten (BE) gemäß Analytica-EBC 9.8 [10]. Abbildung 1 zeigt die Analysenergebnisse bezogen auf die Dosage an Pellets Typ 90 im Kaltbereich.

Erwartungsgemäß steigen die α -Säuren wie auch die Humulinone mit der dosierten Hopfenmenge an, wohingegen die iso- α -Säuren stetig abnehmen. Hierbei fällt auf, dass der Verlust umso größer ist, je geringer die eingesetzte Menge an Hopfenpellets war. Bereits bei einer Gabe von 250 g/hl fällt die Ausgangskonzentration von 54,0 mg/l auf 48,2 mg/l, also um etwas mehr als zehn Prozent ab. Bei der sechsfach höheren Pelletmenge von letztlich 1500 g/hl verbleiben noch 61 Prozent der ursprünglichen Konzentration an iso- α -Säuren im hopfengestopften Bier. Im Mittel verringert sich in dieser Versuchsreihe der iso- α -Säuregehalt um 2,3 mg/l je 100 g/hl eingesetzter Pellets. Basierend auf den Gehalten an α -Säuren bzw. Humulinonen in den Pellets zeigten sich für Letztere erwartungsgemäß deutliche Zunahmen (im Durchschnitt 1,0 mg/l

ANALYSE DER HOPFENPELLETS

	Methode [10]	Pellets Typ 90
Sorte (Erntejahr)		US Cascade (2016)
α -Säuren	EBC 7.7*	5,0%
Humulinone	EBC 7.7*	0,3%

* Verwendung der aktuellen internationalen Standards zur Kalibrierung

Tab. 1

Autoren: Sandro Cocuzza, Frank Peifer, Simon H. Steiner, Hopfen, GmbH, Mainburg; Dr. Martin Zarnkow, Prof. Fritz Jacob, Forschungszentrum Weihenstephan für Brau- und Lebensmittelqualität, Freising

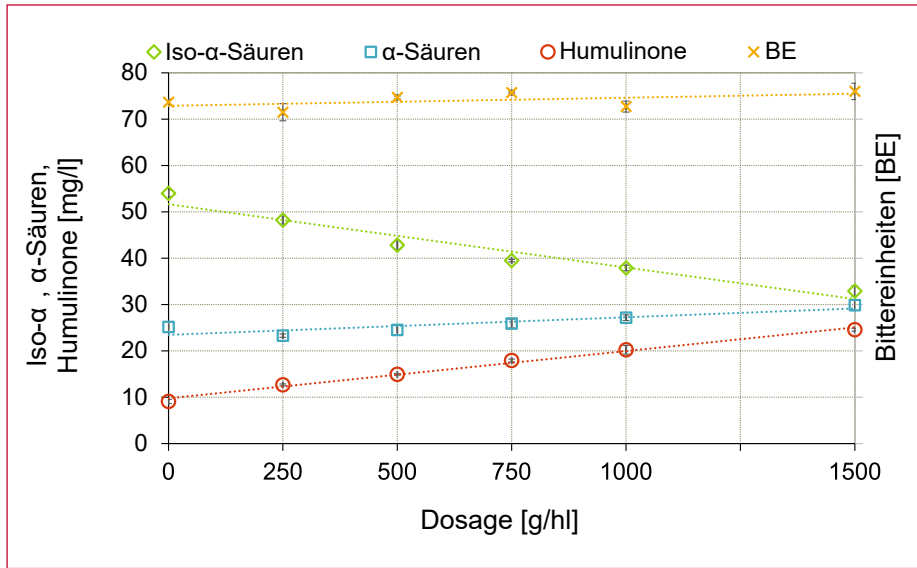


Abb. 1 Bitterstoffe und BE nach Dry Hopping

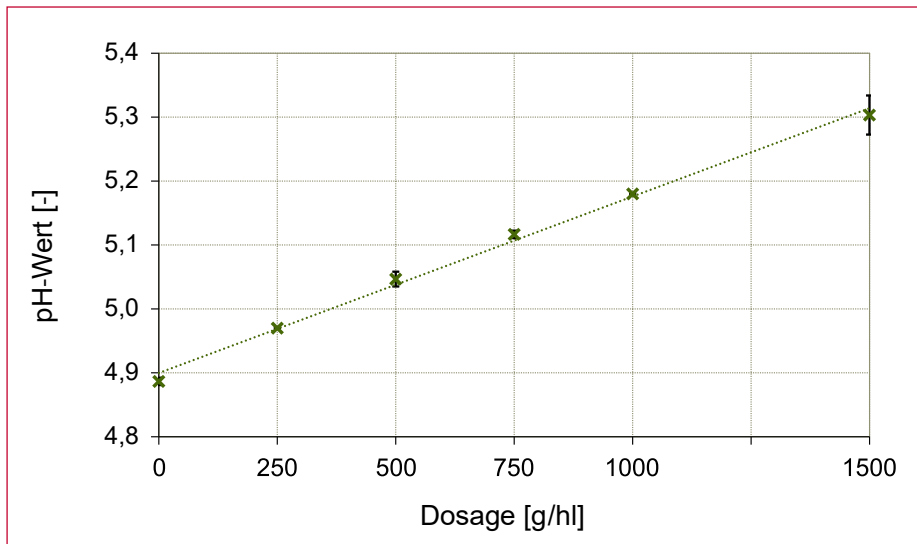


Abb. 2 pH-Wert nach Dry Hopping

je 100g/hl P90), wohingegen sich weniger als zehn Prozent der schlecht löslichen α-Säure im Bier wiederfinden. In weiterführenden Versuchen dieser Arbeit konnte der Verlust an iso-α-Säuren mit dem nach der Hauptgärung abgeschiedenen Pflanzenmaterial der Hopfenpellets in Verbindung gebracht werden [11]. Die Bittereinheiten variierten in dieser Versuchsreihe kaum (71,5 - 76,0 BE) und lassen keinen eindeutigen Trend erkennen, wenngleich andere Arbeiten einen Anstieg hätten erwarten lassen. Es ist bekannt, dass weitere Bitterstoffe wie α-Säuren oder auch Humulinone bei der Bestimmung der Bittereinheiten teilweise miterfasst werden und so die Abnahme der iso-α-Säuren zumindest teilweise analytisch kompensieren [1, 2]. Obwohl hier keine eindeutige Erklärung für die rela-

tiv gleichbleibenden Bittereinheiten geliefert werden kann, wird dennoch deutlich, dass die BE-Analytik qualitativ keine Aussage über das Bitterstoffspektrum in kaltgehopften Bieren zulässt.

Dry Hopping und pH-Wert

Der Einfluss des Dry Hoppings auf den pH-Wert des Bieres ist nach Mebak 2.13 [12] in Abbildung 2 dargestellt.

Trotz eines verhältnismäßig hohen pH-Wertes des nicht kaltgehopften Ausgangsbieres zeigt sich ein nahezu linearer Anstieg mit zunehmender Hopfengabe im Kaltbereich. Im Mittel beträgt dieser 0,03 pH-Einheiten je 100 g/hl eingebrachter Hopfenpellets. Dieser Verlauf bestätigt damit auch andere Forschungsarbeiten, in denen ebenfalls Anstiege des pH-Wertes in

ähnlichen Größenordnungen festgestellt werden konnten [3-5]. Da laut Brenner et al. [13] ein höherer pH-Wert die Qualität der Bierbittere negativ beeinflusst (harsch, nachhängend), sollte diese Veränderung bei der Herstellung kaltgehopfter Biere berücksichtigt werden. Weiterhin kann sich ein höherer pH-Wert ungünstig auf die mikrobiologische Stabilität des Bieres auswirken [14]. Auch hier konnte in den weiteren Versuchen dieser Arbeit das eingebrachte Pflanzenmaterial für einen Teil dieses Anstiegs verantwortlich gemacht werden [11].

Extrakt- und Alkoholgehalt

Die gute Löslichkeit verschiedenster Substanzen des Hopfens lassen den wirklichen Extraktgehalt des Bieres nach dem Dry Hopping ansteigen (s. Abb. 3). Hopfenseitig werden darüber hinaus hydrolysierende Enzyme eingebracht, die zum sogenannten „Hop Creep-Effekt“ führen können [15]. Hierbei werden Bierdextrine enzymatisch gespalten und Substrate gebildet, die von der Hefe weiter verstoffwechselt werden können [6]. In der Folge kann so nach dem Hopfenstopfen unter Umständen nochmals Alkohol und CO₂ gebildet werden. Ob und wieviel, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab, z. B. von der eingesetzten Hopfensorte bzw. -charge, von der Aktivität und Vitalität der Hefe, der Zellzahl oder auch der eingesetzten Pelletmenge. Ebenso lässt sich diese weitere Verwertung an vergärbaren Substraten über die Temperatur steuern. In den hier beschriebenen Versuchen ist das nahezu endvergorene, bei 2 °C gelagerte Bier kaltgehopft worden, wodurch Hefe- oder Enzymaktivität nahezu ausgeschlossen werden können. Entsprechend gering ist der in Abbildung 3 dargestellte Anstieg an Alkohol, vor allem mit Hinblick auf den deutlichen Anstieg des wirklichen Extraktgehaltes.

Bei der Herstellung kaltgehopfter Biere mit Flaschengärung ist besondere Vorsicht geboten. Bei Nichtbeachtung des oben genannten Effektes können Probleme wie zu hoher Flaschendruck und als Folge eine höhere Gushing-Neigung nicht ausgeschlossen werden. Im schlimmsten Fall besteht für den Konsumenten ein Verletzungsrisiko durch Bombage des Gebindes.

Bierschaum

Die Schaumstabilität aller Biere dieser Versuchsreihe wurde mit zwei unterschiedlichen Schaummessmethoden untersucht.

Die Messungen erfolgten nach NIBEM gemäß Mebak 2.18.2 und mittels Steinfurth Foam Stability Tester gemäß Mebak 2.18.4 [12]. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4 aufgezeigt.

Aus aktuellen Veröffentlichungen geht nicht klar hervor, welchen Einfluss das Hopfenstopfen auf die Schaumstabilität hat. Sowohl eine Verschlechterung als auch eine Verbesserung der Schaumstabilität lässt sich nach dem Hopfenstopfen beobachten [7-9]. In dieser Versuchsreihe ist mit beiden Methoden eine abnehmende Tendenz zu erkennen, wenngleich die Kennzahlen selbst bei einer extremen Hopfengabe von 1500 g/hl immer noch auf gute Schaumstabilitäten hinweisen. Im Durchschnitt verringerte sich je 100 g/hl eingesetzter Pellets die Stabilität nach NIBEM um 10,8 Sekunden, die Half Life Time nach Steinfurth um 1,2 Sekunden.

Zusammenfassung

Das Dry Hopping verändert einige chemisch-physikalische Eigenschaften des Bieres. Bei der Bitterstoffzusammensetzung ist mit einer Abnahme der iso- α -Säuren zu rechnen, wohingegen Humulinone und α -Säuren ansteigen. Beide Veränderungen wirken sich unterschiedlich auf die analytische Bestimmung der Bittereinheiten aus. Neben Verschiebungen in der Bitterstoffzusammensetzung sind es vor allem der ansteigende pH-Wert und gegebenenfalls ein höherer Alkohol- bzw. CO₂-Gehalt, denen besondere Beachtung in der Herstellung geschenkt werden müssen. Letztere können zu Reklamationen führen und die Sicherheit des Konsumenten beeinträchtigen. Weitere Ergebnisse dieser Forschungsarbeit (z. B. der Einfluss des Pflanzenmaterials des Hopfens) finden Sie im Archiv der Brewing-Science [11].

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt Alexander Stallforth, der im Rahmen seines Studienabschlusses diese Versuche mit der nötigen Sorgfalt und Tiefe bearbeitet hat.

Literatur

1. Parkin, E.; Shellhammer, T.: „Toward Understanding the Bitterness of Dry-Hopped Beer“; Journal of the American Society of Brewing Chemists 75 (4), 2017, S. 363-368.
2. Maye, J. P.; Smith, R.: „Dry Hopping and Its Effects on the International Bitter-

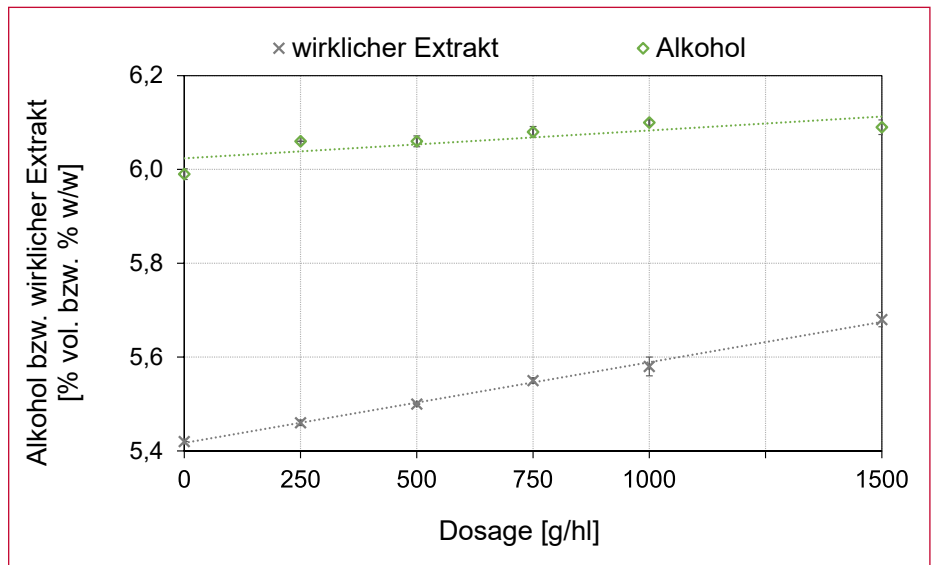


Abb. 3 Extrakt- und Alkoholgehalt gemäß Mebak 2.9.6.3 [12] nach Dry Hopping

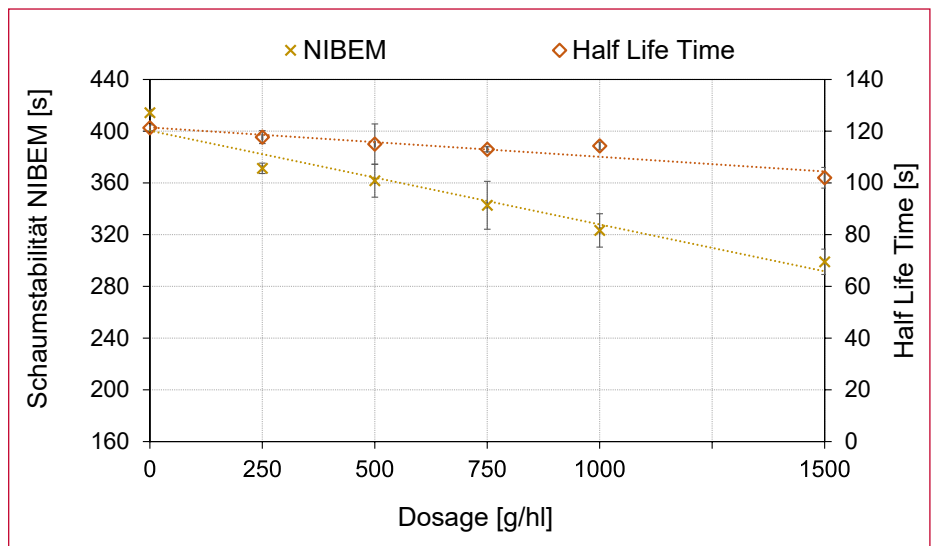


Abb. 4 Schaumstabilität nach Dry Hopping

- ness Unit Test and Beer Bitterness“; Master Brewers Association of the Americas, 53, Nr. 3, 2016, S. 134-136.
3. Lafontaine, S.; Shellhammer, T.: „Impact of static dry-hopping rate on the sensory and analytical profiles of beer“, Journal of the Institute of Brewing, 124, Nr. 4, 2018, S. 434-442.
4. Maye, J. P.; Smith, R.; Leker, J. S.: „Humulinone Formation in Hops and Hop Pellets and Its Implications for Dry Hopped Beers“, Master Brewers Association of the Americas, 53, Nr. 1, 2016, S. 23-27.
5. Oladokun, O.; James, S.; Cowley, T.; Smart, K.; Hort, J.; Cook, D.: „Dry-hopping: The Effects of Temperature and Hop Variety on the Bittering Profiles and Properties of Resultant Beers“, Bre-

- wingScience Bd. 70, Nr. 11/12, 2017, S. 187-196.
6. Kirkpatrick, K. R.; Shellhammer, T. H.: „Evidence of Dextrin Hydrolyzing Enzymes in Cascade Hops (Humulus lupulus)“, J. Agric. Food Chem. 66 (34), 2018, S. 9121-9126.
7. Maye, J. P.; Smith, R.; Leker, J.: „Dry Hopping and Its Effect on Beer Foam“; BRAUWELT International Nr. 2, 2018, S. 93-95.
8. Kaltner, D.; Forster, C.; Fliether, M.; Nielsen, T. P.: „Einfluss von Dry Hopping auf drei verschiedene Biersorten“; BRAUWELT Nr. 40, 2013, S. 1268-1272.
9. Reichlmayr-Lais, A. M.; Steinhaus, M.; Methner, E.-J.; Seewald, T.: „Schlüsselaromastoffe der neuen deutschen Hopfensorten Hallertau Blanc, Hüll Melon,

- Mandarina Bavaria und Polaris und ihr Einfluss auf das Aroma hopfenbetonter Biere in Abhängigkeit von der Technologie der Hopfengabe“; AiF 18069 N – Schlussbericht, 2017.
10. o.V.: Analytica- EBC, Hrsg. European Brewery Convention, <https://brewup.eu/ebc-analytica> (abgerufen 19.5.2020).
 11. Cocuzza, S.; Zarnkow, M.; Stallforth A.; Peifer, F.; Jacob, E.: „The impact of dry hopping on selected physical and chemical attributes of beer“; *Brewing Science*, Bd. 72, 2019, S. 118-124.
 12. o.V.: Wort, Beer and Beer-based Beverages (WBBM); Hrsg.: Mebak, 2013, <https://www.mebak.org/en/the-mebak-collection-of-brewing-analysis-methods/mebak-wort-beer-and-beer-based-beverages.html> (abgerufen 19.5.2020).
 13. Brenner, M. W.; Vigilante, C.; Owades, J. L.: „A Study of Hop Bitters (Isohumulones) in Beer“; *Proceedings of the American Society of Brewing Chemists* 14, 1956, S. 48-61.
 14. Simpson, W. J.: „Studies on the sensitivity of lactic acid bacteria to the hop bitter acids“, *Journal of the Institute of Brewing*, 99, Nr.5, 1993, S. 405-411.
 15. Kirkpatrick, K. R.; Shellhammer, T. H.: „A Cultivar-Based Screening of Hops for Dextrin Degrading Enzymatic Potential“; *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, Bd. 76, 2019, S. 247-256.