

Intensivere Noten

Wissenswertes für kleinere und mittlere Brauereien zur Kalthopfung oder zum Hopfenstopfen

Die Kalthopfung ist nach derzeitiger Rechtsauffassung in Deutschland wie folgt geregelt: Das vorläufige Biergesetz von 1993 formuliert in § 9 Absatz 5, dass Hopfenextrakte nur in heißer Würze dosiert werden dürfen. Dieses Gebot gilt nicht für Hopfen oder Pellets, die auch im kalten Bereich einsetzbar sind.

Unter Kalthopfung versteht man im Allgemeinen die Dosage von Hopfen oder Hopfenpellets nach der Würzekühlung. Folgende Stadien sind dabei denkbar:

1. Vorlage in den Gärtank
2. In das Bier nach Hauptgärung und Hefeabtrennung, zum Beispiel beim Tankwechsel vor der Reifung
3. In das Bier nach der Reifung als Vorlage in den Lagertank
4. In das Bier vor der Filtration (selten der Fall).

Im deutschen Sprachgebrauch existiert der Begriff „Hopfenstopfen“. Er leitet sich von der ursprünglichen Dosagetechnik ab, nämlich Hopfen durch das Spundloch in ein Lager-

fass zu stopfen. Im Englischen verwendet man den Begriff „Dry Hop- ping“.

Die Ausbeute an Hopfenaromastoffen beim üblichen Würzekochen ist auch bei einer späten Heißhopfung limitiert und das ursprüngliche Hopfenaroma findet sich im Bier nur eingeschränkt wieder. Die Kalthopfung dient der direkten Extraktion von Aromastoffen aus dem Hopfen ins Bier ohne Verluste durch Verdampfung oder chemisch-thermische Umwandlungen.

Hopfengestopfte Biere spiegeln die Aromanoten des Hopfens wider. Häufig lässt sich sogar die Hopfensorte in einem Bier erkennen. Damit eröffnet das Hopfenstopfen zahlreiche Möglichkeiten einer individuellen Aromausprägung von Bier.

suchen anzueignen. Hierzu sind zum Beispiel Kegs mit einem kleinen Volumen geeignet. Dabei können mehrere Variablen getestet werden.

Eine große Rolle spielt, wie der Hopfen oder der Hopfentrub vom Bier abgetrennt werden soll. In jedem Fall müssen Hopfenpartikel auch im trüben Bier vermieden werden.

Vorlegen in einem Tank

Das Hopfenstopfen vor oder bei der Hauptgärung birgt ein mikrobiologisches Risiko, stellt doch eine unvergorene, belüftete Würze ein gutes Nährmedium für viele Mikroorganismen dar.

Bei kleineren Tanks ist ein Vorlegen des Hopfens im Zuge eines Tankwechsels zum Beispiel nach der Hauptgärung und Hefeabtrennung die einfachste Lösung. Die Befüllung des Tanks von unten gewährleistet zunächst eine gute Durchmischung. In jedem Fall gilt es auf die üblichen Regeln der Inertisierung zum Beispiel mit CO₂ zu achten. Am Ende von Reifung und/oder Lagerung kann der Hopfentrub nach unten unter Inkaufnahme des entsprechenden Bierverlustes abgelassen werden.

Eine Variante ist das Einbringen von Hopfen oder Pellets in einem durchlässigen Sack in ein Keg oder einen Tank, was die Entfernung erleichtert und Feststoffteilchen im Bier vermeidet.

Dosage als Suspension

Doldenhopfen oder Pellets können in einem externen Rührbehälter mit vorzugsweise entmineralisiertem, entgastem Wasser (kalt, aber auch warm) unter Luftausschluss intensiv vermischt werden. Diese Suspension



Dr. Adrian Forster (re.)

Berater, HVG Hopfenverwertungs-
genossenschaft e. G.

Andreas Gahr (Mitte)

Leiter der Forschungsbrauerei,
Hopfenveredlung St. Johann

Carlos Ruiz (li.)

HVG Hopfenverwertungsgenossenschaft

Techniken der Kalthopfung

Hopfenstopfen zeichnet sich durch eine hohe Variabilität aus. Zwischen individuellen Praktiken und wissenschaftlichen Erkenntnissen klappt derzeit noch eine Lücke. In der Anwendung spielt auch die Größe einer Braustätte eine Rolle. So ist es einfacher, eine gute Verteilung von Pellets in einem kleinen Tank zu erreichen.

Wird die Kalthopfung in einer Brauerei eher sporadisch praktiziert, integriert man diese in die bestehenden Abläufe und akzeptiert eine mäßige Aromausbeute. Erst ab einer bestimmten Größenordnung der Kalthopfung rentieren sich spezifische technische Ausrüstungen.

Empfehlenswert ist es, sich grundsätzliche Erkenntnisse in Pilotver-

pumpt man dann in der gewünschten Menge in einen entsprechenden Tank. Eine Vorvermahlung von Doldenhopfen erleichtert die Vorgehensweise.

Intensivierung der Extraktion

Durch eine Bewegung des Behälterinhaltes lässt sich der Stoffübergang verbessern. Der Tankinhalt lässt sich umpumpen oder der sedimentierte Hopfen durch Einblasen von CO₂ im Tankkonus in Bewegung bringen.

In den letzten Jahren sind Extraktionstechniken auf den Markt gekommen, zum Beispiel unter Begriffen wie „Torpedo“, „HopRocket“, „HopGun“ oder „DryHopnik“ (siehe Abb. 1). Gemeinsam ist ihnen, dass Hopfen oder Pellets in einem externen Behälter vorgelegt und im Bypass durch umgepumptes Bier unter Rückhaltung des Feststoffes extrahiert werden.

Sonstige Parameter

- Hefe: Zu hohe Zellzahlen bewirken eine verstärkte Absorption von Aromastoffen an Hefe und damit Aromaverluste. Mit der Gärungskohlensäure werden zusätzlich Substanzen ausgetrieben.
- Zugabe: Normalerweise eignet sich jeder Tankwechsel, zum Beispiel zwischen Gärung und Reifung oder Reifung und Lagerung. Je nach Intensität der Vermischung reichen schon wenige Tage aus, um eine ausreichende Aromaex-

traktion zu erzielen. Bei Tankvorlagen sind vier bis 14 Tage Verweilzeit allerdings üblich, um unnötige Wechsel zu vermeiden.

- Produktart: Normaler Doldenhopfen aus einem Rechteckballen enthält im Allgemeinen nur unzerstörte Lupulindrüsen. Die Lupulinmembran erschwert jedoch den Stoffübergang des Hopfenöls aus der Drüse ins Bier. Bei der Pelletierung wird dieser Nachteil eliminiert, indem das Lupulin gequetscht und der Inhalt frei zugänglich wird. Die Aromaausbeuten von Pellets sind daher höher als bei Doldenhopfen.

Eine Form der Hopfenaufbereitung sind gepresste Doldenhopfen, auch als Vakupack bezeichnet. Dabei wird die Lupulindrüse ebenfalls zerquetscht. In jedem Fall ist auf eine werterhaltende Verpackung auch beim Doldenhopfen zu achten, also in luftgeschützten Aluminiumfolien, wie sie für Pellets selbstverständlich sind.

- Lagerung und Handling: Hopfen und Pellets sind nur in luftgeschützter Verpackung haltbar und bewahren nur so ihr Aroma. Wenn irgend möglich, ist eine Kaltlagerung zu praktizieren. Das trifft besonders auf angebrochene Packungen zu. Man sollte diese so schnell als möglich aufbrauchen und unbedingt auch für eine kurze Zeit kalt lagern.

Hopfensorten

Zunächst muss man sich beim Hopfenstopfen von einer üblichen Klassifizierung in Aroma- und Bittersorten lösen. Interessant sind letztlich alle Sorten mit einem ausgeprägten, möglichst eigenständigen Aroma, gegebenenfalls mit ganz individuellen Noten. Dazu können durchaus auch Bitterhopfen zählen. Der Kreativität sind, was den Einsatz von Sorten oder einen Mix von Sorten anlangt, keine Grenzen gesetzt.

So eignen sich auch klassische Aromahopfen zum Hopfenstopfen. Eines der erfolgreichsten amerikanischen kaltgehopften Biere wird mit Hallertauer Mittelfrüh und Tettnanger aromatisiert. Denkbar sind auch neuere Züchtungen wie Opal, Smaragd oder Saphir.

In den letzten Jahren sind Sorten mit ganz erstaunlichen Aromausprägungen gezüchtet worden. Sorten, die vorzugsweise für die Kalthopfung Anwendung finden, werden heute gerne als „Hopfen mit besonderem Aroma“ oder mit „special flavor“ bezeichnet.

Die wichtige Sorte bei der Kalthopfung ist derzeit Cascade. Mit der rasanten Entwicklung der US Craft Brewer erlangte sie enorme Beliebtheit. Sie kann heute mit ihrem ausgeprägten zitrusartigen Aroma und einer starken Note nach schwarzen Johannisbeeren als Leitsorte angesehen werden.

Allen Neuzüchtungen eigen sind spezielle blumige, fruchtige und harzige Noten, die Assoziationen zu Mandarine, Zitrone, Orange, Melone, Pfirsich, bestimmten Trauben, Banane, Passionsfrucht usw. herstellen. Entsprechende überraschende Effekte lassen sich in kalt gehopften Bieren erzielen. Der Hopfen dient hier als Träger und Transmitter von fruchtigen Aromastoffen ins Bier, die mit einer klassischen Hopfenblume nicht mehr vergleichbar sind.

Einige wenige Beispiele typischer Special-Flavor-Hopfen sind:

- Mandarina Bavaria (MB), Hüll Melon (HN), Hallertau Blanc (HC), Polaris (PA), Cascade (CA) aus Deutschland
- Cascade, Simcoe, Amarillo, Citra, Chinook aus den USA
- Nelson Sauvin aus Neuseeland
- Galaxy, Topaz aus Australien.

Um eine Vorstellung über die unterschiedliche Zusammensetzung der Aromastoffe in Hopfen mit speziellem Aroma im Vergleich zu einer eta-



Abb. 1: Hopfenextraktionstechniken: HopGun der Firma BrauKon für 4 kg Hopfenpellets ausgelegt (links) – DryHopnik der Firma Rolec (rechts)

Tabelle 1: Gehalte einiger Aromastoffe in Hallertauer Mittelfrüh (HA) und fünf Special-Flavor-Hopfen

Anbaugebiet Hallertau (Ernte 2012); Mengen in mg/100 g; Bezeichnungen siehe Text

	HA	CA	MB	HN	HC	PA
Isobutylisobutytrat	1	4	12	14	6	28
Isoamylpropanoat	1	4	5	5	10	28
3-Methylbutyl-2-methylpropanoat	1	3	4	8	6	19
2-Methylbutyl-2-methylpropanoat	4	17	30	48	26	89
Methyloctanoat	1	1	11	8	4	66
Linalool	6	5	6	4	7	9
Geraniol	1	7	14	8	2	4
Geranylacetat	0	15	1	1	8	17
2-Uncecanon	6	2	3	4	3	12

bierten Aromasorte zu geben, sind in Tabelle 1 einige Komponenten mit ihren Gehalten zusammengestellt.

Bei untergärigen Bieren Pilsner Art kommen nicht allzu kräftige Hopfen zum Einsatz, bisweilen auch nur klassische Aromahopfen wie Hallertauer Mittelfrüh oder Saphir. Interessant sind auch Mischungen von Aroma- mit Special-Flavor-Hopfen. Bei obergärigen Bieren mit ihrem hefebedingten blumigen Aroma eignen sich kräftigere Fruchtnoten. Das gilt besonders für Ales und India Pale Ales (IPA).

Mengen

Bei untergärigen Bieren und Weizenbieren bewegt man sich üblicherweise in Mengen ab 20 bis 100 g/hl. Bockbiere vertragen höhere Dosagen. Besonders Ale-Biere mit ihren speziellen Hefen eignen sich zum Hopfenstopfen. Ein stärker eingebrautes India Pale Ale erlaubt Zusätze bis etwa 500 g/hl.

Die Dosage der Kalthopfung kann nach mehreren Kriterien erfolgen, wie zum Beispiel

- Menge in g/hl
- Hopfenöl in ml/100 g
- Einzelsubstanzen wie zum Beispiel Linalool in µg/l
- Substanzgruppen wie Ester in mg/l
- der Sauerstofffraktion des Hopfenöls in mg/l.

Oft reichen wenige Versuche zur Mengenfixierung. Je ausgeprägter die Anforderungen an reproduzierbare und gleichmäßige Aromaeindrücke im Bier allerdings sind, desto wichtiger sind bei Jahrgangs- und Sortenwechseln Zusatzinformationen zum Beispiel über Gehalte an Hopfenöl in ml/100 g oder gar einiger Substanzen/Substanzgruppen. Natürliche Jahrgangsschwankungen lassen sich mit diesem Wissen besser bewältigen. Generell ist wenigstens die Kenntnis über den Ölgehalt eines Produktes sinnvoll.

Tabelle 2: Transferraten von Substanzgruppen des Hopfens in Prozent relativ

Substanzgruppe	Transferrate
α-Säuren	ca. 5 %
Gesamtpolyphenole	ca. 50 %
Mono- und Sequiterpene ¹⁾	ca. 1 bis 5 %
Terpenalkohole ²⁾	ca. 50 bis 100 %
Ketone ³⁾	ca. 50 %
Ester ⁴⁾	ca. 50 bis 100 %

¹⁾ z. B. Myrcen, β-Caryophyllen, Humulen; ²⁾ z. B. Linalool, Geraniol; ³⁾ z. B. 2-Undecanon;

⁴⁾ z. B. Isobutylisobutytrat, Isoamylpropanoat, 2- und 3-Methylbutyl-2-methylpropanoat

Die Dosage nach dem Hopfenöl wird öfter praktiziert. Bei untergärigen Pils bewegt man sich bei einem Äquivalent um 0,5 bis 1,5 ml Hopfenöl/hl, bei Bock- und obergärigen Bieren entsprechend höher.

Ausbeuten von Hopfeninhaltsstoffen

Im Folgenden werden Anhaltswerte zu Ausbeuten oder Transferraten wiedergegeben. Tabelle 2 enthält einige Hinweise aus Brauversuchen in einer 2-hl-Forschungsbrauerei.

Terpene sind in Bier schlecht löslich. Nur bei sehr hohen Dosagen können Mengen im Bereich der Geschmacksschwellenwerte gefunden werden. Da die Hopfen mit speziellen Aromen hohe Gehalte an Terpenalkoholen, Ketonen und besonders an vielen Estern aufweisen, ist hier eine deutliche Überschreitung von Schwellenwerten zu erwarten. Daraus leiten sich die unterschiedlich fruchtigen Aromen entsprechend gestopfter Biere ab.

Stabilität des Hopfenaromas

Hopfenaromakomponenten in Bier sind nicht stabil. Besonders Terpene werden von der Dichtungsmasse von Kronkorken absorbiert. Neben Verlusten finden auch Umwandlungen statt. Aus Methylestern werden Ethylester oder Terpenalkohole wandeln sich ineinander um.

Mit diesen Veränderungen sind zwangsläufig auch im Laufe der Bieralterung Veränderungen der sensorischen Eindrücke verbunden. Noch wenig weiß man über die sortengeprägte Alterung von Aromastoffen des Hopfens.

Beachtenswerte Aspekte der Kalthopfung

Bei aller Experimentierfreude sind einige Nebenaspekte bei der Kalthopfung zu berücksichtigen:

- Die Trübungsneigung der Biere kann zunehmen, da zusätzliche Hopfenpolyphenole in Lösung gehen.
- In jedem Fall ist es empfehlenswert, Feststoffpartikel von Pellets oder Pulver im Bier zu vermeiden, da die Mehrzahl der Konsumenten sie als störend empfinden.

- Bei der Dosage ist der Sauerstoffeintrag zu minimieren, auch wenn insbesondere in Stammwürze und Alkohol stärkere, kalt gehopfte Biere unempfindlicher bezüglich Alterung sein mögen.
- Bisher sind noch keine Beobachtungen über eine zusätzliche mikrobiologische Gefährdung durch die Kalthopfung bekannt geworden. In jedem Fall empfiehlt es sich, die übliche Sorgfalt walten zu lassen und auf die gründliche Reinigung von Tankanschlüssen, Leitungen, Schläuchen, externen Dosiereinrichtungen etc. zu achten.
- Hopfen enthält bis etwa 1 Gew.-Prozent Nitrat, das beim Hopfenstopfen zu etwa 80 Prozent in Lösung geht. Man muss sich somit im Klaren darüber sein, dass mit 100 g/hl Hopfen etwa 8 mg/l Nitrat zusätzlich ins Bier gelangen.
- Erste Untersuchungen zeigen, dass
 - wenn auch in unbedenklichem Umfang – einige Rückstände von Pflanzenschutzmitteln beim Hopfenstopfen in Lösung gehen können. Auf die sichere Unterschreitung von Pflanzenschutzmittelhöchstmengen in Hopfen ist zu achten.

Positiv ist, dass gelöste Stoffe wie Bitterstoffe, Polyphenole und besonders die Aromakomponenten sehr geschmacksaktiv sind und Alterungskomponenten maskieren. Intensiv gestopfte Biere wie Bock oder IPA weisen über ein bis zwei Jahre kaum Alterungsnoten auf.

Zusammenfassung

Die Kalthopfung ist eine erst in den letzten 20 bis 30 Jahren intensiv praktizierte Technologie, um insbesondere Hopfennoten stärker zur Geltung zu bringen. Die Technik profitiert von der Neugierde, Innovations- und Experimentierfreude sowie Kreativität der Brauer.

Dieser Überblick befasst sich mit Techniken des Hopfenstopfens, geeigneten Sorten und Produkten sowie Dosagemengen. Die Ausbeuten von Hopfeninhaltsstoffen schwanken von 5 Prozent (Alphasäuren) über 50 Prozent (Polyphenole und einige Aromastoffe) bis 100 Prozent (einige Ester und Terpenalkohole).

Die Einhaltung von Richtlinien zum Sauerstoffeintrag und zu hygienischen Aspekten ist in jedem Fall sinnvoll. ☐