

Neues Verfahren der Maischefiltration (Teil 2)

FRAKTIONIERTER WÜRZEMALZ | Im ersten Teil der Artikelserie, erschienen in BRAUWELT Nr. 6, 2017, S. 139-142, wurden bereits der apparative Aufbau und das Maischefiltrationsverfahren von Nessie by Ziemann vorgestellt. Dieser Beitrag betrachtet nun die Auswirkungen der neuartigen Würzezusammensetzung auf die Hopfendosage. Dazu werden einzelne Parameter der Würze, die sich auf die Hopfenausbeute auswirken, eine experimentell durchgeführte Versuchsreihe des dispersen Systems sowie alternative Varianten der Würzebehandlung näher beleuchtet.

FÜR DIE BIERHERSTELLUNG ist Hopfen ein unentbehrlicher Rohstoff. Er trägt dazu bei, dem Bier seinen Charakter zu verleihen. Vor allem die Sekundärmetaboliten, wie Bitterstoffe, ätherische Öle und Polyphenole, sind von Bedeutung. Die Bitterstoffe, besonders die isomerisierten α -Säuren, bewirken im Bier die typische bittere Geschmacksnote, fördern und stabilisieren den Bierschaum und gelten als natürliches Konservierungsmittel. Diese Bitterstoffe können im Brauprozess jedoch nicht optimal umgesetzt werden, weshalb die einzusetzende Hopfenmenge für die gewünschte Bittereinheit, die Aufschluss über die Gesamt-Bitterstoffausbeute in der gekochten Würze gibt, höher ist als die tatsächliche Ausbeute an isomerisierten α -Säuren. Das „Grüne Gold“ stellt somit einen nicht

unerheblichen Anteil der Rohstoffkosten für Bier dar, sodass eine Ausbeuteerhöhung der isomerisierten α -Säuren wünschenswert ist, um die Kosten für einen Hektoliter Bier zu reduzieren.

■ Isomerisierung – ein Muss

Für die Ausbeuteerhöhung kommen mehrere Aspekte zum Tragen. In der kochenden Würze sind die α -Säuren (Humulone) und ihre Homologe aufgrund des pH-Wertes der Würze in ihrer Löslichkeit eingeschränkt; steigt der pH-Wert, steigt auch die Löslich-

keit. Durch thermische Energie verändern sich die optisch aktiven hexacyklischen Verbindungen der α -Säuren in eine Fünfering-Struktur [1]. Dabei entstehen vorteilhaftere cis- und trans-iso- α -Säuren. Aufgrund der Polaritätssteigerung, die durch die neue Anordnung hervorgerufen wird, weisen sie eine höhere Affinität zu Wasser auf, sind folglich in Wasser löslich und besitzen so das höchste Potential zur Erzeugung der Bierbittere. β -Säuren oxidieren während des Prozesses zu Huluponen, die im Gegensatz zu ihrer ursprünglichen Form nur in geringem Maße zur Bittere im Bier beitragen können; aufgrund dessen sind sie zu vernachlässigen.

■ Verluste im Brauprozess

Als problematisch ist der Verlust von Bittersäuren während des Bierbereitungsprozesses anzusehen. Prozentual betrachtet reduzieren sich die Bittersäuren des Hopfens bis zur kalten Würze um ca. 50 Prozent. Zum isomerisieren sie unvollständig und verbleiben als α -Säuren in der Würze, zum anderen treten Verluste durch Trub auf. Bitterstoffe können über ionische Wechselwirkungen an der Trubbildung beteiligt sein oder durch koagulierte Proteine mit-



Abb. 1 Neuartiges Maischefiltrationssystem – Rad 1 (links) bis Rad 4 (rechts)

Autoren: Nele Bastgen, Klaus Wasmuht, Ziemann Holvrieka GmbH, Ludwigsburg

gerissen werden. Im fortlaufenden Prozess (Kaltbereich) gehen von der kalten Würze bis zum fertigen Bier, ausgehend von 50 Prozent, nochmals ca. 20 Prozent durch pH-Wert-Senkung, Adsorption oder Ausfällung verloren. Insgesamt stehen im fertigen Bier für die Bittere nur noch weniger als 40 Prozent der anfänglichen Menge an α -Säuren zur Verfügung [2]. Dies ist nicht rentabel, wird aber praktiziert.

Es stellt sich die Frage, welche Parameter die Hopfenausbeute steigern können. Die nachfolgenden Abschnitte legen das Hauptaugenmerk auf den Heißbereich, die Gärung ist nicht näher betrachtet.

Hopfenausbeute – beeinflussende Parameter

Mit einer Ausbeute von ca. 50 Prozent bis zur kalten Würze [2] vollzieht sich die Isomerisierung nicht im gewünschten Maß. Die Gründe hierfür sind vielfältig.

Einerseits liegen Einflussfaktoren beim Hopfen selbst, das heißt die Sorte, das Hopfenprodukt, die Alterung des Hopfens sowie die Gabemenge wirken sich auf die Isomerisierung aus. Andererseits spielen die Würzezusammensetzung, pH-Wert und Stammwürze sowie die Kocheinstellungen eine entscheidende Rolle. Während der Kochung sind der Hopfengabe-Zeitpunkt, die Kochzeit und die Temperatur ausschlaggebend. Allgemein ist eine Isomerisierung bei langer Kochzeit und hoher Temperatur bis 106 °C angestrebt [2, 3], wobei der Abbau bereits isomerisierter α -Säuren bei hohen Kochtemperaturen zu beachten ist [4].

Ein alkalischer pH-Wert der Würze fördert die Isomerisierung aufgrund der Löslichkeit. Ein Nachteil einer alkalischen Umsetzung liegt jedoch in einer Weiterführung der Isomerisierung über das Isohumulon zu unerwünschten Verbindungen. Zusätzlich intensiviert sich die Zufärbung der Würze durch Maillard-Produkte und die Bittere bekommt eine unangenehme Note [3, 5].

Eine weitere Auswirkung ergibt sich aus der Kombination der Faktoren Temperatur und pH-Wert. Die Absenkung der Temperatur bei konstantem pH 5 führt zur Reduzierung der Löslichkeit der α -Säuren [2]. Für die Stammwürze gilt, je niedriger, desto besser ist die Isomerisierung.

Als natürliche Katalysatoren für den Isomerisierungsvorgang wirken aufgrund ihrer toxikologischen Unbedenklichkeit vornehmlich Calcium und Magnesium. Sie

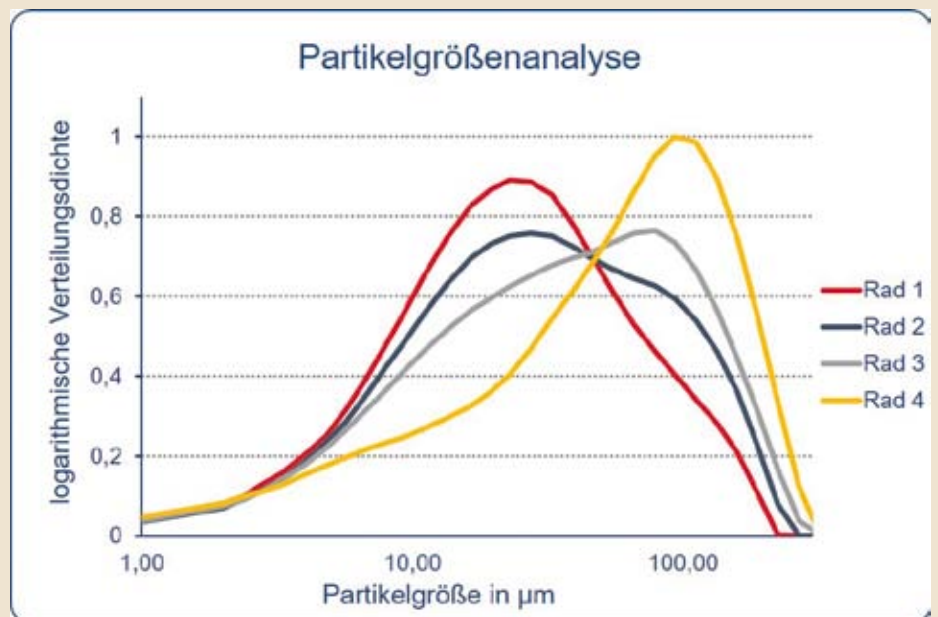


Abb. 2 Logarithmische Verteilungsdichte der Partikelgrößenanalysen des neuartigen Maischefiltrationssystems – Rad 1 bis Rad 4

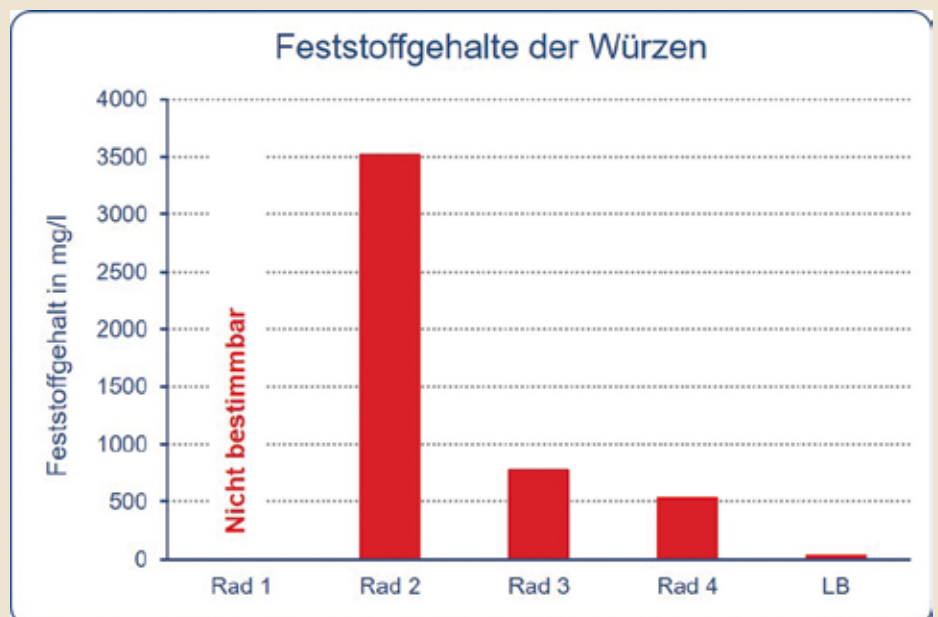


Abb. 3 Feststoffgehalte der einzelnen Drehscheibenfilterwürzen im Vergleich zur Pannevollwürze eines Läuterbottichs

katalysieren gezielt die Umsetzung zu Isohumulon zwischen pH 4 bis pH 8. Vorzugsweise ist Magnesium bei pH 7 hinzuzugeben, um die Isomerisierungsrate zu steigern [5]. Nach deutschem Reinheitsgebot ist die Zugabe jedoch nicht gestattet. Folglich ist eine Würze, die ohne Zusatz höhere Gehalte dieser Mineralstoffe enthält, für den Bierbereitungsprozess wünschenswert. Aus den genannten Optimierungspotentialen (Temperatur, Zeit, pH-Wert, Mineralstoffe etc.) stellt sich nun die Herausforderung, diese in den Brauprozess zu integrieren, um eine

höhere Isomerisierungsrate zu erzielen. Die Problemstellung liegt darin, dass in einem üblichen Brauprozess die Stammwürze bei 13 bis 14 °P mit einem pH-Wert von ca. pH 5,40 liegt. Zudem muss ein Kompromiss des Temperaturoptimums zwischen einer Isomerisierungssteigerung und dem Verhindern des Abbaus der bereits isomerisierten α -Säuren gefunden werden.

Würze – ein disperses System

Würze ist ein disperses System, das aus einer großen Anzahl von Einzelpartikeln

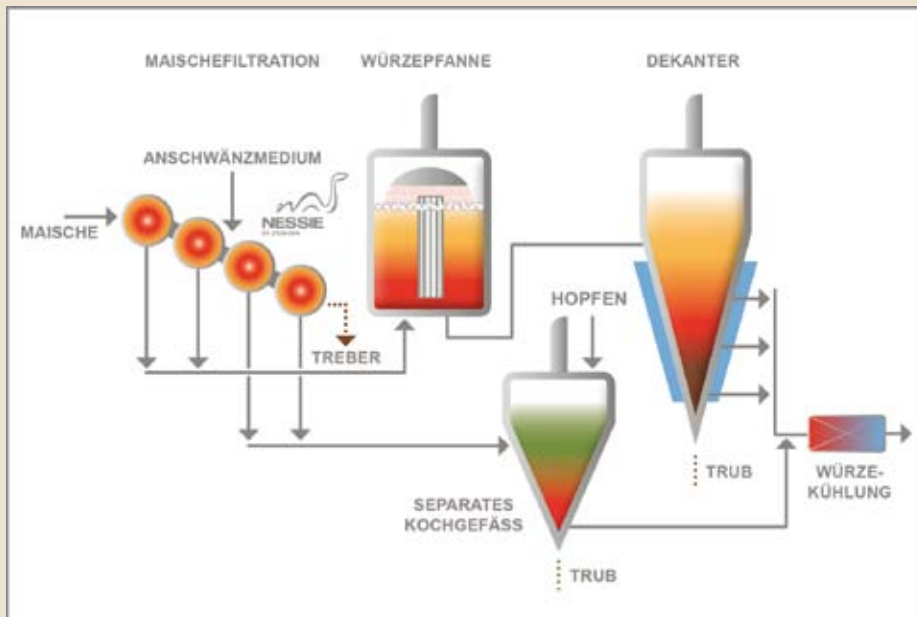


Abb. 4 Würzestromteilung des neuen Maischefiltrationssystems für die fraktionierte Würzekochung

(Feststoffteilchen), der dispersen Phase und dem umgebenden Medium, der kontinuierlichen Phase besteht [6]. Das neuartige Maischefiltrationssystem Nessie (Abb. 1) produziert Würze, die einem grob dispersen System zuzuordnen ist. Wie die nachfolgend aufgeführte Versuchsreihe zeigt, sind vorwiegend Partikel ab einer Größe von 1 µm nachzuweisen.

Vorversuche mit dem neuen Maischefiltrationssystem zeigten, dass die Würzen partikelreicher und somit trüber sind als bei einem vergleichbaren Läuterbottichsud. Dies ist erwünscht, da sich eine mineralstoffreichere und fettsäurehaltigere Würze positiv auf die nachfolgenden Prozessschritte auswirkt. Der Partikelreichtum der Würze wurde zum Anlass genommen, eine experimentelle Versuchsreihe durchzuführen, die die Partikel in den Fokus nimmt und vergleichend Hopfenausbeuten untersucht.

Um die vielfältigen Partikel innerhalb der trüben Drehscheibenfilterwürzen in ihrer Größe einschätzen zu können, ist eine Partikelgrößenanalyse mittels Laserbeugungsspektrometer erforderlich. Für das System Sympatec Helos mit der Dispergiereinheit Succell ist dazu eine neu entwickelte Methode zum Einsatz gekommen.

In Abbildung 2 sind die logarithmischen Verteilungsdichten über der Partikelgröße in µm aufgetragen; zu beachten ist die logarithmische Darstellung der Abszisse. Die Grafik zeigt eine deutlich ausgeprägte Verteilung der Partikelgrößen aus dem Nachguss von Rad 3 und Rad 4 in Richtung größerer Partikel. Im Vergleich dazu verzeichneten Versuche, in denen die Isomerisierungsraten des Hopfens der einzelnen Würzen von Rad 1 bis Rad 4 ermittelt wurden, ebenfalls einen Anstieg über die Räder. Die Hopfenausbeute überstieg bei

zwei von vier der Proben die Ausbeute eines vergleichbaren Läuterbottichsuds. Aus den Erkenntnissen der beiden Versuche können Partikelbereiche abgeleitet werden, die sich eher positiv und eher negativ auf die Hopfenausbeute auswirken. Der Größenbereich zwischen 1 und 40 µm (hier als Feinpartikel bezeichnet) zeigte eine negative Wirkung auf die Isomerisierungsrate, während der Bereich zwischen 40 und 400 µm (hier als Grobpartikel bezeichnet) die Isomerisierung nicht hindert oder sogar verstärkt.

Eine weitere Analyse, die Feststoffbestimmung (Feldmethode) [7], verdeutlichte darüber hinaus, dass die Masse der Feststoffe keinen direkten Einfluss auf die Isomerisierungsrate hat. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Feststoffbestimmung in Milligramm Feststoffe pro Liter Probevolumen. Prozentual gesehen, besitzt die Pfannevollwürze eines Läuterbottichsuds (LB) nur sieben Prozent der Partikel des Nachgusses von Rad 4, der die geringste Partikelfracht der Drehscheibenfilterwürzen aufweist. Die Ausbeute an iso-α-Säuren verzeichnete jedoch einen mehr als doppelt so hohen Wert bei der partikelreicheren Probe von Rad 4 als beim vergleichbaren Läuterbottichsud.

Wie die Versuchsreihe zeigt, spielen neben den vorher aufgeführten Faktoren (Temperatur, Zeit, pH-Wert, Mineralstoffe etc.) auch bestimmte Partikelgrößenbereiche bei der Isomerisierung der α-Säuren eine Rolle; nicht die Feststoffmenge.

■ Hopfen im Brauprozess

Es ist bekannt, dass der Wirkungsgrad der Hopfendosage grundlegend durch im Hopfengefäß vorisomerisierten Hopfen oder ein bereits vorisomerisiertes Hopfenprodukt zu verbessern ist [8]. An dieser Stelle werden diese beiden Varianten jedoch nicht näher betrachtet. Auf Basis der oben beschriebenen Versuche mit dem neuarti-

gen Maischefiltrationssystem ergibt sich eine weitere Möglichkeit zur optimalen Ausnutzung des Hopfens: die fraktionierte Würzekochung. Dazu sind die Fraktionen der Würze nach ihren chemisch-physikalischen Qualitäten sowie den jeweiligen Aufgaben zu separieren und zu behandeln, wie aus Abbildung 4 ersichtlich ist. Für die Hopfenisomerisierung bieten sich die Nachgüsse als Fluid an. Sie bieten Vorteile in Bezug auf die niedrigere Stammwürze sowie auf den pH-Wert, der sich durch zusätzliches Anschwänzwasser im schwach alkalischen Bereich befindet. Zusätzlich trägt ein gesteigerter Gehalt an positiv wirkenden Mineralstoffen wie Magnesium und Calcium in der Würze des neuen Maischefiltrationssystems zur Steigerung der Isomerisierung bei.

Ein positiver Nebeneffekt eines separaten Gefäßes mit Konus (Abb. 4) ist die Verlängerung der Isomerisierungszeit durch die parallel durchgeführten Verfahrensschritte. Für die Isomerisierung der α -Säuren steht nun nicht nur die Kochzeit der übrigen Würzefraktionen (Pfannevollwürze), sondern auch die Absetzzeit im Whirlpool/Setzdekanter zur Verfügung. Nachdem der Hopfentrub sich im Konus des separaten Kochgefäßes abgesetzt hat, können die Würzefraktionen vereint und gekühlt werden.

■ Fazit

Eine Hopfenausbeute von nur bis zu 40 Prozent [2] im Bier ist wirtschaftlich nicht hinnehmbar. Bisher sind viele Ansätze zur Steigerung der Hopfenausbeute in der Literatur zu finden. Jedoch gehen bezüglich der einzustellenden Parameter bei der Hopfendosierung, besonders zum Gabezeitpunkt, die Meinungen auseinander [9].

In naher Zukunft werden gezielte Untersuchungen angestrebt, die alle hopfenbeeinflussenden Parameter, wie Kochzeit, Kochtemperatur, pH-Wert, Stammwürze, Mineralstoffgehalt und Partikelgrößenverteilung, des verwendeten Kochfluids als neu hinzukommende Einflussfaktoren betrachten, um ein mögliches Maximum für die Hopfenausbeute aufzeigen zu können.

Die Grundlage einer vorteilhafteren Würze zur erhöhten Hopfenausbeute ist mit der Würze von Nessie bereits geschaffen. In Kombination mit einer fraktionierten Würzekochung sind die Aussichten für eine Ausbeutesteigerung des Hopfens vielversprechend. ■

■ Literatur

1. Back, W.: Ausgewählte Kapitel der Brauereitechnologie; Fachverlag Hans Carl GmbH, Nürnberg, 2005.
2. Biendl, M.; Engelhard, B.; Forster, A.; Gahr, A.; Lutz, A.; Mitter, W.; Schmidt, R.; Schönberger, C.: Hopfen: vom Anbau bis zum Bier; Fachverlag Hans Carl GmbH, Nürnberg, 2012.
3. De Clerck, J.: Lehrbuch der Brauerei – Band 1: Rohstoffe, Herstellung, Einrichtungen; Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin, Berlin, 1964.
4. Kappler, S.; Krahl, M.; Geissinger, C.; Becker, T.; Krottenthaler, M.: „Degradation of Iso- α -Acids During Wort Boiling“, in: Journal of the Institute of Brewing, 2010, S. 332-338.
5. Koller, H.; Hartl, A.; Kirchner, G.: „Verfahren zur Herstellung von Iso humulon“, Patent DE 000001618059 C, 02 05 1967.
6. Schwill-Miedaner, A.: Verfahrenstechnik im Brauprozess; Fachverlag Hans Carl GmbH, Nürnberg, 2011.
7. Miedaner, H. (Hrsg.): Brautechnische Analysemethoden, Band II, Methodensammlung d. Mitteleurop. Brautechn. Analysekommision (MEBAK); Selbstverlag der MEBAK, Freising-Weihenstephan, 2002.
8. Narziß, L.; Back, W.: Die Bierbrauerei; Wiley-VCH, Hoboken, 2009.
9. Kaltner, D.: „Moderne Aspekte zur Hopfung des Bieres“, in: Brauindustrie, Nr. 2, 2005, S. 22-25.