

D. Kaltner, B. Thum, C. Forster und W. Back

Untersuchungen zum Hopfenaroma in Pilsner Bieren bei Variation technologischer Parameter

Das Hopfenaroma im Bier wird durch zahlreiche Verbindungen unterschiedlich stark beeinflusst. Die besondere Bedeutung der Aromakomponente Linalool für das Aroma in Hopfen wie auch im Bier wurde in aktuellen Arbeiten von Steinhaus und Fritsch mittels Aromaextraktverdünnungsanalyse bestätigt. Die Kombination schonender Probenaufarbeitung, gekoppelt mit GC-MS, ermöglicht eine sicherere Aussage der Linaloolkonzentration in Hopfen, in Würze und im Bier als Indikator für das Hopfenaroma im Bier. Aus dem Linaloolgehalt des Hopfens kann ein Zusammenhang mit der zu erwartenden Intensität des Hopfenaromas im Bier abgeleitet werden. Auf diese Weise ist es gelungen, Hopfensorten aus verschiedenen Anbaugebieten und unterschiedliche Hopfenprodukte analytisch und sensorisch zu differenzieren. Die Erarbeitung einer Stufenkontrolle über den gesamten Produktionsprozess gibt Aufschluss über den Verlauf der Linaloolkonzentration.

BC 25 Bier

(Deskriptoren: Hopfenaroma im Bier, Hopfensorte, Stufenkontrolle, Linaloolgehalt, Hopfenprodukt, Hopfenanalytik.

Descriptors: Hop flavour, hop product, stage control system, linalool content, hop variety, hop analysis).

1 Einleitung

Das Hopfenaroma im Bier wurde bis heute von zahlreichen Arbeitsgruppen untersucht. Über den tatsächlichen Beitrag einzelner Verbindungen zum Hopfenaroma im Bier gehen die Meinungen der Forscher weit auseinander. Jüngste Untersuchungen von *Fritsch* und *Schieberle* (1) widerlegten den Beitrag von verschiedenen Aromastoffen zum Hopfenaroma in Pilsner Bieren, wie sie bisher in der Literatur genannt wurden.

Den Untersuchungen zu Folge sind Oxidationsverbindungen wie z.B. Humuleneoxid I unwichtig für das Hopfenaroma im Bier. Linalool hingegen wurde als sehr wichtige Aromakomponente für das Hopfenaroma im Bier gefunden. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde im Rahmen einer Dissertation (2) untersucht, ob der Linaloolgehalt als Indikator für das Hopfenaroma im Bier verwendet werden kann. Die Quantifizierung von Linalool in Würze und Bier wurde mit einer neu entwickelten Analytik (3) aus Kombination von Festphasenextraktion und GC-MS durchgeführt. In Hopfen erfolgte die Bestimmung der Linaloolkonzentration über eine schonende Aufarbeitung mittels SPE (Festphasenextraktion) und Quantifizierung mittels GC-FID (4).

Über die Auswirkungen verschiedener technologischer Parameter wie Zeitpunkt der Hopfengabe, Whirlpooltemperatur, Brau-

wasserzusammensetzung und biologische Säuerung auf das Hopfenaroma im Bier wurde bereits berichtet (5, 6).

In weiteren Versuchsansätzen wurden folgende Parameter untersucht:

- Erarbeitung einer Stufenkontrolle über den Linaloolgehalt;
- Differenzierung verschiedener Aromahopfensorten;
- Einsatz verschiedener Hopfenprodukte (Pellettypen).

2 Material und Methoden

2.1 Linalool in Hopfen

Aus einem wässrigen Auszug bei Würze-pH wird über Festphasenextraktion mit polarem Extraktionsmechanismus schonend ein Extrakt hergestellt. Die Quantifizierung wird an einem GC-FID-System durchgeführt (4).

2.2 Linalool in Würze und in Bier

Mittels Festphasenextraktion wird ein Extrakt hergestellt und anschließend in einem GC-MS-System analysiert und ausgewertet (3). Die Verwendung eines GC-MS-Systems schließt mögliche Fehler durch Koelution, wie sie vereinzelt im Bereich des Linaloolpeaks auftreten können, aus.

Das Analysenschema für die Aufarbeitung einer Würze- bzw. Bierprobe sieht wie folgt aus:

- Konditionierung des Extraktionssäulchens: 3 ml Ethanol (über Aktivkohle-Säule gereinigt); 3 ml Wasser;
- 100 µl interner Standard werden mit 24,9 ml der Probe versetzt und homogenisiert;
- Aufgabe von 20 ml der mit internem Standard versetzten Probe auf das Extraktionssäulchen;
- Waschen mit 10 ml 0,01 mmol/l HCl;
- Vortrocknen des Säulchens (zentrifugieren mit 3000 rpm für 10 min);
- Resttrocknung über eine Trocknungskartusche (Na₂SO₄);
- Elution der Aromastoffe mit t-Butylmethylether (5 ml);

Autoren: Dr. Dietmar Kaltner, Simon H. Steiner Hopfen GmbH, Auhofstr. 18, D-84048 Mainburg; Dr. Clemens Forster, Labatt Brewing Company Ltd., London, Ontario, Canada; Dr. Bernhard Thum, Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I der Technischen Universität München, D-85350 Freising-Weihenstephan und Prof. Dr. Werner Back, Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I der Technischen Universität München, D-85350 Freising-Weihenstephan

- ❑ Zugabe von 100 µl Ethanol;
- ❑ Vorsichtiges Einengen des Eluates auf 100 µl im Stickstoffstrom;
- ❑ Gaschromatographische Messung GC/MS (TIM);
- ❑ Kalibrierung: Aufarbeitung von Standards in 5% Ethanol (über Aktivkohle-Säule gereinigt) bzw. in wässriger Lösung (Würze).

Geräte und Geräteparameter:

Festphasenextraktionsstation für 20 Proben von ICT

Extraktionssäulchen: ICT „ENV“ 200 mg/ 6 ml

Injektion: 1 µl splitless (Split open bei 1,0 min)

Temperaturprogramm: 40 °C für 2 min; mit 5 °C/min auf 230 °C; 40 min halten

GC/MS: Finnigan GCQ (Ion Trap) mit Split/Splitless-Injektor, CTC Autosampler A200SE und Steuerungs-/Auswertungsrechner; Trennsäule: Macherey & Nagel PermaBond FFAP (l = 60 m; 0,25 mm i.D.; 0,25 µm Filmdicke); Trägergas: Helium 6.0.

2.3 Bitterstoffe im Hopfen

Die Konduktometerwerte in den Hopfenprodukten wurde nach den Vorschriften der ANALYTICA-EBC 7.5 ermittelt.

2.5 Pilotbrauanlage

Die Biere zu diesen Versuchen wurden auf der Pilotbrauanlage des Lehrstuhls für Technologie der Brauerei I in Weihenstephan hergestellt. Die verwendeten Rohstoffe wurden bis auf den Hopfen für alle Versuche gleich gehalten. Die Gesamtkochzeit betrug jeweils 75 min. Das Bier wurde über einen Schichtenfilter filtriert. Bei der Abfüllung in Flaschen, die über einen Handfüller erfolgte, wurde eine dreifache Vorevakuierung und CO₂-Spülung angewandt. Die weitere Lagerung des Flaschenbieres erfolgte bei 2 °C.

2.6 Verkostung

Die sensorische Beurteilung der Versuchsbiere erfolgte anhand eines spezifischen Verkostungsschemas für hopfenaromatische Biere nach *Kalmer* (5). Mit Hilfe dieses Schemas kann das Hopfenaroma eines Bieres differenziert bewertet werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Erarbeitung einer Stufenkontrolle für das Hopfenaroma über den Linaloolgehalt in Bier

Die gezielte Steuerung des Hopfenaromas im Bier über den Linaloolgehalt erfordert die genaue Kenntnis der Veränderungen während der einzelnen Stufen des Würze- und Bierbereitungsprozesses.

Nummer	Zeitpunkt der Probenahme
1	5 min. nach Kochbeginn
2	15 min.nach Kochbeginn
3	30 min.nach Kochbeginn
4	40 min.nach Kochbeginn
5	50 min.nach Kochbeginn
6	Ausschlagen
7	Mitte Whirlpoolrast
8	Kühlmitte = Anstellwürze
9	Ende Hauptgärung
10	Ende Lagerung
11	Frisch abgefülltes Bier
12	Bier 2 Wochen nach dem Abfüllen
13	Bier 4 Wochen nach dem Abfüllen

Aus diesem Grund wurde eine Versuchsreihe durchgeführt, bei der Proben während des gesamten Würze- und Bierbereitungsprozesses entnommen wurden. Die Zeitpunkte der Probenahmen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Es wurde Hopfen der Sorte Hallertauer Hersbrucker Typ 45 mit einem Alphasäuregehalt von 6,5% und einem Linaloolgehalt von 33,0 µg/g eingesetzt. Die Hopfengabe wurde, wie in Tabelle 2 dargestellt, in 2 Teilgaben dosiert.

Abbildung 1 zeigt den Verlauf der Linaloolkonzentration über den gesamten Würze- und Bierbereitungsprozess. Dabei ist zu erkennen, dass über den gesamten Vorgang des Würzekochens eine stetige Abnahme an Linalool stattfindet. Die Konzentration

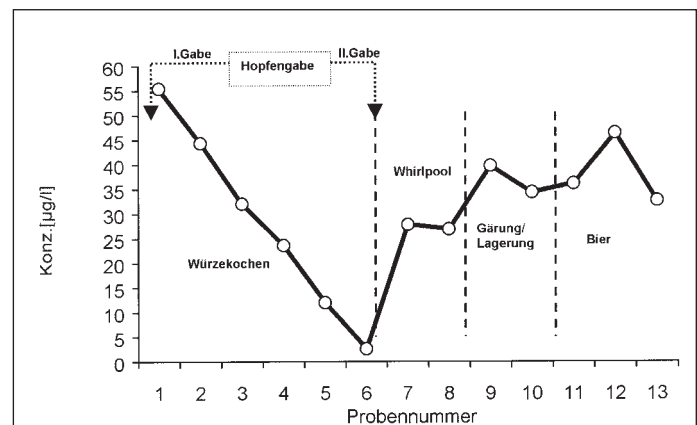


Abb. 1 Verlauf von Linalool in Würze und Bier bei der Bierherstellung

	Dosagemenge	Zeitpunkt der Gabe
I. Gabe	90 mg α-Säure/l AW = 45,7 µg Linalool/l AW	Kochbeginn
II. Gabe	30 mg α-Säure/l AW = 15,2 µg Linalool/l AW	Whirlpool

(AW=Ausschlagwürze)

Tabelle 3 Übersicht zum Versuch Hopfensorten und Anbauggebiete

Versuch	Hopfensorte	Anbauggebiet	Hopfenprodukt	Abkürzung
Sorte 1	Hallertauer	Hallertau	Pellets Typ 90	HHA
Sorte 2	Hallertauer	Tettwang	Pellets Typ 45	THA
Sorte 3	Hallertauer	Spalt	Pellets Typ 45	SHA
Sorte 4	Hersbrucker	Hersbruck	Pellets Typ 45	GHE
Sorte 5	Hersbrucker	Hallertau	Pellets Typ 45	HHE
Sorte 6	Hersbrucker	Spalt	Pellets Typ 45	SHE
Sorte 7	Tettwanger	Tettwang	Pellets Typ 45	TTE
Sorte 8	Steirer Golding	Slowenien u. Steiermark	Pellets Typ 45	SIGO
Sorte 9	Spalter Select	Hallertau	Pellets Typ 45	HSE

nimmt von anfänglich 55,5 µg/l auf 2,6 µg/l ab. D.h., dass über 95% des zu Kochbeginn dosierten Linalools durch das Kochen ausgedampft werden. Durch die 2. Hopfengabe in den Whirlpool kann eine Steigerung der Linaloolkonzentration auf 26,9 µg/l in der Anstellwürze erreicht werden. Während der Gärung wird – bedingt durch das Enzymsystem der Hefe – eine Zunahme der Linaloolkonzentration gemessen. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den Ergebnissen *Goldsteins*, der über die Eigenschaft des Enzymsystems der Hefe berichtete, glycosidisch gebundenes Linalool in Hopfen freizusetzen (7). Durch die zweite Hopfengabe, die einer Linaloolkonzentration von 15,2 µg/l in Würze entspricht, kann ein Linaloolgehalt von 32,6 µg/l im 4 Wochen alten Bier erreicht werden. Diese Konzentration liegt weit über dem ermittelten Schwellenwert von 5 µg/l und ist mit einem deutlich wahrnehmbaren Hopfenaroma im Bier verbunden.

3.2 Differenzierung verschiedener Aromahopfsorten

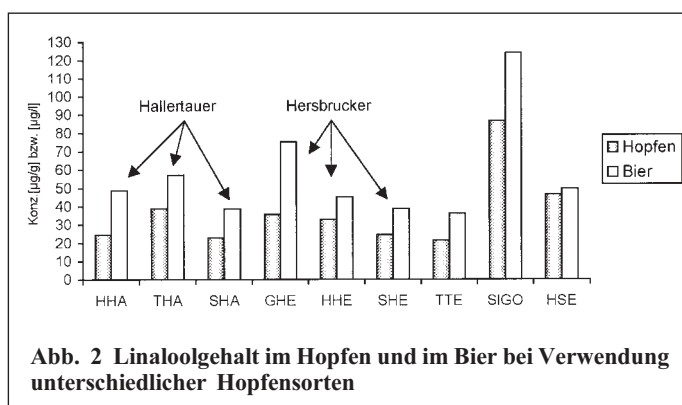
Das Angebot an Aromahopfsorten ist sehr umfangreich. Der Technologie wählt beim Einkauf den Aromahopfen nach unterschiedlichen Gesichtspunkten aus. So spielen Eigenschaften wie Aromaqualität, Alphasäuregehalt, Co-Humulongehalt, Anbaugbiet, Preis und spezielle Charakteristika, wie z.B. die Zusammensetzung und Menge der Polyphenole im Hopfen, eine wichtige Rolle für die Wahl einer bestimmten Sorte.

Zur genauen Charakterisierung der Aromaqualität einer Hopfensorte und des zu erwartenden Hopfenaromas im Bier fehlen bislang noch geeignete Analysenparameter. Aus diesem Grund wurde eine Versuchsreihe durchgeführt, bei der verschiedene Aromahopfsorten beim Brauprozess eingesetzt wurden. Von zwei Aromasorten wurde der Einfluss des Anbaugbietes untersucht. Hierzu wurden Aromahopfen aus drei verschiedenen Hopfenbaugebieten ausgewählt.

Aus den Daten der Hopfenanalysen und der sensorischen wie auch analytischen Bewertung des Hopfenaromas in den Bieren sollten neue Erkenntnisse zur genaueren Charakterisierung von Aroma-

Tabelle 4 Aufteilung der Hopfengabe beim Versuch Hopfensorten und Anbauggebiete

	Zeitpunkt der Gabe	Menge der Gabe
I. Gabe	Kochbeginn	90 mg α-Säure/l AW
II. Gabe	Whirlpool	50 mg α-Säure/l AW

**Abb. 2 Linaloolgehalt im Hopfen und im Bier bei Verwendung unterschiedlicher Hopfsorten**

hopfsorten gewonnen werden. In Tabelle 3 werden die verschiedenen Hopfsorten dieser Versuchsreihe beschrieben. Die Hopfengabe wurde mit 140 mg α-Säure/ml AW in 2 Teilgaben dosiert. In Tabelle 4 wird die Aufteilung der Hopfengabe aufgezeigt. Abbildung 2 zeigt die Unterschiede in den Linaloolkonzentrationen der verschiedenen Aromasorten. Sorte SIGO weist mit 86,5 µg/g die höchste Konzentration an Linalool im Hopfen auf. Dieser Wert liegt um mehr als das 4-fache über dem minimalen Gehalt an Linalool im Hopfen dieser Versuchsreihe. Betrachtet man die Sorten HHA, THA, SHA und GHE, HHE, SHE so kann man erkennen, dass auch bei gleichen Hopfsorten aus verschiedenen Anbaugebieten in dieser Versuchsdurchführung deutliche Unterschiede im Gehalt an Linalool gemessen werden (Tab. 5).

Tabelle 5 Konduktometerwerte und Linaloolkonzentration der Hopfen- u. Bierproben

Sorte	HHA	THA	SHA	GHE	HHE	SHE	TTE	SIGO	HSE
α-Säuregehalt [%] (KW)	4,4	7,9	8,0	6,0	6,0	8,0	7,5	11,0	10,0
Linalool Hopfen [µg/g]	24,6	38,9	23,0	35,7	32,9	24,4	21,3	86,5	46,5
Linalool Bier [µg/l]	48,9	57,2	38,8	75,2	45,2	38,7	36,1	123,9	49,5

Tabelle 6 Ergebnisse der spezifischen Verkostung für hopfenaromatische Biere									
Sorte	HHA	THA	SHA	GHE	HHE	SHE	TTE	SIGO	HSE
DLG	4,6	4,5	4,4	4,6	4,6	4,7	4,4	4,6	4,6
<i>Geruch</i>									
Intensität d. Hopfenaromas	4,1	3,6	3,8	4,6	3,8	3,7	3,2	4,3	3,8
Güte d. Hopfenaromas	4,3	3,9	4,1	4,2	4,3	4,2	3,5	4,3	4,3
<i>Trunk</i>									
Intensität d. Hopfenaromas	3,8	3,9	3,7	4,2	3,9	3,9	3,7	4,2	3,8
Güte d. Hopfenaromas	4,4	4,1	4,0	4,3	4,2	4,3	3,7	4,3	4,0
<i>Bittere</i>									
Intensität	3,2	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,4	3,3	3,3
Güte	fein	fein	fein	fein	fein	fein	fein	fein	fein

Die Linaloolkonzentration im Bier korreliert ($r = 0,8875$) mit den Gehalten im Hopfen. Die zu erwartenden Unterschiede innerhalb einer Hopfensorte wie bei Sorte Hallertauer und Sorte Hersbrucker lassen sich hier somit aus der Bestimmung der Linaloolkonzentration des Hopfens ableiten.

Die Sorte Steirer Golding führt zum Bier mit der höchsten Linaloolkonzentration von 123,9 µg/l. Die Verwendung einer Hopfensorte aus unterschiedlichen Anbaugebieten kann zu einer

Schwankung der Linaloolmenge um fast 94% im Bier führen.

Die Auswertungen der spezifischen Verkostung für hopfenaromatische Biere der Versuchsreihe sind in Tabelle 6 eingetragen.

Aus Abbildung 3 kann man erkennen, dass die Intensität des Hopfenaromas im Bier bei der Sorte HHA am höchsten ausfällt. Die Güte des Hopfenaromas wird ebenfalls bei dem Bier der Sorte HHA am besten eingestuft (siehe Abb. 4).

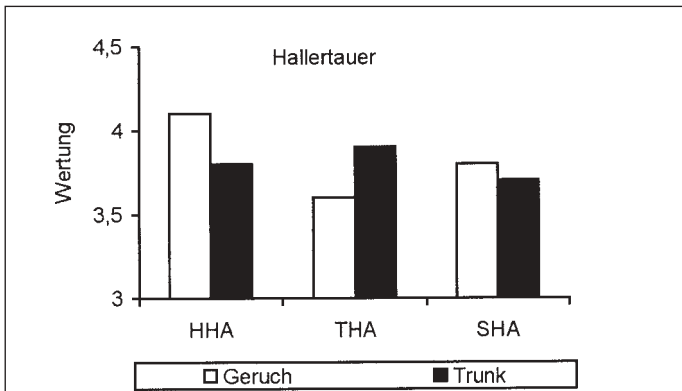


Abb. 3 Intensität des Hopfenaromas im Bier bei der Sorte Hallertauer aus verschiedenen Anbaugebieten

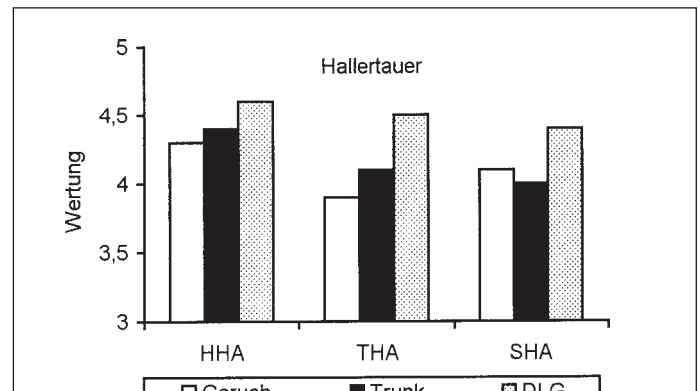


Abb. 4 Güte des Hopfenaromas im Bier bei der Sorte Hallertauer aus verschiedenen Anbaugebieten

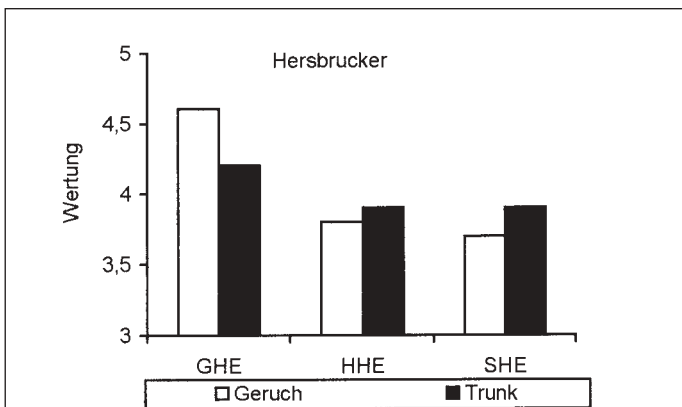


Abb. 5 Intensität des Hopfenaromas im Bier bei der Sorte Hersbrucker aus verschiedenen Anbaugebieten

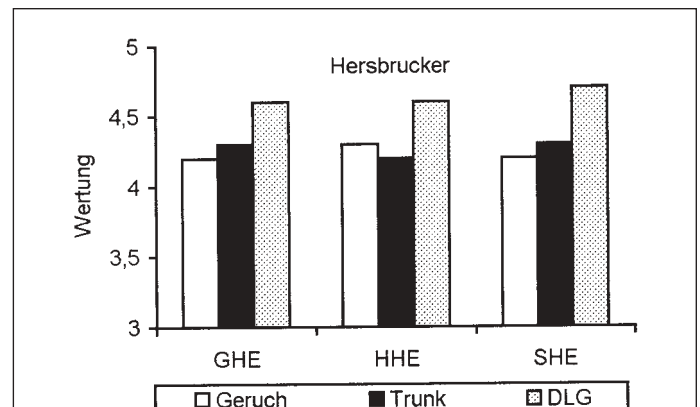


Abb. 6 Güte des Hopfenaromas im Bier bei der Sorte Hersbrucker aus verschiedenen Anbaugebieten

Die Biere aus den Sorten HHA und SHA werden mit blumig, fruchtig beschrieben. Sorte THA erhält eine citrusartige, etwas blumige Beschreibung des Geruchs- und Geschmackseindrucks im Bier.

Der Linaloolgehalt korreliert auch bei den Sorten GHE, HHE und SHE mit einer Voraussage der Intensität des Hopfenaromas im Bier. Es kann innerhalb dieser Versuchsanstellung bei der Sorte Hersbrucker das Anbaugebiet ermittelt werden, mit dem das intensivste Hopfenaroma im Bier zu erreichen ist (siehe Abb. 5). Die Güte des Hopfenaromas der Biere Sorte GHE, HHE und SHE unterscheidet sich nicht (Abb. 6).

Der sensorische Eindruck des Bieres GHE fällt durch eine starke fruchtige Note im Trunk und im Geruch auf. Dieses Bier wird desweiteren mit blumig, citrusartig beschrieben.

Die Biere Sorte HHE und SHE weisen in der Geruchs- und Trunkbeschreibung ebenfalls fruchtige und citrusartige Noten auf.

Sorte SIGO hebt sich durch einen hohen Linaloolgehalt und gleichzeitig der höchsten Intensität des Hopfenaromas im Bier von den beiden Bieren Sorte TTE und HSE ab. Man kann aus Abbildung 7 auch erkennen, dass ein niedrigerer Linaloolgehalt bei der Sorte TTE auch zu einem sensorisch schwächer ausgeprägten Hopfenaroma im Bier führt. Die Güte des Bieres Sorte SIGO liegt über den Sorten TTE und HSE (Abb. 8).

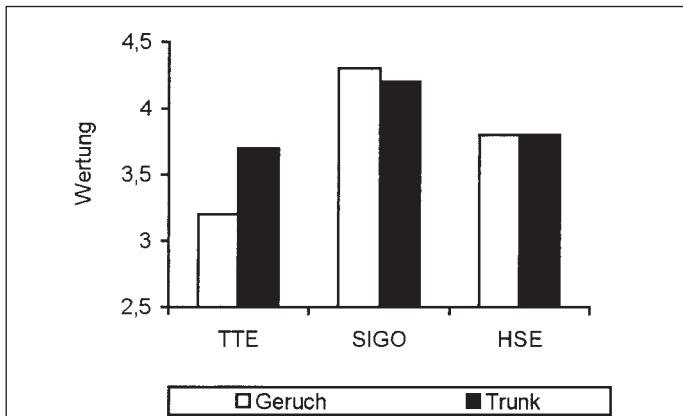


Abb. 7 Intensität des Hopfenaromas im Bier bei Verwendung verschiedener Hopfensorten

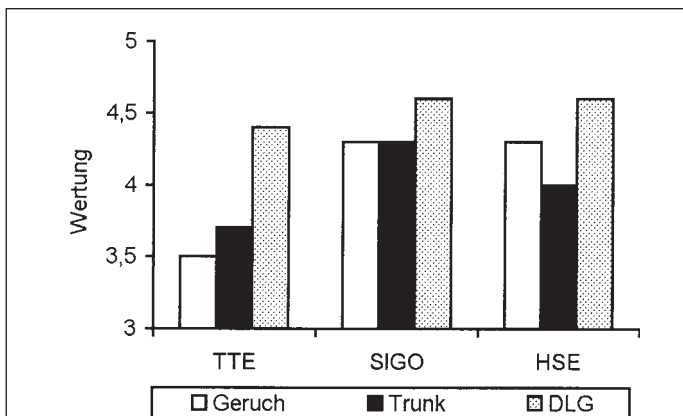


Abb. 8 Güte des Hopfenaromas im Bier bei Verwendung verschiedener Hopfensorten

Versuch	Beschreibung	Hopfensorte
Treber	Pellets aus Hopfentreber	Hallertauer Hersbrucker
Typ 90	Pellets Typ 90	Hallertauer Hersbrucker
Typ 35	Pellets Typ 35	Hallertauer Hersbrucker

Versuch	Gesamthopfengabe [mg α -Säure/l AW]	I. Gabe [mg α -Säure/l AW]	II. Gabe [mg α -Säure/l AW]
Treber*	26	17,4 Kochbeginn	8,6 Whirlpool
Typ 35	120	80,4 Kochbeginn	39,6 Whirlpool
Typ 90	120	80,4 Kochbeginn	39,6 Whirlpool

* die Hopfengabe entspricht dem Blattanteil eines Pellets Typ 70

Versuch	Treber	Typ 90	Typ 35
α -Säuregehalt [%] (KW)	0,7	2,1	5,5
Ölmenge [ml/100 g]	0,30	0,60	1,60

Der Geruchs- und Geschmackseindruck wird im Bier SIGO fruchtig, blumig, pinienharzartig beschrieben. Versuch TTE wird eine etwas krautige, leicht blumige Note zugewiesen.

Beim Bier HSE wird eine leicht fruchtige, citrusartige Note wahrgenommen.

So kann zusammengefasst werden, dass in einer Versuchsanstellung über den Linaloolgehalt des eingesetzten Hopfens eine Voraussage zur Intensität des Hopfenaromas im Bier getroffen werden konnte. Auf diese Art war es möglich, eine Hopfensorte aus unterschiedlichen Anbaugebieten auf die sensorisch zu erwartende Intensität des Hopfenaromas im Bier zu differenzieren.

3.3 Einsatz verschiedener Hopfenprodukte (Pellettypen)

Hopfen ist in Form verschiedener Produkte erhältlich. Der Technologe entscheidet beim Einkauf eines Aromahopfens nach unterschiedlichen Gesichtspunkten. So spielen Kriterien wie der Alphasäuregehalt, die Aromaqualität, das Anbaugebiet, die Hopfenölmenge, der Nitratgehalt und die Veredelung zu einem bestimmten Produkt neben dem Preis eine Rolle für die Entscheidungsfindung beim Hopfenkauf.

In einer Versuchsanstellung sollte der Einfluss verschiedener Pellettypen auf das Hopfenaroma im Bier untersucht werden. Dazu wurden aus einer einheitlichen Hopfencharge Pellets des Typs 35 und 90 hergestellt. Zum Vergleich wurden aus dem Trebermaterial dieser Charge Pellets gepresst und in einem Brauversuch eingesetzt. In Tabelle 7 und 8 sind die Parameter bzw. die Aufteilung der Hopfengaben für die Versuchsbiere aufgeführt. Die Konduktometerwerte und die Ölmengen (volumetrisch) der eingesetzten Hopfenpellets sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 10 Linaloolgehalt im Hopfen und im Bier zum Versuch Hopfenprodukte

Versuch	Treber	Typ 90	Typ 35
Linalool Hopfen [$\mu\text{g/g}$]	4,8	26,5	31,6
Linalool Bier [$\mu\text{g/l}$]	10,4	87,6	82,8

Die Konduktometerwerte der untersuchten Hopfenmuster steigen produktbedingt mit abnehmenden Blattanteil an. Die bestimmte Ölmenge verhält sich wie die KW der Hopfenpellets. Mit abnehmendem Blattanteil ist eine höhere Ölmenge der Proben festzustellen. Der Linaloolgehalt in den Pellets steigt von 4,8 $\mu\text{g/g}$ beim Hopfentreber bis hin auf 31,6 $\mu\text{g/g}$ bei den Pellets Typ 35 (siehe Tab. 10).

Die Linaloolkonzentration des Bieres Treber liegt mit 10,4 $\mu\text{g/l}$ (Tab. 10) deutlich über dem ermittelten Schwellenwert von 5 $\mu\text{g/l}$. Damit bestätigen sich die Ergebnisse Goldstein's (7), der in Hopfenresten nach der CO_2 -Extraktion noch 30% wasserlösliche Komponenten gefunden hat.

Im Bier Typ 90 kann man eine höhere Konzentration feststellen wie im Bier Typ 35. Bei Versuch Typ 90 wurde eine wesentlich höhere Menge an Hopfenprodukt dosiert wie vergleichsweise bei Typ 35.

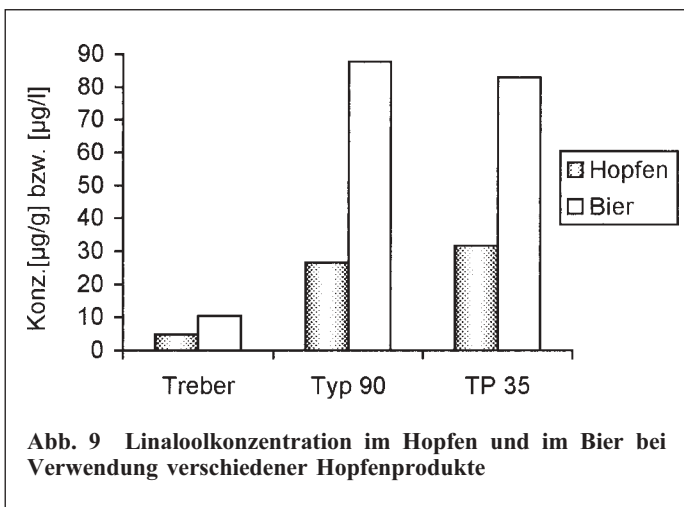


Abb. 9 Linaloolkonzentration im Hopfen und im Bier bei Verwendung verschiedener Hopfenprodukte

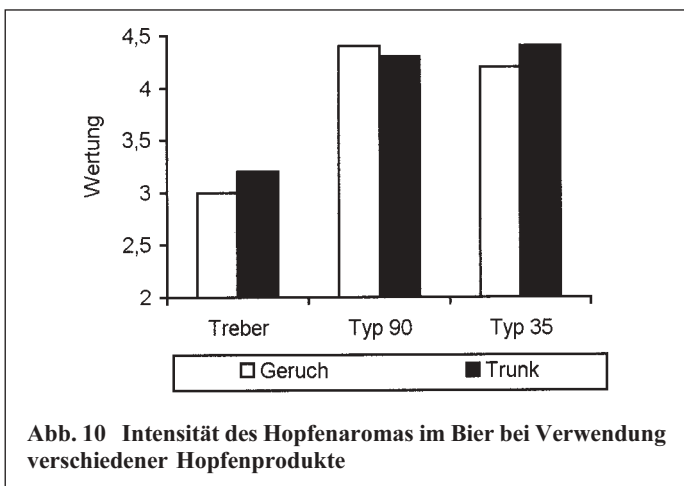


Abb. 10 Intensität des Hopfenaromas im Bier bei Verwendung verschiedener Hopfenprodukte

Tabelle 11 Ergebnisse der spezifischen Verkostung für hopfenaromatische Biere und der Bitterstoffanalysen der Biere zum Versuch Hopfenprodukte

Versuch	Treber	Typ 90	Typ 35
DLG	4,4	4,7	4,7
<i>Geruch</i>			
Intensität d. Hopfenaromas	3,0	4,4	4,2
Güte d. Hopfenaromas	4,0	4,6	4,4
<i>Trunk</i>			
Intensität d. Hopfenaromas	3,2	4,3	4,4
Güte d. Hopfenaromas	4,1	4,2	4,3
<i>Bittere</i>			
Intensität	2,1	3,7	3,6
Güte	fein	zw. fein u. hart	zw. fein u. nachh.
EBC-BU	23,4	23,5	22,4
Iso- α -Säure [mg/l]	3,2	16,1	23,7

Das Ergebnis der spezifischen Verkostung für hopfenaromatische Biere zeigt, dass ein Zusammenhang zwischen dem Linaloolgehalt (siehe Abb. 9 u. 10) und der Intensität des Hopfenaromas im Bier gegeben ist. Die Hopfendosage wurde im Versuch Typ 90 und Typ 35 nach dosierter Alphasäure gleich gehalten.

Die Bittere der Biere Typ 90 und 35 kann sensorisch nicht differenziert werden. Die Ermittlung der EBC-BU bestätigt dieses Ergebnis (s.a. Tab. 11). Der Gehalt an Iso- α -Säuren hingegen liegt bei Bier Typ 35 um 47% höher als bei Bier Typ 90. Bei Bier Typ 90 wird die Qualität der Bittere zwischen fein und hart, bei Bier Typ 35 zwischen fein und nachhängend eingestuft. Das Bier Treber hat ein wahrnehmbares Hopfenaroma im Bier. Der Linaloolgehalt dieses Bieres liegt über dem Schwellenwert, so werden der Geruch wie auch der Trunk dieses Bieres mit blumig beschrieben. Die Bittere wird schwach in ihrer Intensität und fein in der Güte beschrieben. Die Biere Typ 90 und Typ 35 erhalten Beschreibungen wie blumig und fruchtig. Typ 35 wird zudem im Geruch etwas citrusartig beschrieben.

So kann gefolgert werden, dass mit Hopfentreber ein wahrnehmbares, angenehmes Hopfenaroma im Bier erzeugt werden kann. Die Intensität und die Güte des Hopfenaromas im Bier kann bei Verwendung von Hopfen des Typs 35 oder 90 nicht unterschieden werden (siehe Abb. 10 u. 11).

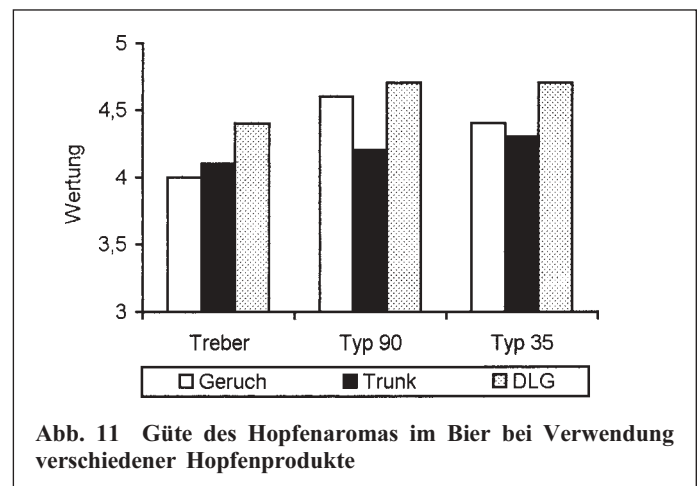


Abb. 11 Güte des Hopfenaromas im Bier bei Verwendung verschiedener Hopfenprodukte

4 Zusammenfassung

Es wurden Untersuchungen zum Einfluss technologischer Parameter auf das Hopfenaroma im Bier durchgeführt. Linalool als Indikator für das Hopfenaroma im Bier wurde anhand neuer Analysemethoden bestimmt. Das zu erwartende Hopfenaroma im Bier lässt sich über die Linaloolkonzentration der eingesetzten Hopfensorten und -produkte besser steuern.

Aus den vorgestellten Untersuchungen wurden folgende Erkenntnisse gewonnen:

- Die systematische Untersuchung der Linaloolkonzentration als Basis zur Einführung einer Stufenkontrolle während des Brauprozesses zeigt, dass Linalool in der Würze während des Kochvorganges um mehr als 95% abnimmt. Eine Hopfendosage in den Whirlpool, berechnet mit 15,2 µg Linalool/l Ausschlagwürze, führt zu einem Linaloolgehalt von 36,2 µg/l im abgefüllten Bier und liegt damit deutlich über dem ermittelten Schwellenwert im Bier von 5 µg/l. Die Dosage von Aromahopfen sollte sinnvollerweise über den Linaloolgehalt eingestellt werden.
- Aromahopfensorten können über den Gehalt an Linalool im Hopfen untereinander differenziert werden. Mit Hilfe der Linaloolkonzentration konnte in einer Versuchsanstellung auch innerhalb einer Aromahopfensorte das Anbauggebiet ermittelt werden, welches zum intensivsten Hopfenaroma im Bier führt. Der Linaloolgehalt im Hopfen kann somit als ein Hilfsmittel zur Dosierung der späten Hopfengabe und zur Vorhersage der Intensität des zu erwartenden Hopfenaromas im Bier herangezogen werden.
- Aus Hopfentrebern lässt sich ein sensorisch wahrnehmbares Hopfenaroma im Bier erzeugen. Durch die Dosage von Hopfentrebern beim Brauprozess wird eine Linaloolkonzentration von 10,4 µg/l im Bier erreicht. Dies deutet darauf hin, dass Linalool auch in glycosidisch gebundener Form in Hopfen vorkommt. Die Verwendung von Hopfenpellets Typ 90 oder Typ 35 führt zu keinem feststellbaren Unterschied im Linaloolgehalt des Bieres und in der Intensität des Hopfenaromas im Bier. Es besteht kein direkter Zusammenhang zwischen der Ölmenge eines Hopfens und der sensorisch erfassbaren Intensität des Hopfenaromas im Bier.

Danksagung

Wir bedanken uns bei der Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. für die finanzielle Förderung dieses Forschungsvorhabens.

5 Summary

Kaltner, D., Thum, B., Forster, C., and Back, W.: Studies on hop aroma in Pilsner beer — Monatsschrift für Brauwissenschaft 54, No. 9/10, 199 – 205, 2001

BC 25 Beer

Hop flavour in beers by varying technical parameters. The hop aroma in beer is strongly influenced by numerous compounds of different strength. The particular significance of the aroma component Linalool for the aroma in

hops as well as in beer has been confirmed in current papers by Steinhaus and Fritsch by aroma extract dilution analysis. The combination of careful specimen preparation linked with GC-MS makes it possible to make a reliable statement as to the Linalool concentration in hops, wort and beer as indicator for the hop aroma in beer. It is possible to deduce a relationship with the intensity of the hop aroma to be expected in beer from the Linalool content of hops. In this way it has been possible to differentiate between grades of hops from different growing areas by analysis and sensors. By providing a stage control system over the entire production process provides information on the course of the Linalool concentration.

Kaltner, D., Thum, B., Forster, C., et Back, W.: Examen de l'arôme de houblon dans les bières Pils par des variations de paramètres technologiques — Monatsschrift für Brauwissenschaft 54, No. 9/10, 199 – 205, 2001

BC 25 Bière

L'arôme de houblon dans la bière est influencé de façon variable par de nombreux composés. L'influence prépondérante du composé aromatique linalol pour l'arôme du houblon et de la bière a été confirmé par des travaux actuels de Steinhaus et Fritsch qui ont utilisé l'analyse d'arôme par extraction diluée. La combinaison de la préparation des échantillons avec ménagement couplée à CPG-SM permet un résultat sûr au niveau de la concentration en linalol dans le houblon, moût et dans la bière comme indicateur pour l'arôme de houblon dans la bière. A partir de la teneur en linalol dans le houblon on peut établir une liaison de l'intensité d'arôme de houblon dans la bière espérée. Par ce moyen il a été possible de différencier par analyse physico-chimique et sensorielle, des variétés de houblon de différents lieux de culture ainsi que différents produits du houblon. L'élaboration d'un contrôle par étapes du procédé total de fabrication fournit une explication sur l'évolution de la concentration en linalol.

6 Literatur

1. Fritsch, H., und Schieberle, P.: Potent odorants of pilsner beer, *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 2001. Im Druck.
2. Kaltner, D.: Untersuchungen zur Ausbildung des Hopfenaromas und technologische Maßnahmen zur Erzeugung hopfenaromatischer Biere. Dissertation. München: T.U.; Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, 2000.
3. Thum, B., und Back, W.: Schonende Analysemethoden zur Quantifizierung von Schlüsselaromastoffen in Bier. Proc. of the 27th EBC Congress, Cannes, 1999, 45 – 52.
4. Thum, B., Kaltner, D., und Back, W.: *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* In Vorbereitung.
5. Kaltner, D., Thum, B., Forster, C., und Back, W.: Hopfen – Untersuchungen über technologische und geschmackliche Auswirkungen im Bier, *Brauwelt* 140, Nr. 18, 704 – 709, 2000.
6. Kaltner, D., Forster, C., Thum, B., und Back, W.: Untersuchungen zur Ausbildung des Hopfenaromas während des Brauprozesses. Proc. of the 27th EBC Congress, Cannes, 1999, 63 – 70.
7. Goldstein, H., Ting, P., Navarro, A., und Ryder, D.: Water soluble hop flavor precursors and their role in beer flavor. Proc. of the 27th EBC Congress, Cannes, 1999, S. 53 – 62.

(Manuskripteingang: 28. 2. 2001)