

Geringe Bittere und volles Hopfenaroma

Ein Widerspruch?

Brauer sind häufig der Meinung, dass ein ausgeprägtes Hopfenaroma im Bier zwangsläufig mit einer intensiven Bittere verknüpft ist, da ja vergleichsweise viel Hopfen dosiert werden muss. Dass über eine ausgeklügelte Wahl des Dosagezeitpunktes insbesondere bei Kochende und das Hopfenstopfen das Ziel eines fulminanten Hopfenaromas bei gleichzeitiger Einstellung jeder gewünschten Bierbittere möglich ist, wird in diesem Beitrag aufgezeigt.

Ausländische Brauereien können sich behelfen, indem sie zum Beispiel – völlig getrennt und unabhängig voneinander – flüssige, isomerisierte Extrakte und Aromaessenzen einsetzen. Derartige Lösungen können relativ einfach dem (nahezu) fertigen Bier vor oder sogar nach der Filtration zugesetzt werden [1, S. 306 ff.]. Diese Methodik bewegt sich allerdings nicht innerhalb des Reinheitsgebotes [2]. Sensorisch leiden derartige Biere daran, dass wertvolle Hopfenkomponenten wie milde Begleitbitterstoffe, Polyphenole, glykosidische Verbindungen und Teile des Aromaspektrums nicht dosiert werden und die Biere entsprechend weniger vollmundig und manchmal „parfümiert“ wirken.

Amerikanische Craft Brewer haben schon länger mit Pellets gebraute Biere entwickelt, bei denen sie die erste Hopfendosage erst kurz vor Kochende ansetzen. Den hierdurch

Tab. 2: Analysen der fünf Hopfensorten

α-Säuren: Konduktometerwert: EBC 7.5

Gesamtpolyphenole: EBC 7.14

Hopfenaroma-Komponenten: GC-FID, EBC 7.12

		HT	MB	SR	TU	HC
α-Säuren	Gew.-%	5,8	7,9	4,2	15,2	9,0
Polyphenole	Gew.-%	4,9	4,1	5,3	3,1	4,8
Sauerstofffraktion (SF) des Hopfenöls	mg/100g	70	98	86	185	105
Linalool	mg/100g	8	7	10	21	7
Geraniol + Geranylacetat	mg/100g	1	5	1	7	9
Ester*	mg/100g	24	54	12	123	60

* Summe von sieben unterschiedlichen Estern: Isobutylisobutyrat, 2-Methylpropanoat, 2-Methylbutyl-2-methylpropanoat, 3-Methylbutyl-2-methylpropanoat, Methyl-4-methylhexanoat, 2-Methyl-2-methylbutanoat und 2-Methyl-3-methylbutanoat

schlecht ausgenutzten Bitterstoffen steht eine wirkungsvolle Ausbeute von Aromastoffen gegenüber. Sam-

melbegriff dieser Technik ist der Ausdruck „Hop Bursting“, dem im Deutschen die Bezeichnung „Hopfenbombe“ am ehesten entspricht [3].

Es werden im Folgenden aus einer größeren Anzahl durchgeführter Brauversuche einige vorgestellt, die beispielhaft bestätigen, dass auch im Rahmen des Reinheitsgebotes Biere mit milder Bittere und einem vollen Hopfenaroma möglich sind.

Tab. 1: Beispiel für die Aromakapazität von zwei Substanzen bei einer späten Hopfengabe (Kochende, Whirlpool)

		Myrcen	Linalool
Menge in Hopfen	mg/100 g	1000	10
Transferrate von Hopfen ins Bier	%-rel.	< 1	etwa 40
Menge in Bier bei 100 g/hl	µg/l	< 100	40
Geschmacksschwelle im Bier	µg/l	150	10
Aromakapazität im Bier		keine	deutlich

Versuchsanstellung

Basis ist der Vergleich von drei unterschiedlichen Hopfensorten mit jeweils einer Hopfensorte in untergäri-

gen Lagerbieren, gebraut in der Forschungsbrauerei St. Johann. Die Gesamtkochzeit betrug einheitlich 70 Minuten. Die Hopfungsregimes unterschieden sich hinsichtlich Dosagezeitpunkt und dosierter Hopfenmenge:

- Eine erste Hopfengabe mit 150 g/hl 20 Minuten vor Kochende, eine zweite geteilt bei Kochende und in den Whirlpool mit jeweils 150 g/hl; also insgesamt 450 g/hl
Bier 1: Hallertauer Tradition (HT)
Bier 2: Mandarina Bavaria (MB)
- Eine geteilte späte Hopfengabe bei Kochende und in den Whirlpool mit jeweils 150 g/hl
Bier 3: Hallertauer Tradition (HT)
Bier 4: Saphir (SR)
- Biere nur nach der Hauptgärung hopfengestopft mit 500 g/hl
Bier 5: Taurus (TU)
Bier 6: Hallertauer Blanc (HC)

Die gewählten Varianten sollen zu differenzierbaren Ergebnissen führen. In der Praxis können die Gaben beliebig kombiniert werden.

Eingesetzt wurden Pellets Typ 90 aus dem Anbauggebiet Hallertau. Die Sortenwahl erfolgte eher zufällig mit zwei Aromahopfen (HT/SR), zwei neuen Special Flavor-Hopfen (MB/HC) und einem Bitterhopfen (TU).

Hopfenanalysen

Bei der Auswahl der analysierten Aromastoffe stand eine Tatsache im Vordergrund: Hopfenöl als Summe aller Aromasubstanzen besteht aus zwei Hauptgruppen:

- Schlecht wasser- und bierlösliche Mono- und Sesquiterpene wie Myrcen, β -Caryophyllen, Humulen und Farnesen. Sie stehen je nach Sorte zwar für 70 bis 85 Prozent des Hopfenöls, besitzen allerdings für die Ausbildung eines Hopfenaromas nur geringe Bedeutung, da sie nur in Spuren ins Bier übergehen.
- Gut lösliche sauerstoffhaltige Substanzen, zum Beispiel aus der Gruppe der Carbonsäureester und Monoterpenalkohole.

An einem Beispiel gemäß Tabelle 1 wird erläutert, dass das Monoterpen Myrcen zwar 100-mal stärker als Linalool im Hopfen vertreten sein kann, aufgrund seiner schlechten Löslichkeit und damit verbundenen geringen Transferrate von etwa einem Prozent in Kombination mit der höheren sensorischen Schwelle keinen Aromabeitrag im Bier liefern kann.

Linalool dagegen ist deutlich wirksamer trotz der wesentlich geringeren Menge in Hopfen, die aber mit einer niedrigeren Geschmacksschwelle und guten Löslichkeit bzw. hohen Transferrate kombiniert ist.

Tabelle 2 enthält wesentliche Analysen der fünf verwendeten Sorten. Hervorzuheben sind folgende Positionen an Aromastoffen:

- Sauerstofffraktion = Summe aller sauerstoffhaltigen (bierlöslichen) Substanzen (SF)
- Summe von sieben wichtigen Carbonsäureestern als Teil der SF
- Linalool und Geraniol inkl. Geranylacetat als die wichtigsten Vertreter der Monoterpenalkohole, ebenfalls zur SF gehörig.

In der Zusammensetzung der Aromastoffe liegen klare Unterschiede vor. Taurus besitzt das höchste quantitative Aromapotenzial, gefolgt von Blanc und Mandarina. Eine Aussage über die Qualität des Aromas lässt sich aus diesen Analysen aber kaum ableiten.

Bieranalysen

Tabelle 3 gibt die Analysendaten für Bitterstoffe und Hopfenpolyphenole der sechs Biere wieder.

Folgende Punkte verdienen Beachtung:

- Die Bittereinheiten schwanken von 9 bis 28. Bei den zueinander gehörigen Bieren (Bier 1/2, Bier 3/4, Bier 5/6) spiegeln sie die Bitterkapazität der jeweiligen Hopfen wider (MB > HT; HT > SR; TU > HC). Hervorzuheben sind die vergleichsweise hohen Bittereinheiten in den nur spät gehopften und hopfengestopften Bieren.
- Die Iso- α -Säuregehalte orientieren sich stark an der Hopfung. Am höchsten liegen sie in den mit einer moderaten mittleren Gabe versehenen Bieren 1 und 2 mit 12,0 und 17,5 mg/l bei Isomerisierungsraten von knapp 8 Prozent. Deutlich geringer sind die Gehalte in den nur spät gehopften Bieren mit ca. 4 mg/l und entsprechend niedrigeren Isomerisierungsraten.
- Die Iso- α -Säuregehalte in den hopfengestopften Bieren mit 1,3 bzw. 1,5 mg/l erklären sich aus der Lösung von im Hopfen vorhandenen geringen Mengen an Iso- α -Säuren und Spuren in der einmal geführten Hefe, die ins Bier übergehen. Die Bittereinheiten überraschen mit etwa 10-mal höheren Werten.

Tab. 3: Bitterstoffanalysen und Hopfenpolyphenole in den Bieren

Zeitpunkt der Hopfengabe	Mitte + Spät		Spät		Hopfenstopfen	
	1 = HT	2 = MB	3 = HT	4 = SR	5 = TU	6 = HC
Hopfensorte						
Bittereinheiten [IBU]	20	28	13	9	18	12
Iso- α -Säuren [mg/l]	12,0	17,5	4,4	3,6	1,5	1,3
Isomerisierungsrate*	7,7	7,9	5,5	7,1	2,4	2,7
α -Säuren [mg/l]	5,2	6,2	4,7	3,3	5,3	5,5
IBU: Iso- α -Säuren x 100 %**	1,67	1,6	2,95	2,5	12,0	9,2
Hopfenpolyphenole*** [mg/l]	126	91	75	96	71	92

* Iso- α -Säuren im Bier: dosierte α -Säuren

** Indikator für Nicht-Iso- α -Säuren-(oder Begleit-)bitterstoffe

*** Messwert minus Malzpolyphenole (155 mg/l)

- α -Säuren sind begrenzt in heißer Würze, aber auch in geringerem Umfang beim Hopfenstopfen löslich.
- Das Verhältnis von IBU : Iso- α -Säuren ist ein Indikator für Nicht-Iso- α -Säuren-Bitterstoffe (NIAS) im Bier, die etwas eingehender bei Biendl, M. et al. [1, S. 212] beschrieben sind. Grundsätzlich wird die Bierbittere durch einen hohen Gehalt dieser Begleitbitterstoffe milder und harmonischer. Wie diese Versuche zeigen, lässt sich der Anteil an NIAS durch das Hopfungsregime deutlich beeinflussen. Die Werte von IBU : Iso- α -Säuren reichen von 1,6 (Gabe zu Kochmitte und Kochende) über 2,5 – 3,0 (Gabe nur Kochende) bis 9 – 12 (ausschließlich Hopfenstopfen).

- Die aus dem Hopfen gelösten Polyphenole errechnen sich aus dem im Bier gemessenen Gesamtpolyphenolgehalt abzüglich der nur vom Malz herrührenden Polyphenole (hier 155 mg/l). Abhängig von der Hopfensorte und der dosierten Menge finden sich in den Bieren 71 bis 126 mg/l Hopfenpolyphenole.

Ausgewählte Aromastoffe bzw. Gruppen der analysierten Biere sind in Tabelle 4 gelistet und können wie folgt kommentiert werden:

- Kein Mono- oder Sesquiterpen liegt über dem sensorischen Schwellenwert von 100 bis 400 μ g/l, wie am Beispiel Myrcen gezeigt wird.
- Die jeweiligen Summen der Mono- bzw. Sesquiterpene fallen allerdings in den hopfengestopften Bieren mit

Tab. 4: Ausgewählte Aromastoffe und einige Substanzgruppen in den Bieren (Werte in μ g/l)

Zeitpunkt der Hopfengabe	Mitte + Spät		Spät		Hopfenstopfen	
	1 = HT	2 = MB	3 = HT	4 = SR	5 = TU	6 = HC
Hopfensorte						
Myrcen	14	7	12	12	60	23
Summe der Monoterpene	26	16	24	23	115	43
Summe der Sesquiterpene	16	61	20	76	143	193
Linalool	151	85	170	163	701	145
Geraniol	13	43	16	16	80	137
Summe von sieben Estern	177	339	221	72	793	732

über 100 μ g/l so hoch aus, dass – synergistische Effekte vorausgesetzt – ein geringer Beitrag zum Bieraroma denkbar ist.

- Der Schwellenwert von Linalool (10 bis 20 μ g/l) wird in jedem Bier deutlich überschritten. Die Gehalte schwanken je nach Hopfensorte und Menge zwischen 85 und 701 μ g/l.
- Die Summe der sieben Ester variieren zwischen 72 und 793 μ g/l. Bei Schwellenwerten von wenigen μ g/l bis ca. 100 μ g/l liefern sie einen deutlichen Beitrag zum Bieraroma. Das gilt umso mehr, wenn synergistische Effekte der einander ähnlichen Substanzen als wahrscheinlich angenommen werden.

Sensorik der Biere

Ein direkter sensorischer Vergleich nach einem konventionellen Punkte-Schema (z.B. DLG) ergibt wenig Sinn, da die Biere zwischen 10 bis 28 IBU und noch ungewöhnlicheren 1 bis 17 mg/l Iso- α -Säuren variieren. Das geschulte Verkosterpanel der Forschungsbrauerei St. Johann wurde aus diesem Grund primär nach sensorischen Eindrücken zum Bitterempfinden und zum Aroma abgefragt.

Die Angaben zur Bierbittere können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die beiden vor dem Kochende und spät gehopften Biere (Bier 1 und 2) wurden in ihrer Bittere als normal, angenehm und harmonisch bewertet.
- Auch die nur spät gehopften Biere erhielten „normale“ Werte für die Intensität der Bittere und gute Noten für die Harmonie und Qualität der Bittere. Manche Verkoster waren verblüfft über den geringen Bittereindruck angesichts des vollen Hopfenaromas.
- Überraschenderweise lehnte niemand die nur hopfengestopften Biere aufgrund einer mangelnden Bittere prinzipiell ab. Besonders die weiblichen Probanden kamen damit gut zurecht. Die männlichen Verkoster erwarteten angesichts des Aromas mehr Bittere. Das Verhältnis Aroma zu Bittere wurde als unausgewogen empfunden.

Das Hopfenaroma erhielt zusammengefasst folgende Bewertungen:

- Das Hopfenaroma der nur mit Tradition und Saphir spät gehopften Biere (Bier 3 und 4) wurde als sehr kräftig, typisch und ausgeprägt be-

wertet. Die abgefragte Präferenz zwischen diesen Bieren ergab eine Bevorzugung des Saphir-Biers gegenüber dem Tradition-Bier.

- Die kombinierte Hopfung (20 Min. vor Kochende plus Kochende/Whirlpool = Bier 1 und 2) wirkte sich im Aroma unterschiedlich aus. Das Tradition-Bier glich im typischen Hopfenaroma dem nur spät gehopften Bier Nr. 3. Im Mandarina-Bier dominierten Südfrüchte und tropische Früchte. Passionsfrucht und Mandarine wurden mehrfach genannt.
- In den nur hopfengestopften Bieren (Biere 5 und 6) dominierten intensive fruchtige, weinige (besonders beim Blanc-Bier) und harzige Noten. Das Aroma wurde mehrfach als „Hopfenbombe“ beschrieben.

Insgesamt gab es keine negativen oder ablehnenden Kommentare. Die meisten Verkoster vermissten besonders bei den nur hopfengestopften Bieren angesichts der überbordenden Aromaeindrücke eine ausgeprägte Bittere. Das allerdings war ja letztlich das Ziel der Versuche.

Zusammenfassung

Geringe Bittere und volles Hopfenaroma – ein Widerspruch? Die Antwort auf diese Frage kann mit Kenntnis der durchgeführten Versuche klar beantwortet werden: Nein – kein Widerspruch. Über ausschließlich späte Hopfengaben ist es durchaus möglich Biere mit vollem Hopfenaroma ohne entsprechende Bittere zu gestalten. Der Brauer kann hierfür in einem extrem weiten Bereich zwischen Bittere und Aroma spielen. Dabei kann er ruhig mal eine Hopfengabe bei Kochbeginn „vergessen“. Sollte die Würze ohne diese Gabe zum Überschäumen neigen, ist ein Gegenmittel – neben einer zunächst verminderten Kochintensität – einige g/hl z. B. eines kaum bitternden Grobgutes aus der Herstellung von angereicherten Pellets (Typ 45) vor Kochbeginn zu dosieren.

Durch Spielen mit dem Zeitpunkt der Hopfengaben zwischen Kochmitte bis Kochende und in den Whirlpool sowie mit dem Hopfenstopfen kann die Bierbittere nahezu beliebig eingestellt werden. Die Spannweite der Analysen umfasst in diesen Versuchen folgende Werte:

- Bittereinheiten 12 bis 28 IBU
- Iso- α -Säuren 1 bis 17 mg/l
- Hopfenpolyphenole 71 bis 126 mg/l.

Zusätzlich bieten unterschiedliche Dosagemengen und die Wahl der Hopfensorte(n) eine schier endlose Spannweite für Aromaeindrücke:

- Monoterpene 16 bis 115 $\mu\text{g/l}$
- Sesquiterpene 16 bis 193 $\mu\text{g/l}$
- Linalool 85 bis 701 $\mu\text{g/l}$
- Geraniol 13 bis 137 $\mu\text{g/l}$
- Summe von sieben Estern 72 bis 793 $\mu\text{g/l}$.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass Bittere und Hopfenaroma durch eine ausgeklügelte Hopfungstechnologie auch mit konventionellen Pellets unter Einhaltung des Reinheitsgebotes voneinander entkoppelt werden können. □

Literatur

- [1] Biendl M., Engelhard B., Forster A., Gahr A., Lutz A., Mitter W., Schmidt R., Schönberger C.: Hopfen – vom Anbau bis zum Bier; Nürnberg; Fachverlag Hans Carl; ISBN 978-3-418-00808-0; (2012)
- [2] Forster A., Schüll F.: Das richtige „Gewürz“, Hopfen im Kontext zum Reinheitsgebot für Bier; Verlag W. Sachon, 500 Jahre Reinheitsgebot (2016), Seite 21 bis 25
- [3] Hieronymus S.: For the Love of Hops; Brewers Publication 2012
ISBN: 1-938-469-01, Seite 197

Dr. Adrian Forster

Berater, HVG Hopfenverwertungsgenossenschaft, Wolnzach (www.hvg-germany.de)



Dr. Florian Schüll

Technical Manager, HVG Hopfenverwertungsgenossenschaft

Andreas Gahr

Leiter der Forschungsbrauerei, Hopfenveredlung St. Johann

