

Die Kalthopfung – Untersuchung verschiedener Parameter

Auswirkungen durch die Art der Einbringung

In Ergänzung zur Publikation „Wiederbelebung der Kalthopfung“ [1] in der diesjährigen April-Ausgabe der BRAUINDUSTRIE werden in diesem Artikel verschiedene Parameter bei der Kalthopfung bzw. beim Hopfenstopfen vorgestellt. Diese umfassen Dosagemenge, Temperatur, Art der Dosage und Kontaktzeit und wurden im Labor- und Pilotmaßstab durchgeführt.

Analytik

Sämtliche Hopfenanalysen wurden im Hopsteiner-HHV-Labor durchgeführt, wobei die Methoden Konduktometerwert nach EBC 7.5, HPLC gemäß EBC 7.7 (Standard ICE 3) und für die Aromastoffe die EBC-Methoden 7.10 und 7.12 zum Einsatz kamen.

Die Bestimmung des Myrcen-Gehaltes im Bier erfolgte am Forschungszentrum Weihenstephan für Brau- und Lebensmittelqualität nach der Methode MEBAK III 1.4, die übrigen Bieranalysen erfolgten im eigenen Labor. Die Alpha-Säurebestimmung im Bier nach HPLC basiert auf einer hausinternen Methode unter Verwendung des Eichstandards ICE 3. Auch die Analyse des Linalool-Gehaltes mittels Gaschromatografen ist eine hausinterne Methode.

Versuche zum Hopfenstopfen in Kegs

Erste Versuche zum Hopfenstopfen konnten auf einfache Weise durch Vorlage von Hopfen in Kegs bewerkstelligt werden. In erster Linie sollten dabei Veränderungen von Aroma und Geschmack im Bier verfolgt werden, gleichzeitig konnten aber auch Erkenntnisse zum Lösungsverhalten der wichtigsten hopfenrelevanten Inhaltsstoffe gewonnen werden.

In der ersten Versuchsreihe, deren sensorische Ergebnisse bereits publiziert wurden, sind geringe Mengen (50 Gramm Pellets Typ 90 je hl) nach der Hauptgärung vorgelegt worden. Nach einer Kontaktzeit von zwei Wochen wurde das fertige Bier filtriert [2, 3]. Die Zunahme an Alpha-Säuren und den Aromastoffen Myrcen und Linalool sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Nicht erwähnt sind die Iso-Alpha-Säuren, die praktisch keine Veränderungen erfahren, da diese über die Hopfen auch nicht dosiert wurden. Allerdings nehmen die Alpha-Säuren im Durchschnitt um 3,7 mg pro Liter zu, was aber aufgrund ihrer schlechten Löslichkeit in Bier nur einer Ausbeute von 6 Prozent entspricht.

Tabelle 1: Zunahmen nach dem Hopfenstopfen

Hopfensorte	Alphasäure mg/l	Myrcen µg/l	Linalool µg/l
DE Magnum	2,6	9,0	12,1
DE Herkules	5,9	20,0	12,6
US Apollo	6,6	28,0	21,2
US Bravo	0,6	4,0	27,4
US Calypso	3,2	13,0	20,6
US Delta	1,6	1,0	25,4
NZ Nelson Sauvin	5,4	29,0	21,1
Mittelwert	3,7	14,9	20,1

Noch schlechter ist die Ausbeute des stark unpolaren Terpens Myrcen. Diese liegt sogar unter einem Prozent. Wesentlich leichter geht dagegen Linalool, ein Terpenalkohol, in Lösung, das im Vergleich zu Myrcen aufgrund der niedrigen Gehalte im Hopfen in einer nur sehr geringen Menge dosiert wird. Da sowohl Myrcen als auch Linalool den Effekt des Hopfenstopfens gut erkennen lassen, wurde die Analytik bei den weiteren Versuchen auf das leichter analysierbare Linalool reduziert.

Somit beschränkt sich für die weiteren Versuche die Aromastoffanalytik auf diese Substanz und auf die nicht isomerisierten Alpha-Säuren, die geschmacklich zwar deutlich weniger intensiv sind als die Iso-Alpha-Säuren, aber ebenfalls ein guter Indikator für die Höhe der Dosage bei der Kalthopfung sind. Außerdem leisten die Alpha-Säuren einen wesentlichen Beitrag zur Schaumhaltbarkeit des Bieres [4].

In einer weiteren Versuchsreihe wurden die Hopfen nicht mehr nach Menge, sondern nach deren Gesamtölgehalt dosiert, basierend auf jeweils 2 Gramm Gesamtöl pro hl.

Es handelt sich hierbei um India Pale Ales (IPAs), die allerdings eine für diesen Biertyp eher moderate Bittere aufweisen. Sie wurden in der Versuchsbrauerei des Lehrstuhls für Brau- und Getränketechnologie der TU München-Weihenstephan gebraut.

Tabelle 2 zeigt die Analysendaten des noch nicht hopfengestopften Ausgangsbieres, das auf Kegs aufgeteilt und mit Hopfenpulver verschiedener Sorten versetzt wurde. Dabei wurden drei neu zugelassene Sorten (Polaris, Hallertau Blanc, Mandarina Bavaria), zwei noch nicht angemeldete Hüller Zuchtsorten (2008/020/004, 2009/001/718) und zwei Hopsteiner Neuzüchtungen aus den USA (Bravo, in der Hallertau gepflanzt, und die noch nicht zugelassene Sorte 04190) eingesetzt.

Tabelle 2: Zum Hopfenstopfen verwendetes Ausgangsbier

Stammwürze	14,6 %
Alkoholgehalt	5,6 Vol.-%
Bittereinheiten	32,0 BE
Iso-Alpha-Säuren	29,0 mg/l
Alpha-Säuren	3,3 mg/l
Linalool	19,5 µg/l

Aufgrund der Dosage von 2 Gramm Gesamtöl pro Hektoliter wurde im Vergleich zur oben beschriebenen Versuchsreihe eine wesentlich größere Menge Hopfen dosiert, die zusammen mit den entsprechenden Konzentrationen an Alpha-Säuren und Linalool in Tabelle 3 dargestellt ist.

Daraus resultierten speziell für Linalool sehr hohe Zunahmen im Vergleich zur ersten Versuchsreihe, in der allerdings andere Sorten zum Einsatz kamen und somit kein direkter Vergleich gezogen werden kann (siehe Tabelle 4). Der Anstieg der Alpha-Säuren bewegt sich in einem ähnlichen Rahmen, was aber zugleich bedeutet, dass die Ausbeute

Tabelle 3: Mengen und Analysen der verschiedenen Sorten für die Kalthopfung

Hopfensorte	Hopfen g/hl	% Alpha HPLC	Linalool µg/g
2008/20/004	170	9,8	31,2
Polaris	70	19,6	25,6
2009/001/718	170	8,6	5,2
Hallertau Blanc	186	10,8	28,8
Mandarina Bavaria	160	9,1	22,4
Bravo	130	18,1	40,8
US 0419	556	2,7	9,6

Tabelle 4: Zunahmen im Bier nach dem Hopfenstopfen

Hopfensorte	Alpha mg/l	Linalool µg/l
2008/20/004	2,8	49,2
Polaris	2,0	23,0
2009/001/718	3,8	66,7
Hallertau Blanc	3,6	48,6
Mandarina Bavaria	4,8	50,8
Bravo	5,5	60,0
US 0419	2,8	89,4
Mittelwert	3,6	55,4

bei höherer Dosage, wie zu erwarten, niedriger ausfällt. Da in diesem Fall unterschiedliche Voraussetzungen zwischen Versuchsreihe 1 und 2 vorlagen, wurde diese Thematik im Labormaßstab nochmals detaillierter untersucht.

Versuche im Labormaßstab zur Untersuchung verschiedener Parameter

Im 1-Liter-Maßstab wurden Versuche durchgeführt, die den Einfluss von dosierter Menge, Temperatur und Art der Dosage herausfinden sollten. Es ist selbstverständlich nicht zu erwarten, dass die Ergebnisse dieser Versuche 1:1 in die Praxis umgesetzt werden können, aber sie sollten zumindest Tendenzen aufzeigen und Hinweise für spätere Versuche im Praxismaßstab geben.

Zum Hopfenstopfen kamen für sämtliche Ansätze Hopfenpellets vom Typ 90 der Sorte Tradition zum Einsatz, deren wichtigste Analysendaten Tabelle 5 zu entnehmen sind. Das Dry Hopping erfolgte nicht mit einem Ale-Typ, der sich in geschmacklicher Hinsicht besser dafür geeignet hätte, sondern mit einem typisch gehopften Pilsbier (siehe Tabelle 6), um die Löslichkeit von Alpha-Säuren und Linalool in einem Bier mit bereits höherem Gehalt an Bitter- und Aromastoffen zu untersuchen.

Tabelle 5: Analysendaten der Sorte Tradition für die Laborversuche

KW EBC 7.5	6,6 %
Alpha-Säuren EBC 7.7	5,7 %
Gesamtöl EBC 7.10	6,0 ml/100g
Linalool (%-rel.) EBC 7.12	1,0

Tabelle 6: Für die Laborversuche eingesetztes Ausgangsbier

Stammwürze	12,4 %
Alkoholgehalt	5,6 Vol.-%
Bittereinheiten	32,3 BE
Iso-Alpha-Säuren	31,0 mg/l
Alpha-Säuren	0,8 mg/l
Linalool	37,0 µg/l

Einfluss der dosierten Pelletmenge

Auch in diesem Versuch wurde die zu dosierende Pelletmenge über den Einsatz an Gesamtöl ermittelt und dabei 1,5/2,0/ 2,5/3,0 g Gesamtöl pro hl getestet. Aus Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass bei steigender Dosage die Konzentration an Alpha-Säuren und Linalool nicht linear

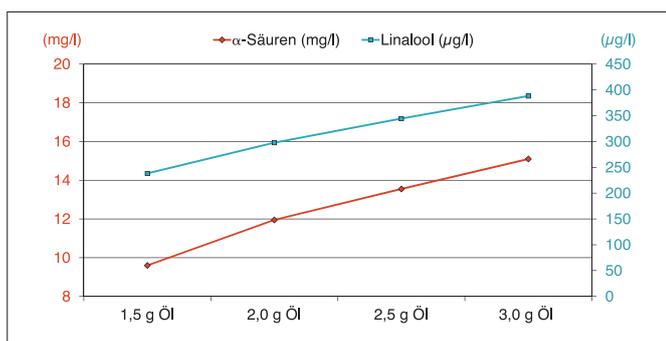


Abb. 1: Einfluss der dosierten Menge auf das Lösungsverhalten von Alpha-Säuren und Linalool

ansteigt, sondern erwartungsgemäß etwas abflacht und somit die Ergebnisse obiger Versuche in Kegs bestätigt. Je höher die Hopfengabe ausfällt, umso weniger effizient ist der Lösungsvorgang.

Einfluss der Biertemperatur

Für diese Versuche wurde eine höhere Dosage entsprechend 2,5 g Gesamtöl pro hl gewählt, um einen eventuellen Temperatureinfluss besser zu erkennen. Die Nummerierung in Abbildung 2 und 3 beschreibt den Analysenzeitpunkt des Bieres:

1. Vor dem Hopfenstopfen
2. Einen Tag nach dem Hopfenstopfen
3. Zwei Tage nach dem Hopfenstopfen
4. Zwei Wochen nach dem Hopfenstopfen.

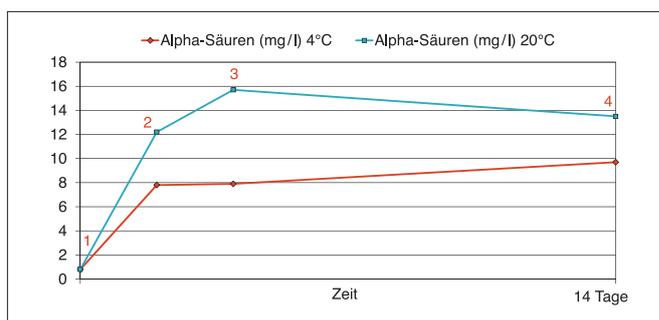


Abb. 2: Einfluss der Biertemperatur auf das Lösungsverhalten von Alpha-Säuren

Da in der Praxis die für die Nachgärung angewandte Temperatur sehr unterschiedlich sein kann, wurden mit 4°C und 20°C extreme Temperaturen gewählt. Wie zu erwarten, lösen sich die Alpha-Säuren tendenziell bei 20°C schneller. Ihr Rückgang nach zweiwöchiger Lagerung bewegt sich durchaus im analytischen Rahmen und kann mit großer Wahrscheinlichkeit nicht als Abbau interpretiert werden.

Überraschenderweise ist der Temperatureinfluss auf die Löslichkeit von Linalool, zumindest im Laborversuch, wie Abbildung 3 zeigt, minimal. Bereits einen Tag nach dem Hopfenstopfen sind die Lösungsvorgänge nahezu abgeschlossen. Dies ist mit der sicherlich stärkeren Polarität dieser Aromakomponente im Vergleich zu den Alpha-Säuren zu erklären.

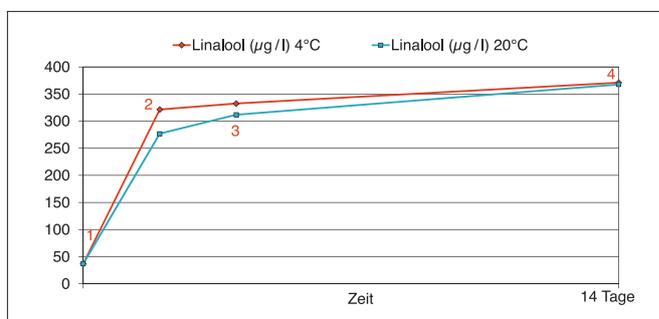


Abb. 3: Einfluss der Biertemperatur auf das Lösungsverhalten von Linalool

Einfluss der Art der Gabe

Die Kalthopfung im Lagertank mit Pellets oder Doldenhopfen führt zu einem Eintrag an Feststoffen, die bei der Klärung und eventuellen Filtration des Bieres Probleme

bereiten können. In vielen Fällen muss das Bier zweimal zentrifugiert werden, um es problemlos filtrieren zu können. Auch für den Fall, dass es unfiltriert ausgeschenkt wird, strebt man üblicherweise einen niedrigen Feststoffanteil an. Dies wird in der Praxis oft dadurch gelöst, den Hopfen in einem Sack/Säckchen mit feinmaschigem Gewebe im Lagertank vorzulegen.

Ebenfalls im Labormaßstab sollte deshalb überprüft werden, ob und inwieweit sich durch diese Technik die Lösung der Hopfeninhaltsstoffe verschlechtert. Zu diesem Zweck wurden Pellets in einer Menge, die einer Dosage von 3 g Gesamtöl pro Hektoliter entspricht, einmal lose und einmal in einem feinmaschigen Säckchen zum Jungbier gegeben und eine Kontaktzeit von zwei Wochen bei 10 °C gewählt.

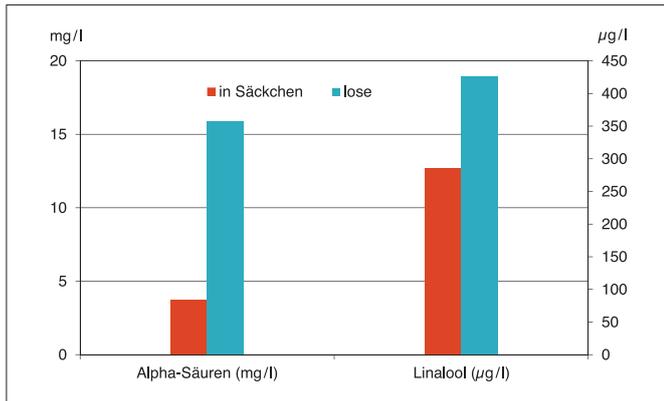


Abb. 4: Einfluss der Art des Hopfenstopfens

Tabelle 7: Analysendaten der Sorte Tradition für die Versuche im Labormaßstab

Analysendaten	Doldenhopfen	Pellets
KW EBC 7.5	6,3 %	6,6 %
Alpha-Säuren EBC 7.7	5,4 %	5,7 %
Gesamtöl EBC 7.10	0,5 ml/100g	0,6 ml/100g
Linalool (%-rel.) EBC 7.12	1,1 %	1,0 %

Abbildung 4 zeigt das unterschiedliche Verhalten von Alpha-Säuren und Linalool. Die Alpha-Säuren lösen sich deutlich schneller, wenn der Hopfen lose gegeben wird, wobei dies für die Praxis nicht die entscheidende Rolle spielt. Wesentlich wichtiger ist hier das Verhalten der Aromastoffe. Am Beispiel Linalool lässt sich erkennen, dass lose Pellets einen um fast 50 Prozent besseren Extraktionseffekt erlauben und somit ein intensiveres Aroma im Bier erwarten lassen.

Versuche im Pilotmaßstab zur notwendigen Kontaktzeit

In der Pilotanlage wurden Versuche bezüglich Kontaktzeit von Doldenhopfen bzw. Pellets im Bier durchgeführt. Das eingesetzte Bier stammte wiederum vom Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie und weist die Parameter auf wie oben beschrieben (siehe Tab. 2).

Der für die Versuche eingesetzte Doldenhopfen und die Pellets stammten aus der gleichen Verarbeitung wobei der Berechnung der Einsatzmenge die erzielte Mengenausbeute zugrunde lag. Das bedeutet, dass etwas mehr Doldenhopfen dosiert wurde, aber bezüglich der Inhaltsstoffe wieder die gleiche Menge Verwendung fand (siehe Tabelle 7). Das hopfengestopfte Bier wurde über 18 Tage analytisch verfolgt. Die Lagertemperatur betrug konstant 4 °C.

In Abbildung 5 ist das Verhalten der Alpha-Säuren für Doldenhopfen und Pellets grafisch dargestellt. Die Zahlen in der Grafik beschreiben den Analysenzeitpunkt des Bieres wie folgt:

1. Vor dem Hopfenstopfen
2. 2 Stunden nach dem Hopfenstopfen
3. Nach 4 Stunden
4. Nach 8 Stunden
5. Nach 1 Tag
6. Nach 5 Tagen
7. Nach 7 Tagen
8. Nach 11 Tagen
9. Nach 13 Tagen
10. Nach 18 Tagen.

Die Alpha-Säuren erfahren am ersten Tag einen schnellen Anstieg um ca. 2 mg/l und ihre Konzentration erhöht sich dann nur noch unerheblich um weitere 1 bis 2 mg/l bis zum 18. Tag (siehe Abb. 5). Zwischen Doldenhopfen und Pellets zeigt sich kein signifikanter Unterschied.

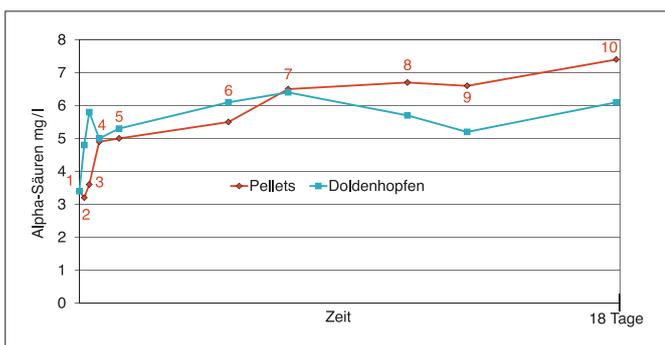


Abb. 5: Zunahme der Alpha-Säuren bei der Kalthopfung; Vergleich Doldenhopfen – Pellets

Dagegen differieren die beiden Hopfenprodukte im Verlauf des Linalools deutlich (siehe Abb. 6). Bei den Pellets wird im Vergleich zum Doldenhopfen eine wesentlich höhere Konzentration erreicht. Die Lösung geht relativ schnell vonstatten und erreicht bei der Zugabe von Pellets nach einem Tag bereits 50 Prozent der nach 18 Tagen erreichten Menge.

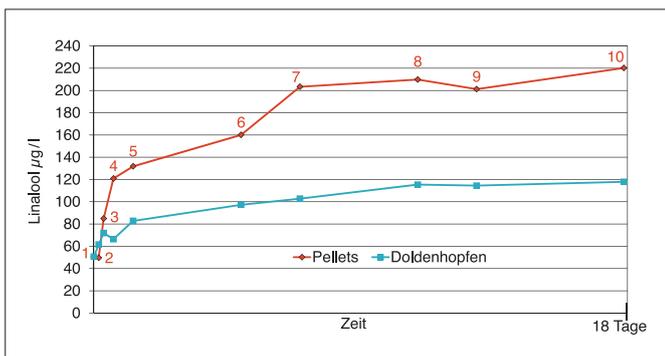


Abb. 6: Zunahme von Linalool bei der Kalthopfung; Vergleich Doldenhopfen – Pellets

Bei den Doldenhopfen liegen nach einem Tag (siehe Nr. 5) bereits zwei Drittel der Endkonzentration vor. Allerdings ist das Niveau hier deutlich niedriger und erreicht am Schluss nur geringfügig mehr als die Hälfte des im Pellet-Bier vorliegenden Linalools. Für beide Hopfenprodukte kann festgestellt werden, dass nach einer Woche (siehe Nr. 7) die entscheidenden Lösungsvorgänge abgeschlossen sind.

Fazit

Im Labor- und Pilotmaßstab wurden verschiedene Parameter untersucht, die einen Einfluss auf die Lösung von Alpha-Säuren und Linalool im Jungbier haben. In Abhängigkeit von der dosierten Menge gehen zum Teil beträchtliche Mengen ins Bier über, wobei dies aber nicht mengenproportional erfolgt. Die Lagertemperatur des Bieres hat einen großen Einfluss auf die Alpha-Säuren und spielt bei Linalool praktisch keine Rolle.

Allerdings zeigt die Art der Einbringung des Hopfens in das Bier deutliche Auswirkungen. Werden die Pellets in einem feinmaschigen Gebinde im Bier vorgelegt, wird der Lösungsvorgang vor allem bei den Alpha-Säuren stark beeinträchtigt. Aber auch die Linalool-Konzentration erreichte nur ein deutlich niedrigeres Niveau.

Untersuchungen zur nötigen Kontaktzeit zwischen Hopfen und Bier ergaben, dass unter diesen Bedingungen nach einer Woche kaum noch Änderungen der Konzentrationen festgestellt werden konnten. Obige Aussagen beziehen sich natürlich nur auf Alpha-Säuren und Linalool und es ist wahrscheinlich, dass einige der vielzähligen Hopfeninhaltsstoffe ein anderes Verhalten zeigen. Grundsätzlich geben diese Versuche im Kleinmaßstab Hinweise und Anregungen, die für die Praxis eine gewisse Hilfestellung darstellen können. □

Hopsteiner auf der Brau Bevale: Halle 1, Stand 429

Literatur

- [1] Mitter, W., Cocuzza, S.: Wiederbelebtes Verfahren, Die Kalthopfung – Grundsätzliches und Techniken, Brauindustrie 4, 2012, S. 10 bis 12
- [2] Cocuzza, S., Mitter, W.: Besondere Sorten für einzigartige Biere, Brauwelt 23, 2012, S. 658 bis 662
- [3] Cocuzza, S., Mitter, W.: Besondere Hopfensorten für einzigartige Biere (Teil 2), Brauwelt 27 bis 28, 2012, S. 1556
- [4] Wilson, R., Smith, R., Schwarz, H., Maye, J. P.: A Natural Foam Enhancer From Hops, Poster World Brewing Congress, Portland, 2012

Willi Mitter

Dipl.-Ing. Brauwesen und Getränketechnologie (TU München-Weihenstephan), seit 1994 bei der Firma Simon H. Steiner, Hopfen, GmbH in der Funktion des Technischen Direktors verantwortlich für die Bereiche Verarbeitung, Forschung und Entwicklung sowie Technical Support für Brauereien (www.hopsteiner.com)



Sandro Cocuzza

Dipl.-Ing. Brauwesen und Getränketechnologie (TU München-Weihenstephan), seit September 2008 bei der Firma Simon H. Steiner, Hopfen, GmbH als Leiter Technical Support tätig.

