

Braueigenschaften

von vier neuen deutschen Hopfensorten¹

1. Einleitung

Weltweit werden derzeit über 100 Hopfensorten kommerziell angebaut. Von Bedeutung sind etwa 50, die meisten davon Kreuzungszüchtungen [1, 118-139]. Die wesentlichen Zuchtziele sind Ertragssteigerungen, höhere Alpha-Säurenwerte, Krankheitstoleranzen, bessere Aromaeigenschaften und in letzter Zeit die Ausprägung besonderer Aromen, die unter Umständen gar nicht im herkömmlichen Sinn ein Hopfenaroma vermitteln. Viele dieser Sorten mit typischen, oft nach bestimmten Früchten riechenden Aromen werden bevorzugt für die Kalthopfung (Hopfenstopfen, Dry Hopping) eingesetzt [1, 295-302; 2].

Eine besondere Rolle bei den neuen Hopfensorten mit speziellen Aromen spielen schwefelhaltige Substanzen mit zwar geringen Gehalten, aber auch extrem niedrigen sensorischen Schwellenwerten [3]. Da die Neuzüchtungen auf großes Interesse, insbesondere von Craft Brewern, stoßen, ist die Zahl in den letzten Jahren sprunghaft gestiegen. Es wurden vier neue deutsche Zuchtsorten mit speziellen Aromen zugelassen, die auch gerne als „Flavor-Hopfen“ bezeichnet werden. Ihre generellen Braueigenschaften und damit ihre Zuordnung zu der Gruppe der Aroma- oder Bitterhopfen interessiert genauso wie ihr Potenzial zum Hopfenstopfen.

Es kamen die vier kürzlich zugelassenen Hüller Neuzüchtungen mit speziellen Aromaausprägungen als gemahlener Doldenhopfen zum Einsatz: Mandarin Bavaria (**MB**), Huell Melon (**HN**), Hallertau Blanc (**HC**) und Polaris (**PA**).

2. Versuchsanstellung

2.1 Brauersuche der ersten Serie (Heißhopfung)

In einer ersten Serie (Forschungsbrauerei St. Johann, 2 hl) wurden die verwendeten Hopfen reinsortig eingesetzt, ähnlich einem schon früher verifizierten Schema der CMA (Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft). Basis war ein helles Lagerbier mit ca. 11,5 Gew.-% Stammwürze und 20 bis 25 Bittereinheiten. Die Hopfengabe geschah wie folgt: In einer geteilten späten Gabe dosierte man eine Menge, die 1 ml Hopfenöl pro hl entspricht, je zur Hälfte bei Kochende und in den Whirlpool. Die damit zu erwartenden Bittereinheiten mussten bei der 1. Gabe zu Kochbeginn berücksichtigt und die benötigte Hopfenmenge über die Isomerisierungsrate von 25 % errechnet werden. Ziel dieser Serie war, die generellen Braueigenschaften der Hopfensorten zu prüfen und einander gegenüberzustellen.

Brewing Properties of Four New German Hop Varieties¹

1. Introduction

Over 100 different hop varieties are currently grown commercially around the world. About 50 varieties are significant, most of which are the result of cross-breeding [1, 118-139]. The primary aims of breeding are increased yields, high alpha acid values, greater disease tolerance, better aroma characteristics and more recently the development of particular aromas that are not necessarily traditional hop aromas. Many of these varieties with typical aromas of specific fruits are used preferably for cold hopping (dry hopping) [1, 295-302; 2]. With these new hop varieties with special aromas a particular role is played by sulfur substances with admittedly low content, but also with extremely low sensory threshold values [3]. Since these new breeds attract a lot of interest, especially from craft brewers, there has been a dramatic increase in their numbers in recent years. Four new German breeds with special aromas, also called "flavor hops", have been approved. Their general brewing properties and therefore their inclusion in the group of aroma hops or bitter hops are just as interesting as their potential for dry hopping. The four recently approved new breeds from Hüll with special aromas were used recently in the form of ground hop cones: Mandarin Bavaria (**MB**), Huell Melon (**HN**), Hallertau Blanc (**HC**) and Polaris (**PA**).

2. Test Program

2.1 Brewing trials of the first series (hot hopping)

In an initial series (Forschungsbrauerei St. Johann, 2 hl) the hops were use separately, similar to the earlier verified model of the CMA (Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft = Central Marketing Organization of German Agricultural Industries). The basis was a pale lager beer with approx. 11.5% original extract and 20 to 25 bitterness units. The hopping was as follows: In a split late addition, a dose of 1 ml hop per hl was used, half each at the end of boiling and in the whirlpool. The expected bitterness units had to be taken into account with the first addition at the beginning of boiling and the necessary volume of hops calculated with a rate of isomerization of 25%. The aim of this series was to test and compare the general brewing properties of the hop varieties.

The comparison was made with a beer with as little "hop character" as possible, bittered with a low-oil-content CO₂ extract of the Hercul variety. Thus the dose contained less accompanying bitter compounds, no hop polyphenols and just a fraction of the hop aroma components.

Sorte / Variety	Kürzel / Code	Öl / Oil (ml/100g)	Heiße / Hot Dosage		Kalte / Cold Dosage
			Start g/hl	Ende g/hl	
Saphir	SR	1,00	218,8	100,0	-
Herkules	HS	1,50	52,3	66,7	-
Mandarin Bavaria	MB	2,05	85,7	48,8	73,0
Huell Melon	HN	1,45	109,0	69,0	103,0
Hallertau Blanc	HC	1,65	75,7	60,6	91,0
Polaris	PA	3,80	33,2	26,3	40,0

Verwendete Hopfensorten, Ölgehalte und eingesetzte Mengen
Hop varieties used, oil content and doses applied

Zum Vergleich diente ein Bier mit möglichst wenig „Hopfencharakter“, gebittert mit einem ölrarmen CO₂-Extrakt der Sorte Hercul. Damit wurden weniger Hopfenbeibitterstoffe, keine Hopfenpolyphenole sowie nur ein Bruchteil der üblichen Hopfenaromakomponenten dosiert. In Tabelle 1 sind die eingesetzten Hopfensorten mit ihren Ölgehalten und den daraus abgeleiteten Dosagemengen bei Kochbeginn, Kochende/Whirlpool sowie zum Hopfenstopfen (2. Serie) aufgelistet. Die vier neuen Hüller Züchtungen wurden mit zwei typischen Hallertauer Hauptsorten verglichen. Der Saphir hat sich bei Brauern als eine Sorte durchgesetzt, die bei einer späten Hopfung eine besonders fruchtige Hopfenblume vermittelt. Hercul repräsentiert die derzeit erfolgreichste deutsche Bittersorte.

2.2 Brauersuche der zweiten Serie (Kalthopfung = Hopfenstopfen)

Beim Hopfenstopfen (engl. „dry hopping“) werden üblicherweise Doldenhopfen, gemahlener Hopfen oder Pellets ins kalte Bier gegeben, um Aromakomponenten mit geringeren Verlusten (keine Verdampfung) und verminderten chemischen Veränderungen (keine thermische Belastung, geringerer Einfluss der Hefe) ins Bier zu transferieren [1, 295-301; 2].

Da insbesondere die Angaben zu Transferraten spärlich sind, wurde dieser Frage nachgegangen. Basis und Vergleich war ein aufwendig gehopftes helles Vollbier, das folgende Merkmale aufweist:

- Stammwürze 11,5 bis 12,0 Gew.-%
- Angestrebte Bittere ca. 25 IBU
- Viergeteilte Hopfengabe mit normalen Pellets Typ 90 der Sorten Hallertauer Tradition (HT) und Hallertauer Mittelfrüher (HA)
- 1. Gabe 75 g/hl HT bei Kochbeginn
- 2. Gabe 70 g/hl HT bei Kochmitte
- 3. Gabe 50 g/hl HA bei Kochende
- 4. Gabe 50 g/hl HA als Vorlage in den Whirlpool
- Kochdauer (Innenkocher) 75 min.
- Hefe W 34/70
- Kalte Hauptgärung ca. 1 Woche bei 9 °C, Reifung ca. 1 Woche bei 15 °C, Kaltlagerung 3 Wochen bei 0-1 °C

Die jeweiligen Mengen zum Hopfenstopfen wurden im Lagertank vorgelegt, der Tank mit CO₂ gespült und das Jungbier nach der Hauptgärung in den Lagertank gepumpt. Der Hopfen blieb während der Reifung und Lagerung im Tank und wurde durch Abschießen zusammen mit der Hefe am Vortag der Filtration abgetrennt. Tabelle 1 gibt die Dosagemengen in g pro hl wieder (siehe oben). Sie errechnen sich aus dem Ölgehalt der Hopfen und einer gewünschten Dosage von 1,5 ml Hopfenöl pro hl.

Table 1 shows the hop varieties used with their oil content and the derived doses at the beginning of boiling, the end of boiling/whirlpool and also for dry hopping (2nd series). The four new breeds from Hüll were compared with typical major Hallertau varieties. The Saphir variety has become popular with brewers as a hop that gives a particularly fruity hop bouquet with late hopping. Hercul is currently the most successful German bitter variety.

2.2 Brewing trials of the second series (cold hopping = dry hopping)

Normally with dry hopping whole hop cones, ground hops or pellets are added to the cold beer to transfer in particular aroma components to the beer with low loss (no evaporation) and reduced chemical transformation (no thermal load, less influence of yeast) [1, 295-301; 2].

Since information about the transfer rates in particular is rather sparse, this matter was dealt with in detail. The basis and comparison was a generously hopped pale lager with the following characteristics:

- Original extract 11.5 to 12.0%
- Bitterness approx. 25 IBU
- Four-stage hopping with normal Type 90 pellets of the Hallertauer Tradition (HT) and Hallertauer Mittelfrüher (HA) varieties
- 1. Dose of 75 g/hl HT at the beginning of boiling
- 2. Dose of 70 g/hl HT in the middle of boiling
- 3. Dose of 50 g/hl HA at the end of boiling
- 4. Dose of 50 g/hl HA in the whirlpool
- Boiling time (internal boiler) 75 minutes
- Yeast W 34/70
- Cold main fermentation approx. 1 week at 9 °C, maturation approx. 1 week at 15 °C, cold storage 3 weeks at 0-1 °C

The amounts in each case for dry hopping were given in the storage tank, the tank flushed with CO₂ and the green beer was pumped into the storage tank after the main fermentation. The hops remained in the tank during maturation and storage and were separated off along with the yeast the day before filtration.

Table 1 shows the doses in g per hl (see above). They are calculated from the oil content of the hops and the desired dose of 1.5 ml hop oil per hl.

2.3 Methods of analysis

The hops were analyzed as follows:

- α-acids and β-acids using HPLC according to EBC 7.7
- Unspecified total polyphenols according to an AHA method (AHA = Arbeitsgruppe Hopfenanalyse = Hop Analysis Working Group)
- Specific low-molecular polyphenols using HPLC [5]
- Total oil according to EBC 7.10

¹Nach einem Vortrag beim 34. EBC Congress in Luxemburg, 2013
Based on a lecture held at the 34th EBC Congress in Luxembourg, 2013

Tabelle / Table 2							
		SR	HS	MB	HN	HC	PA
α-Säuren / α-acids	% w/w	3,6	13,9	8,7	7,0	9,8	19,5
β : α		1,7	0,3	0,76	1,22	0,56	0,26
Cohumulone ratio	% rel	17	35	31	28	22	25
Total Polyphenols	% w/w	5,5	3,7	4,4	4,3	5,6	3,8
Polyphenols : α		1,53	0,27	0,51	0,61	0,57	0,19
Öl / Oil	ml/100g	1,00	1,50	2,05	1,45	1,65	3,8

Allg. Hopfenanalysen und daraus
abgeleitete Kennzahlen in 6 Hopfensorten

General hop analyses and derived figures for 6 hop varieties

2.3 Analysenmethoden

Die Hopfen wurden wie folgt analysiert:

- α- und β-Säuren mittels HPLC nach EBC 7.7
- Unspezifische Gesamtpolyphenole nach einer Methode der AHA (Arbeitsgruppe Hopfenanalyse)
- Spezifische, niedermolekulare Polyphenole mittels HPLC [5]
- Gesamtöl nach EBC 7.10
- Aromasubstanzen mittels GC-FID nach MEBAK 1.4

An Bieranalysen liegen vor:

- Allgemeine Analysen wie Stammwürze, Alkohol, pH, Bittereinheiten EBC 9.8
- α- und Iso-α-Säuren mittels HPLC nach EBC 7.8
- Gesamtpolyphenole nach EBC 9.11
- Niedermolekulare HPLC-Polyphenole angelehnt an Hopfen [5]
- Hopfenaromastoffe im Bier mittels Head-Space SPME-GC-MS [6]

2.4 Sensorik der Biere

Bereits in der Vergangenheit hat sich ein etwa 30-köpfiges Konsumentenpanel bewährt [7]. Gegenüber einem trainierten Panel ist allerdings ein vereinfachtes Verkostungsschema gefragt, das sich auf das Wesentliche im Zusammenhang mit Hopfen beschränkt. Die Probanden hatten folgende fünf Kriterien mit den Noten von 1 bis 10 zu bewerten:

- Intensität und Qualität des Hopfenaromas
- Intensität und Qualität der Bittere
- Vollmundigkeit

Zusätzlich wurde in jeder Sitzung nach der Präferenz der Biere ab 1 (bevorzugtes Bier) gefragt. Doppelbenennungen waren nicht zulässig.

3. Versuchsergebnisse

3.1 Hopfenanalysen

In Tabelle 2 sind Daten der eingesetzten Hopfen zusammengestellt, wie sie ähnlich auch in neueren Sortenbeschreibungen zu finden sind [1, 134-136]. Der Hopfenölgehalt dient als Grundlage für die Dosage der späten Hopfengaben und der Hopfen für das Dry Hopping. Folgt man der bisherigen Gepflogenheit einer Eingruppierung, ist neben dem SR auch der HN als Aromasorte zu verstehen, die neue Sorte PA dagegen als Bittersorte. Außer dem ungewöhnlich hohen α-Säuregehalt von nahezu 20 % Gew.-% stechen die niedrigen Kennzahlen β:α oder Polyphenole:α hervor, die auch dem HS eigen sind. Die neuen Sorten MB und HC lassen sich so nicht eindeutig einer Sortengruppe zuordnen. Tabelle 3 enthält die Gehalte einiger der 56 analysierten niedermolekularen Polyphenole. Es sind jeweils Vertreter der Pronthocyanidine, monomeren Flavanole, Hydroxyzimtsäuren sowie Kämpferol- und Quercetinflavonoide enthalten. Ein höheres Niveau weisen SR und HC auf, die Sorten MN und MB liegen in der Mitte,

- Aroma substances using GC-FID according to MEBAK 1.4

The following were used for beer analysis:

- General analyses of original extract, alcohol, pH, bitterness units according to EBC 9.8
- α-acids and iso-α-acids using HPLC according to EBC 7.8
- Total polyphenols according to EBC 9.11
- Low-molecular HPLC polyphenols based on hops [5]
- Hop aroma substances in the beer using Headspace SPME-GC-MS [6]

2.4 Sensory analysis of the beers

A panel of 30 consumers has already proven to be effective [7]. In contrast to a panel of trained people, however, it is preferable to use a simplified tasting scheme which focuses on the essentials of hops. The test persons were asked to evaluate the following five criteria with scores of 1 to 10:

- Intensity and quality of the hop aroma
- Intensity and quality of the bitterness
- Body/palatefullness

In addition, at each session the personal preference of the beers was asked starting with 1 (preferred beer). Multiple answers were not permitted.

3. Test results

3.1 Hop analyses

Table 2 shows the data of the hops used set out in a fashion similar to more recent descriptions of varieties [1, 134-136]. The hop oil content is the basis of the dosage for the late hopping and the hops for the dry hopping. According to the previous customary grouping, HN is to be understood as an aroma variety alongside SR, and the new variety PA as a bitter variety. Apart from the unusually high α-acid content of almost 20% w/w the low values of β:α and polyphenols:α as for HS are striking. The new varieties MB and HC cannot be clearly assigned to one group or another.

Table 3 shows the contents of some of the 56 low-molecular polyphenols analyzed. These include pronthocyanidins, monomeric flavanols, hydroxycinnamic acids as well as quercetin and kaempferol flavonoids. SR and HC show a high level, the MN and MB varieties are in the middle and HS and in particular PA close with low contents. As proven in earlier works [1, 282-284; 5; 7], clear differences can be made between the varieties in the composition of their components.

Table 4 shows the content of 20 aroma components in the six hop varieties. This is a selection from 81 quantified components.

Polaris leads with myrcene, ocimene, β-caryophyllene, humulene and all esters. Striking are the high values of

Tabelle / Table 3						
	SR	HS	MB	HN	HC	PA
Procyanidin B3	93	21	56	69	64	22
Catechin	148	61	51	89	76	33
Caffeoylchinasäure/-quinic acid	87	55	68	69	59	29
Quercetinglucosid	134	169	87	153	178	67
Quercetinmalonylhexosid	177	43	132	83	164	56
Kaempferol-3-glucosid	59	43	42	95	107	50
Kaempferolmalonylhexosid	145	22	91	69	151	78

Gehalte von 7 Polyphenolen in 6 Hopfensorten (mg/100g)

Content of 7 polyphenols in 6 hop varieties (mg/100g)

HS und besonders PA mit niedrigen Gehalten am Ende. Wie schon in früheren Arbeiten belegt [1, 282-284; 5; 7], sind in der Zusammensetzung einzelner Komponenten zwischen Sorten deutliche Unterschiede auszumachen.

In Tabelle 4 sind die Gehalte von 20 Aromakomponenten in den sechs Hopfensorten zusammengefasst. Es handelt sich um eine Auswahl aus 81 quantifizierten Komponenten.

Polaris führt bei Myrcen, Ocimen, β-Caryophyllen, Humulen und allen Estern die Reihenfolge an. Auffällig sind die hohen Werte von α- plus β-Selinen bei den vier neuen deutschen Züchtungen. Generell sind bei diesen Hopfen auch die hohen Estergehalte bemerkenswert. Jedenfalls deckt die Spannweite des Hopfenöls von 1 ml bis knapp 4 ml/100g und der Einzelanalysen der sechs Hopfensorten die derzeitige Spannweite der in Deutschland angebauten Hopfen gut ab.

3.2 Brauversuche der ersten Serie

3.2.1 Bieranalysen

In Tabelle 5 sind Analysenwerte der 7 Biere wiedergegeben (Control plus 6 reinsortige Hopfensude). Anhand der Daten für Stammwürze und der Bittereinheiten lässt sich die gute Reproduzierbarkeit der Sudversuche belegen.

Deutlich treten die Sortenunterschiede bei den Gesamtpolyphenolen hervor. Das Vergleichsbier ohne Hopfenpolyphenole enthält mit 141 mg/l nur Malzpolyphenole. Die Biere mit α-betonten Hopfen (HS und PA) liegen geringfügig höher (147 und 165 mg/l), gefolgt von den drei anderen Flavor-Hopfen (185 bis 198 mg/l) bis zum Saphir (238 mg/l).

Linalool ist besonders stark ausgeprägt beim SR (75 µg/l), was an der hohen Dosage gekoppelt mit den hohen Gehalten von 9 mg/kg liegt. Es folgen HC und HN, den Abschluss bilden MB, HS und PA.

Tabelle 6 enthält die Angaben von sieben mittels HPLC analysierten Polyphenolen des Vergleichsbieres und der sechs Versuchsbiere. Es handelt sich um hopfenbetonte Polyphenole wie Catechin sowie hopfenexklusive Kom-

Tabelle / Table 4						
	SR	HS	MB	HN	HC	PA
Myrcen	428	719	833	771	914	2248
α-Ocimen	7	22	9	14	5	107
α-Humulen	113	347	143	25	145	739
α- + β-Selinen	25	8	113	193	218	27
Isobutylisobutyrat	1	9	12	14	6	28
Isomylpropanoat	1	7	5	5	10	28
3-Methylbutyl-2-Methylpropanoat	0	5	4	8	6	19
2-Methylbutyl-2-Methylpropanoat	2	31	30	48	28	89
Linalool	9	6	6	4	7	9
Geraniol	1	11	14	8	2	4

Gehalte von 10 Aromakomponenten in 6 Hopfensorten (mg/100g)

Content of 10 aroma components in 6 hop varieties (mg/100g)

α-selinene and β-selinene in the four new German breeds. The high ester content is also generally remarkable with these hops. In any case the spread of hop oil from 1 ml/100g to almost 4 ml/100g and the individual analyses of the six hop varieties well cover the current spread of the hops grown in Germany.

3.2 Brewing trials of the first series

3.2.1 Beer analyses

Table 5 lines out the analysis values of the 7 beers (control plus 6 single hop brews). The brewing trials have a high reproducibility based on the data for original extract and bitterness units.

The varieties differ significantly in their total polyphenols. The control beer without hop polyphenols contains only 141 mg/l of malt polyphenols. The beers with high α hops (HS and PA) lie slightly higher (147 mg/l and 165 mg/l) followed by the three other flavor hops (185 mg/l to 198 mg/l) and culminating with Saphir (238 mg/l).

Linalool is strong in SR (75 µg/l), which is due to the high dosage combined with the high contents of 9 mg/kg. This is followed by HC and HN and then MB, HS and PA.

Table 6 shows the data of seven polyphenols analyzed with HPLC in the control beer and the six test beers. These are hop pronounced polyphenols like catechin as well as components exclusive to hops like caffeoylquinic acid, two glycosides and two malonylhexosides of quercetin and kaempferol.

The yields of the hop substances are calculated from the analyses of the test beers, from which a value of the control beer is to be subtracted. This "pure" hop value in the beer is referred to the dosage of the hops (amount in mg/l multiplied by the content of a substance).

Table 7 shows the yields of the unspecified total polyphenols and some low-molecular single substances as mean values of the six single hop beers.

Tabelle / Table 5								
	Control	SR	HS	MB	HN	HC	PA	
Stammwürze / Gravity	% w/w	11,8	12,0	12,0	11,5	11,6	11,6	11,9
Bittere / Bitterness	IBU	23	22	25	23	23	23	21
Polyphenols	mg/l	141	238	147	185	186	189	165
Linalool	µg/l	3	75	31	34	29	51	28

Allgemeine Analysen der 7 Biere

General analysis data of the 7 beers

Tabelle / Table 6							
	Control	SR	HS	MB	HN	HC	PA
Procyanidin B3	0,7	2,4	0,5	1,6	1,7	1,8	0,9
Catechin	3,7	7,5	4,5	4,2	4,9	4,8	3,7
Caffeoylchinasäure/-quinic acid	< 0,1	1,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,2
Quercetinglucosid	< 0,1	5,0	1,6	1,8	2,6	2,3	0,6
Quercetinmalonylhexosid	< 0,1	1,5	0,2	0,5	0,4	0,7	< 0,1
Kaempferol-3-glucosid	< 0,1	2,7	0,6	1,0	1,8	1,6	0,4
Kaempferolmalonylhexosid	< 0,1	1,3	0,2	0,5	0,5	0,6	0,2

7 HPLC-Polyphenole des Vergleichsbieres und der 6 Versuchsbiere (mg/l)

7 HPLC polyphenols of the control beer and the 6 test beers (mg/l)

Tabelle / Table 7	
	Ausbeute / Yield Ø
Total Polyphenols	63
Procyanidin B3	77
Catechin	82
Caffeoylchinasäure / -quinic acid	70
Quercetinglucosid	106
Quercetinmalonylhexosid	27
Kaempferol-3-glucosid	122
Kaempferolmalonylhexosid	33
Linalool Total Dosage	31
Linalool Letzte / Last Dosage	78

Durchschnittliche Ausbeuten an Einzel- und Gesamtpolyphenolen sowie des Linalool durch die Dosage von 6 Hopfensorten in % rel.
Average yield of the single and total polyphenols and the linalool through the dosage of 6 hop varieties in rel. %

ponenten wie Caffeoylchinasäure, zwei Glukoside und zwei Malonylhexoside von Quercetin sowie Kämpferol.

Die Ausbeuten von Hopfeninhaltsstoffen errechnen sich aus den Analysen der Versuchsbiere, von denen ein Wert des Vergleichsbieres abzuziehen ist. Diesen „reinen“ Hopfenwert im Bier bezieht man auf die Dosage durch den Hopfen (Menge mg/l mal Gehalt einer Substanz).
Tabelle 7 gibt die Ausbeuten der unspezifischen Gesamtpolyphenole und einiger niedermolekularen Einzelsubstanzen als Mittelwerte der sechs sortenreinen Biere wieder.
Insbesondere die Ausbeuteunterschiede bei den zwei Glukosiden (> 100 %) gegenüber den Malonylhexosiden (ca. 30 %) sind interessant, decken sich aber mit den Angaben in der Literatur. Auch die Ausbeuten der Gesamtpolyphenole liegen mit 63 % im Rahmen der zugänglichen Daten von etwa 60 % [1, 285-287; 8].

Im Falle des Linalools ist dagegen die Kochzeit der Würze mit Hopfen für die Ausbeute entscheidend. In Tabelle 7 wurden ebenfalls die Linaloolwerte der Biere auf die Gesamtdosage und alternativ nur auf die geteilte späte Gabe (Kochende und Whirlpool) berechnet. Durchschnittlich ergeben sich 31 % Linaloolausbeute bezogen auf die Gesamthopfungabe und 78 % bezogen auf die späte Gabe. Berücksichtigt man allerdings eine Restausbeute von Linalool durch die Gabe bei Kochbeginn von etwa 5 bis 10 % relativ, verringert sich die durchschnittliche Ausbeute der späten Gabe auf etwa 50 bis 63 % anstatt der errechneten 78 %. Das deckt sich mit anderen Angaben in der Literatur [1, 274-275; 8; 9].

3.2.2 Sensorische Ergebnisse der ersten Serie

Die durchschnittlichen Bewertungen sind in den Abbildungen 1 bis 3 dargestellt. Die Säulen enthalten zusätzlich die 95%igen Vertrauensbereiche als Balken. Die Bezugshopfen Saphir und Herkules sind hervorgehoben.
Die Beobachtungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Bei der Intensität des Hopfenaromas schneidet das Vergleichsbier verständlicherweise am schwächsten

Particularly interesting are the yield differences of the two glycosides (> 100%) compared with the malonylhexosides (approx. 30%), but they are conform to data given in the literature. The yields of the total polyphenols also lie with 63% within the framework of about 60% given in the available data [1, 285-287; 8].

In comparison, in the case of the linalool, it is the boiling time of the wort with hops that is decisive for the yield. In Table 7 the linalool values of the beers were also calculated for the total dosage and alternatively only for the split late addition (at the end of boiling and in the whirlpool). On average there is a 31% linalool yield referred to the total hopping and 78% referred to the late addition. However, if you take into account a residual yield of linalool of about 5 to 10% through addition at the beginning of boiling, the average yield of the late addition decreases to about 50 to 63% instead of the calculated 78%. This is conform to the other data given in the literature [1, 274-275; 8; 9].

3.2.2 Sensory results of the first series

The average assessments are given in Figures 1 to 3. The columns also include the 95% confidence intervals as bars. The reference hop varieties Saphir and Herkules are highlighted.

The observations can be summarized as follows:

- The control beer fares poorly, of course, with regard to the intensity of the hop aroma, but the Polaris beer is also significantly lower than the other beers.
- Herkules, Polaris and Hallertau Blanc are similar in their quality of hop aroma. Huell Melon and Saphir rank significantly higher. The Mandarinina beer is in-between.
- The intensity of the bitterness is perceived more in all the test beers than in the control beer, which is due to the accompanying bitter substances added with the dosage.
- The assessment of the quality of the bitterness is interesting. The control beer is ranked as the weakest, in the middle are the beers hopped with Herkules, Polaris and Hallertau Blanc. Once again, significantly better are the Saphir and Huell Melon hop varieties. Mandarinina Bavaria holds the center field.
- For body the control beer is way down the scale, which is due to the lack of polyphenols, for example. Of the test beers, Huell Melon and Saphir are significantly different to Herkules and Polaris, and Hallertau Blanc and Mandarinina Bavaria are in the middle.
- With regard to personal preferences, Saphir and Huell Melon lead, followed by Mandarinina Bavaria. These three beers were preferred significantly to beers hopped with Hallertau Blanc, Polaris and Herkules. The absolute loser is the control beer.

Figure 4 shows the observations on the quality of the hop aroma. The pair of columns on the left compares Hallertau

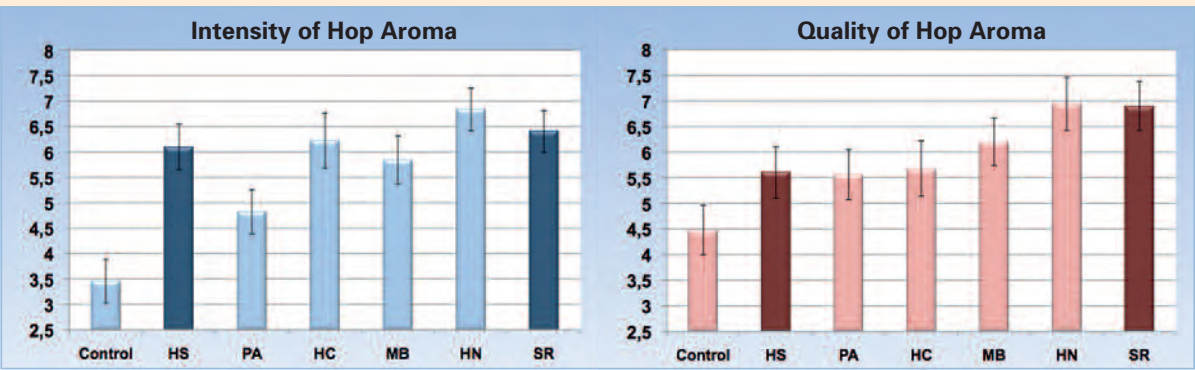


Abb. 1: Intensität und Qualität des Hopfenaromas vom Vergleichsbier (Control) und den 6 reinsortigen Bieren;
Fig. 1: Intensity and quality of the hop aroma of the control beer and the 6 single hop beers;
HS = Herkules, PA = Polaris, HC = Hallertau Blanc, MB = Mandarinina Bavaria, HN = Huell Melon, SR = Saphir

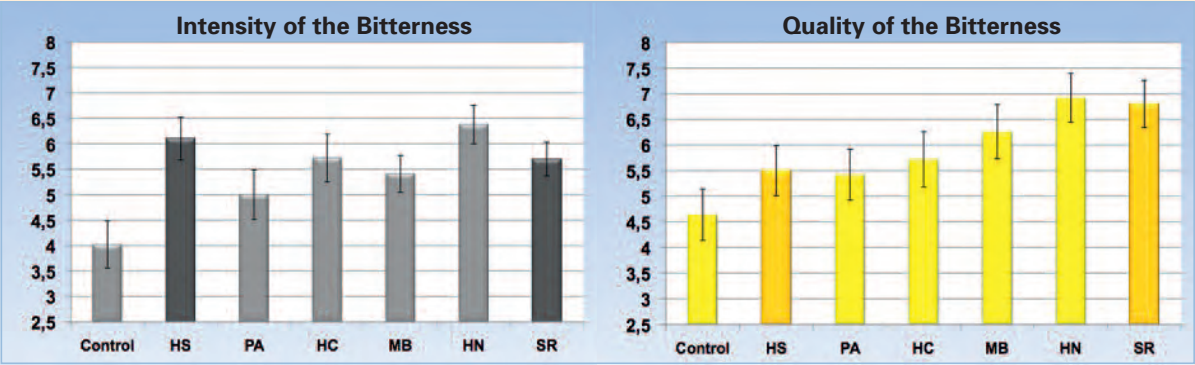


Abb. 2: Intensität und Qualität der Bittere; Erläuterungen siehe Abb. 1
Fig. 2: Intensity and quality of the bitterness; see Fig. 1 for explanations

- ab, aber auch das Polaris-Bier liegt signifikant tiefer als die übrigen Biere.
- In der Qualität des Hopfenaromas ähneln sich Herkules, Polaris und Hallertau Blanc. Signifikant besser rangieren Huell Melon und Saphir. Das Mandarinina-Bier liegt dazwischen.
 - Die Intensität der Bittere wird in allen Versuchsbiere stärker wahrgenommen als im Vergleichsbier, was durch die mitdosierten Begleitbitterstoffe begründet ist.
 - Interessant ist die Bewertung der Qualität der Bittere. Das Vergleichsbier wird am schwächsten eingestuft, im Mittelfeld folgen gleichauf die Biere der Sorten Herkules, Polaris und Hallertau Blanc. Wiederum signifikant besser schneiden Saphir u. Huell Melon ab, Mandarinina Bavaria rangiert in der Mitte.
 - In der Vollmundigkeit fällt das Vergleichsbier weit ab, was im Fehlen von z. B. Polyphenolen begründet ist. Bei den Versuchsbiere unterscheiden sich Huell Melon und Saphir signifikant von Herkules und Polaris, Hallertau Blanc und Mandarinina Bavaria siedeln sich in der Mitte an.
 - In der Präferenz liegen Saphir und Huell Melon vorne, gefolgt von Mandarinina Bavaria. Diese drei Biere werden signifikant gegenüber den Bieren aus Hallertau Blanc, Polaris und Herkules bevorzugt. Eindeutig abge schlagen ist das Vergleichsbier.

In Abbildung 4 ist noch eine Beobachtung zur Qualität des Hopfenaromas dargestellt. Das Säulenpaar links vergleicht den Hallertau Blanc mit dem Mandarinina Bavaria, der tendenziell etwas besser abschneidet. Die beiden rechten Kurven zeigen die Häufigkeitsverteilung der Bewertung über die Punktzahl aufgetragen. Während beim Mandarinina Bavaria eine normale Verteilung entsteht, weist sie beim Hallertau Blanc zwei Spitzen auf. Einigen Verkostern sagt das Aroma besonders zu, andere lehnen es deutlich ab.

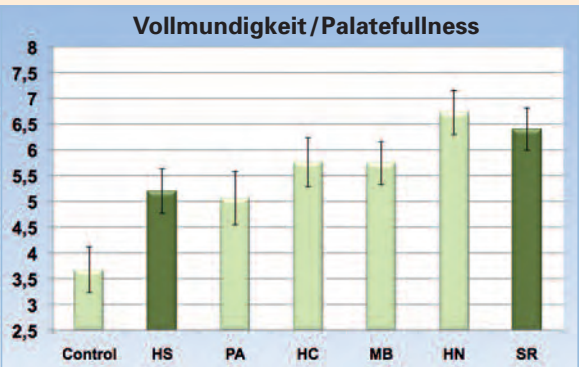


Abb. 3: Vollmundigkeit; Erläuterungen siehe Abb. 1
Fig. 3: Body; see Fig. 1 for explanations

Blanc with Mandarinina Bavaria, which generally tends to fare somewhat better. The two curves on the right depict the frequency distribution of the assessment through the number of points. Whereas Mandarinina Bavaria has a normal distribution, Hallertau Blanc has two peaks. Some tasters like the aroma, others reject it.

Summing up these results we can say the following:

- Saphir, Huell Melon and also Mandarinina Bavaria meet the criteria for aroma hops even with late hopping. They each impart a specific hop bouquet.
- Polaris and Hallertau Blanc are similar to Herkules in their brewing properties. They cannot compete with the top three varieties as aroma hops.
- Hallertau Blanc is difficult to classify. Some tasters prefer the special aroma, others reject it.

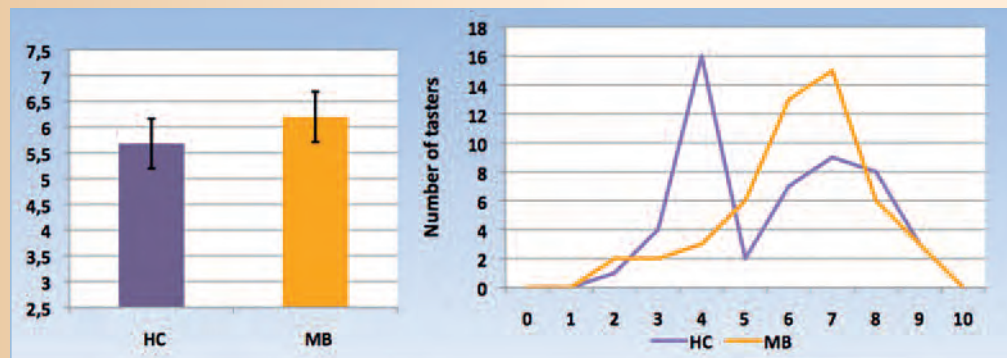


Abb. 4: Durchschnitte und Häufigkeitsverteilung der Qualität des Hopfenaromas bei Hallertau Blanc und Mandarinina Bavaria

Fig. 4: Averages and frequency distribution of the hop aroma quality for Hallertau Blanc and Mandarinina Bavaria

Fasst man diese Resultate zusammen, ergibt sich folgende Bewertung:

- Saphir, Hue11 Melon und auch Mandarinina Bavaria erfüllen die Kriterien von Aromahopfen auch bei einer späten Hopfengabe. Sie vermitteln jeweils eine spezifische Hopfenblume.
- Polaris und Hallertau Blanc ähneln dem Herkules in den Braueigenschaften. Sie können mit den oberen drei Sorten als Aromahopfen nicht mithalten.
- Hallertau Blanc ist schwierig einzustufen. Manche Verkoster bevorzugen das spezifische Aroma, andere lehnen es ab.

3.3 Brauversuche der zweiten Serie zum Hopfenstopfen

3.3.1 Bieranalysen

Die Analysen der fünf Biere, nämlich vom Kontrollbier, das bereits als aufwendig gehopft gelten kann, und den vier hopfengestopften Bieren, sind in Tabelle 8 gesammelt.

Die Abweichungen der Stammwürzen, Alkoholgehalte, pH-Werte und Iso-Alpha-Säuren belegen eine gute Reproduzierbarkeit. Eine Erhöhung des pH-Wertes durch das Hopfenstopfen kann nicht abgeleitet werden. Die Bittereinheiten steigen gegenüber dem Kontrollbier moderat an. Deutlich höher liegen die α -Säuren mit einem Plus von durchschnittlich 3 mg/l. Auffällig ist der Anstieg der Gesamtpolyphenole. Niedermolekulare HPLC-Polyphenole folgen dieser Entwicklung.

In Tabelle 9 sind die Messwerte von neun Aromakomponenten in den fünf Bieren wiedergegeben. Entsprechende Zunahmen in den hopfengestopften Bieren fallen sofort ins Auge. Dass der Schwellenwert von Linalool bereits im Kontrollbier deutlich überschritten wurde, war zu erwarten. Im Fall von Geraniol ist das nur bei der Kalthopfung gelungen. Aber auch Myrcen und besonders die Ester haben den Schwellenwert überschritten.

Tabelle / Table 8						
		Control	MB	HN	HC	PA
Stammwürze / Gravity	% w/w	11,6	11,6	11,4	11,8	11,8
pH		4,47	4,46	4,45	4,51	4,56
Bittere / Bitterness	IBU	26	27	29	28	27
Iso- α -Säuren / -acids	mg/l	22,8	21,6	21,8	21,5	20,5
α -Säuren / -acids	mg/l	2,8	5,8	5,7	6,4	6,6
Total polyphenols	mg/l	201	221	219	227	215

3.3 Brewing trials of the second series for dry hopping

3.3.1 Beer analyses

Table 8 shows the analyses of the five beers – the control beer, which can already be considered as complexly hopped, and the four dry hopped beers.

The standard deviations of the original extracts, alcohol content, pH values and iso-alpha-acids show a good reproducibility. An increase of the pH value through dry hopping cannot be ascertained. The bitterness units rise moderately compared with the control beer. The α -acids are significantly higher with a plus on average of 3 mg/l. The increase in total polyphenols is striking. Low-molecular HPLC polyphenols follow this trend.

Table 9 shows the measured values of nine aroma components in the five beers. Corresponding increases in the dry hopped beers are noticeable immediately. That the threshold value of linalool was significantly exceeded already in the control beer was to be expected. In the case of geraniol, this was only achieved with the cold hopping. But myrcene and particularly esters have also exceeded the threshold value.

3.3.2 Transfer rates through dry hopping

The dosage of a substance can be calculated in mg/l or μ g/l from the content of one component in the hops and its addition. The value of the control beer is subtracted from the analysis value of this substance in the dry hopped beers, from which the additional quantity is thus calculated. The additional quantity is referred to the dosage and in this way the transfer rate is determined in relative %.

Figure 5 shows the relative yield of the α -acids with the deviation.

Tabelle / Table 9					
	Control	MB	HN	HC	PA
Linalool	38	87	79	103	76
Geraniol	4	54	44	36	42
Myrcen	2,7	10,6	9,3	26,3	21,0
Ocimen	0,4	2,3	2,0	4,7	4,7
α -Humulen	4,0	4,2	4,5	5,6	8,4
Isoamyl propanoat	3,0	25,5	43,5	751	89,4
3-Methylbutyl-2-methylpropanoat	1,7	25,5	67,5	42,8	76,4
2-Methylbutyl-2-methylpropanoat	20	338	706	371	596
Isobutyl isobutytrat	2,2	63,2	86,5	23,8	60,6

Analysenresultate der 9 interessantesten Hopfenaromakomponenten in den 5 Bieren [μ g/l]

Analysis results of the 9 most interesting hop aroma components in the 5 beers [μ g/l]

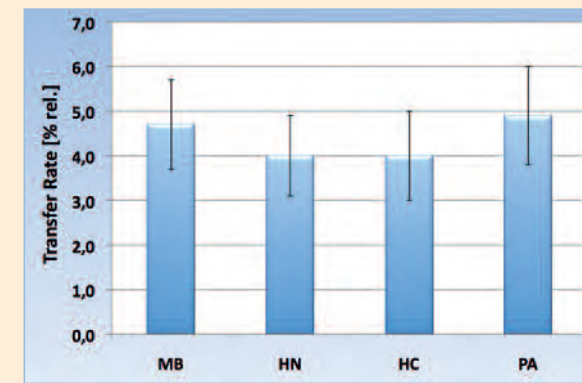


Abb. 5: Transferraten der α -Säuren durch das Hopfenstopfen in % rel.

Fig. 5: Transfer rates of the α -acids through dry hopping in relative %

3.3.2 Transferraten durch das Hopfenstopfen

Über den Gehalt einer Komponente im Hopfen und dessen Gabe lässt sich die Dosage einer Substanz in mg/l oder μ g/l errechnen. Vom Analysenwert dieser Substanz in den hopfengestopften Bieren wird der des Kontrollbieres abgezogen und so die Mehrmenge errechnet. Diese bezieht man auf die Dosage und erhält so die Transferrate in % relativ.

Abbildung 5 zeigt die relativen Ausbeuten der α -Säuren mit der Fehlerbreite.

Bei der vorliegenden Versuchsanstellung resultieren gleichartige Transferraten der Säuren von 4 bis 5 % relativ, was etwa 3 bis 4 mg/l, also mehr als dem Doppelten im Vergleich zum ungestopften Kontrollbier, entspricht. Das kann sich eher positiv auswirken, da man unisomerisierten α -Säuren im Bier eine positive Schaumwirkung und über die Chelatierung von Eisen eine Verbesserung der Geschmacksstabilität zuschreibt [1, 249 und 257-259].

In Abbildung 6 sind die Transferraten der Gesamtpolyphenole mit den Schwankungsbreiten dargestellt, in Abbildung 7 die einiger Einzelsubstanzen.

Festgehalten werden kann jedoch Folgendes:

- Die Ausbeute an Gesamtpolyphenolen liegt trotz niedrigem pH-Wert und tiefer Temperatur der Biere bei etwa 50-60 %.
- Die Transferraten von Quercetin- und Kämpferolglucosid liegen um 100 %, deutlich darunter dagegen die der beiden Malonylhexoside.
- Nicht abgebildet sind Procyanidin B3, Catechin und Caffeoylehinsäure mit ca. 100 % Ausbeute.

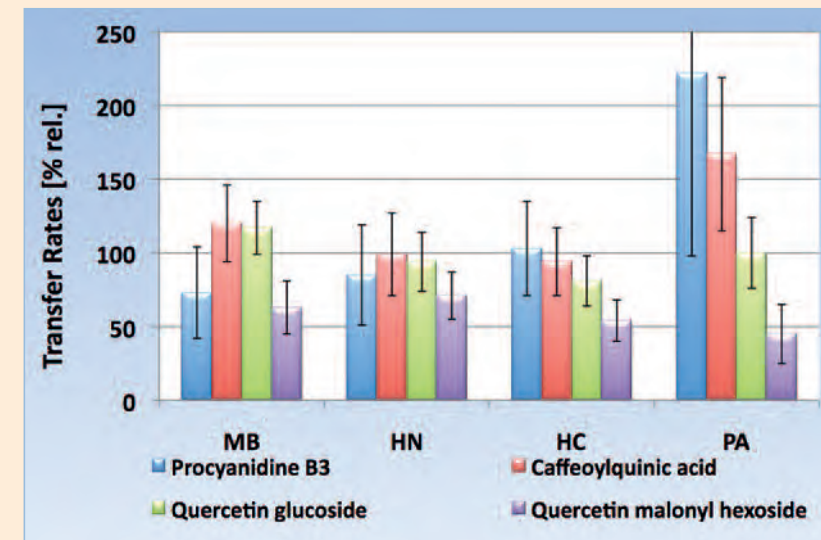


Abb. 7: Transferraten von 4 Einzelkomponenten der Polyphenole in % rel.

Fig. 7: Transfer rates of 4 single components of the polyphenols in relative %

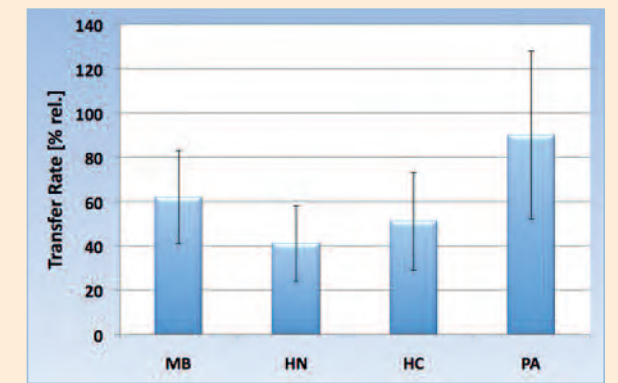


Abb. 6: Transferraten der Gesamt-Polyphenole in % rel.

Fig. 6: Transfer rates of the total polyphenols in relative %

The results of the present test program show the same transfer rates of 4 to 5% of the α -acids, which corresponds to about 3 to 4 mg/l, therefore more than double compared with the non-dry hopped control beer. This can be positive, because non-isomerized α -acids in the beer are imputed to have a positive foam effect and also improve flavor stability through chelation of iron [1, 249 and 257-259].

Figure 6 shows the transfer rates of the total polyphenols with the ranges of fluctuation and Figure 7 some of the single substances. However, the following can be established:

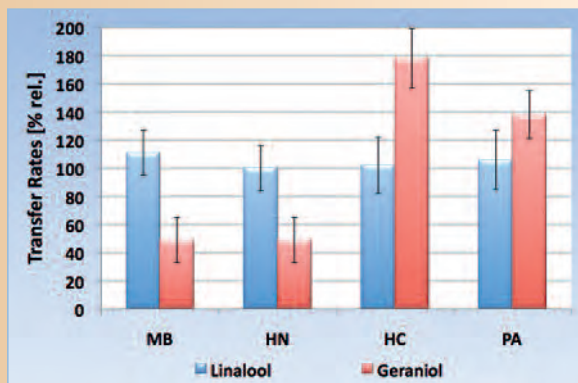
- The yield of total polyphenols is 50 to 60% despite low pH value and low temperature of the beers.
- The transfer rates of quercetin and kaempferol glycosides are about 100%. The transfer rates of the two malonylhexosides are significantly less.
- Procyanidin B3, catechin, caffeoylquinic acid with a yield of approx. 100% are not shown.

Polyphenols are said to improve the flavor stability of the beer. Non-oxidized polyphenols positively influence the body (mouth feel) of beers [8].

Figures 8 and 9 show the percentage transfer rates for four aroma substances with the following explanations:

- The linalool yield is about 100%. It is not possible to ascertain from these tests the content of glycosidically-bound linalool released by the yeast used.

Abb. 8: Transferraten zweier Terpenalkohole durch das Hopfenstopfen in % relativ
Fig. 8: Transfer rates of two terpene alcohols through dry hopping in relative %



Polyphenolen wird eine Verbesserung der Geschmacksstabilität des Bieres zugeschrieben, nicht oxidierte Polyphenole beeinflussen die Vollmundigkeit (Mundgefühl) von Bieren positiv [8].

Für vier Aromasubstanzen sind die prozentualen Transferraten in Abbildung 8 und 9 gezeigt mit folgenden Erläuterungen:

- Die Linaloolausbeute liegt bei etwa 100 %. Inwiefern darin glykosidisch gebundenes und von der verwendeten Hefe freigesetztes Linalool enthalten ist, kann aus diesen Versuchen nicht abgeleitet werden.
- Beim Geraniol herrscht Unklarheit. Zwei Sorten zeigen eine Transferrate um 50 %, zwei andere dagegen deutlich über 100 %. Dieses Phänomen sollte man im Auge behalten, da es Hinweise gibt, dass durch enzymatische Hefeaktivitäten Vorläufer von Geraniol zu unterschiedlichen Gehalten führen [10]. Denkbar ist zusätzlich, dass glykosidisch gebundene Terpenalkohole je nach Hopfensorte in unterschiedlichen Mengen vorliegen und durch Hefeenzyme gespalten werden, womit eine sortengeprägte Quelle an z.B. Geraniol oder Linalool zur Verfügung stehen könnte [11].
- 3- und 2-Methylbutyl-2-methylpropanoat liefern kein klares Bild.
Eine Zunahme – ggf. sogar sortengeprägt – kann nicht ausgeschlossen werden.

3.3.3 Sensorische Ergebnisse

Die 5 Biere wurden vom Konsumentenpanel verkostet und wie schon beschrieben bewertet. Zusätzlich war nach der Präferenz von 1 (bevorzugtes Bier) bis 5 (am wenigsten bevorzugtes Bier) gefragt. Bei allen Interpretationen muss man berücksichtigen, dass bereits das Vergleichsbier nur mit Aromahopfen recht aufwendig gehopft war. In den Abbildungen 10 bis 12 sind die sensorischen Resultate mit 95%igem Vertrauensbereich dargestellt.

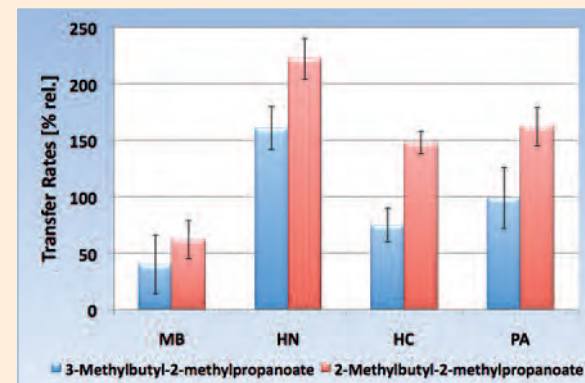
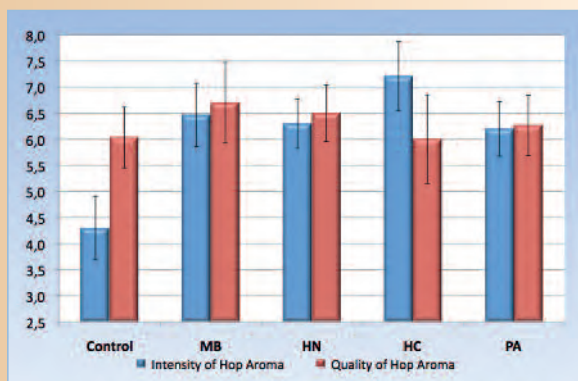


Abb. 9: Transferraten zweier Ester durch das Hopfenstopfen in % relativ

Fig. 9: Transfer rates of two esters through dry hopping in relative %

- *With geraniol things are not clear. Two varieties show a transfer rate of about 50% and two others significantly over 100%. An eye should be kept on this phenomenon, because there are indications that precursors of geraniol lead to different contents through enzymatic activities of yeast [10]. It is also conceivable that glycosidically-bound terpene alcohols are present in different volumes depending on the hop variety and are split by yeast enzymes, which could provide a variety-specific source of geraniol or linalool, for example [11].*
- *2- and 3-methylbutyl-2-propanoate do not provide a clear picture. An increase – under circumstances even variety-specific – cannot be excluded.*

3.3.3 Sensory results

The 5 beers were tasted by the consumer panel and evaluated as already described above. In addition, personal preferences were asked from 1 (most preferred beer) to 5 (least preferred beer). In all interpretations it must be taken into account that the control beer was already richly hopped only with aroma hops. Figures 10 to 12 show the sensory results with 95% confidence interval.

The following can be determined:

- *For intensity of hop aroma the control beer is clearly behind the dry hopped beers. Dry hopping not by weight but by oil content (1.5 ml/hl) was useful here as proven by the relatively even intensity of the hop aroma.*
- *No significant differences were found for the quality of the hop aroma. The control beer with its late hopping is also on the same level as the dry hopped beers. The on average greater confidence intervals appear to be logical: for the quality of the hop aroma the individual senses of the testers play a greater role than the more quantitative characteristic of the intensity.*
- *At first it might seem surprising that the control beer did considerably less well for body (4.4 compared with the average of 5.9). Through the cold hopping however, certain substances are dissolved as proven with the polyphenols. The observation however seems*

Abb. 10: Intensität (links) und Qualität (rechts) des Hopfenaromas der 5 Versuchsbiere in Noten von 1 bis 10

Fig. 10: Intensity (left) and quality (right) of the hop aroma of the 5 test beers with scores from 1 to 10

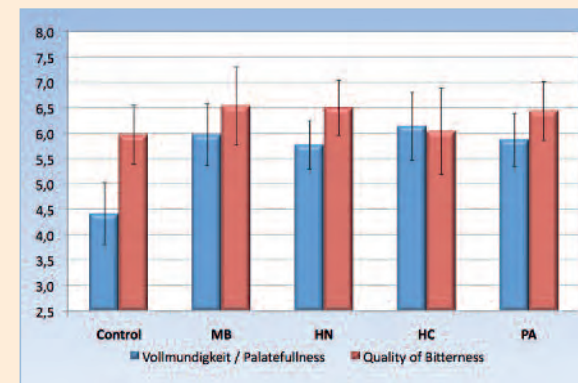


Abb. 11: Vollmundigkeit (links) und Qualität der Bittere (rechts) der 5 Versuchsbiere in Noten von 1 bis 10

Fig. 11: Body (left) and quality of the bitterness (right) of the 5 test beers with scores from 1 to 10

Folgende Feststellungen lassen sich treffen:

- In der Intensität des Hopfenaromas liegt das Kontrollbier klar unter den gestopften Bieren. Das Hopfenstopfen nicht nach Gewicht, sondern nach dem Ölgehalt (1,5 ml/hl) hat sich hier als sinnvoll erwiesen, wie die relativ gleichmäßige Intensität des Hopfenaromas belegt.
- Bei der Qualität des Hopfenaromas sind keine nennenswerten Unterschiede festzustellen. Auch das Kontrollbier liegt mit seiner späten Hopfengabe auf dem Niveau der gestopften Biere. Die im Schnitt größeren Vertrauensbereiche erscheinen logisch: Bei der Qualität des Hopfenaromas spielt das individuelle Empfinden der Tester eine größere Rolle als bei dem eher quantitativen Merkmal der Intensität.
- Zunächst mag es überraschen, dass das Kontrollbier in der Vollmundigkeit signifikant niedriger abschneidet (4,4 gegenüber durchschnittlich 5,9). Durch die kalte Hopfengabe werden allerdings einige Inhaltsstoffe gelöst, wie an den Polyphenolen nachgewiesen ist. Im Zusammenwirken dieser polaren Substanzen mit auch unpolaren Komponenten wie den gelösten α -Säuren oder möglicherweise auch Begleitbitterstoffen [1, 212-217] erscheint die Beobachtung plausibel.
- Die Qualität der Bittere wird durch das Hopfenstopfen bei keiner der eingesetzten Sorten negativ beeinflusst. Das steht im Widerspruch zu anderen Versuchsergebnissen [12].
- In der Präferenz der Biere unterscheiden sich MB- und HN-Bier nur geringfügig und rangieren signifikant vor dem Kontroll- und HC-Bier. Das Polaris-Bier liegt in der Mitte.



Zusammenfassung

Es wurden die vier neuen Hüllers Zuchtsorten (Mandarinina Bavaria, Huell Melon, Hallertau Blanc, Polaris) untersucht. Im Vergleich zu den bisher bekannten Sorten weicht die Zusammensetzung der Aromastoffe deutlich ab, sodass ihre inoffizielle Einstufung als Hopfen mit besonderen Aromen oder Flavor-Hopfen sinnvoll erscheint.

In reinsortigen untergärigen Brauversuchen interessierte die Eignung dieser Hopfen bei einer konventionellen heißen Dosage am Kochbeginn und Kochende bzw. in den Whirlpool. Als Vergleich diente die Bittersorte Herkules und die Aromasorte Saphir. Es kristallisierte sich heraus, dass MB und HN in ihren allgemeinen Brau-

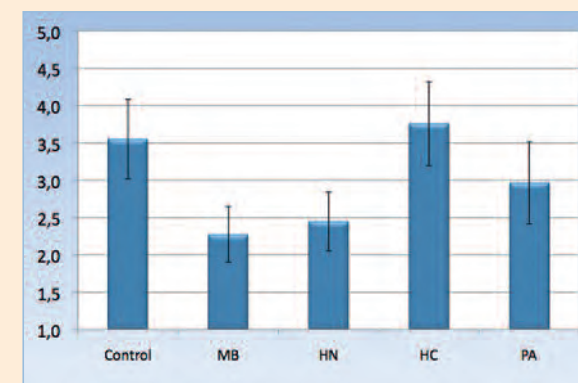


Abb. 12: Präferenz der 5 Versuchsbiere (von 1 bis 5)

Fig. 12: Personal preference of the 5 test beers (from 1 to 5)

plausible considering the interaction of these polar substances with non-polar substances like the dissolved α -acids or possibly even accompanying bitter substances [1, 212-217].

- *The quality of bitterness is not negatively influenced by dry hopping with any of the varieties used. This stands in contradiction to other test results [12].*
- *In the personal preferences, the MB and HN beers differed only slightly and ranked significantly in front of the control beer and the HC beer. The Polaris beer lies in the middle.*

Summary

The four new Huell breeding varieties (Mandarinina Bavaria, Huell Melon, Hallertau Blanc, Polaris) were examined. Compared with previously known varieties the composition of the aroma substances deviates significantly so that their unofficial classification as hops with special aromas or flavor hops appears to be justified.

In single hop, bottom fermenting brewing trials, what was interesting was the suitability of this hop for conventional hot dosage at the beginning of boiling and at the end of boiling and in the whirlpool. The Herkules bitter variety and the Saphir aroma variety were used for comparisons. It turned out that MB and HN are on a par with Saphir in their general brewing properties. Taking into account their special aromas they can definitely be classed as aroma varieties.

By comparison, the leading bitter variety Herkules was inferior in hop aroma quality, bitterness and body of the beer. The new varieties HC and PA are similar to the Herkules variety and can therefore be considered more as bitter hops.

In the case of HC, it is striking that the assessment of the hop aroma leads to polarized scores: some tasters recognize and love the special aroma, others reject it.

The four new varieties were tested in a second series for their suitability for dry hopping. The recorded transfer rates gave the following picture.

Of the dosed α -acids, 4 to 5% were in the beer, of the total polyphenols 50 to 60%. The transfer rates of individual polyphenols show systematic differences; there is no clearly recognizable dependence on variety. The behavior of the aroma components examined is also not uniform. Terpene hydrocarbons show low yields up to 3%; linalool transfers to about 100%. Geraniol is variety-spe-



eigenschaften dem Saphir nicht nachstehen. Berücksichtigt man ihre speziellen Aromausprägungen, können sie als Aromasorten gelten. Demgegenüber erweist sich die Leitbittersorte Herkules schwächer in der Qualität des Hopfenaromas, der Bittere und der Vollmundigkeit des Bieres. Die neuen Sorten HC und PA ähneln dem Herkules und können demnach eher als Bitterhopfen angesehen werden. Beim HC fällt auf, dass die Beurteilung des Hopfenaromas zu polarisierenden Noten führt: Manche Verkoster erkennen und lieben das spezielle Aroma, andere lehnen es ab.

Die vier neuen Sorten wurden in einer zweiten Serie auf ihre Eignung zum Hopfenstopfen getestet. Die ermittelten Transferraten ergaben folgendes Bild: Von den dosierten α -Säuren fanden sich 4 bis 5 % im Bier, von den Gesamtpolyphenolen 50 bis 60 %. Die Transferraten einzelner Polyphenole zeigen systematische Unterschiede, eine Sortenabhängigkeit war nicht eindeutig erkennbar. Auch die untersuchten Aromakomponenten verhalten sich uneinheitlich. Terpenkohlenwasserstoffe weisen geringe Ausbeuten bis etwa 3 % auf, Linalool geht nahezu quantitativ über. Geraniol verhält sich sortenspezifisch mit zweimal ca. 50 % und zweimal deutlich über 100 % Ausbeute. Auch bei 2- und 3-Methylbutyl-2-methylpropanoat zeigt sich ein sortenspezifisches Phänomen. Chemische Umwandlungen mit und ohne Hefeenzyme dürften die Ursache sein. Die vorliegenden Ergebnisse machen deutlich, wie viel Arbeit noch ansteht.

Die Verkostung dieser Biere durch ein 30-köpfiges Konsumentenpanel ergab zusammengefasst Folgendes:

- Die Intensität des Hopfenaromas ist bei den gestopften Bieren deutlicher ausgeprägt. Die Dosage nach dem Ölgehalt führte innerhalb der gestopften Biere zu einer vergleichbaren Intensität.
- Die Qualität des Hopfenaromas ergab bei keinem der Biere eine signifikante Bevorzugung, was auch auf das ungestopfte Vergleichsbier zutrifft. Es dominieren individuelle Präferenzen der Verkoster.
- Die Vollmundigkeit der gestopften Biere wurde signifikant höher als die des Vergleichsbieres bewertet, was an der Dosage von z. B. Polyphenolen liegen kann.
- Signifikant bevorzugt wurden die Biere mit Mandarin Bavaria und Huell Melon. Wesentlich schwächer schnitten das Kontrollbier und das Hallertau Blanc-Bier ab, Polaris lag in der Mitte.
- Bei diesen Versuchen konnten die Verkoster keine Zunahme der Bittere durch Dry Hopping feststellen.

Die individuellen Aromen der Hopfen führten zu deutlich unterschiedlichen Beschreibungen der Biere. Es zeigte sich, dass die vier neuen Zuchtsorten sich sehr gut eignen, dem Bier über das Hopfenstopfen differenzierte Aromen zu vermitteln.

cific with two yields of approx. 50% and two significantly over 100%. There is also a variety-specific phenomenon with 2- and 3-methylbutyl-2-propanoate. Chemical transformations with and without yeast enzymes are probably the cause. The results show just how much more work has to be done.

The tasting by a panel of 30 consumers produced the following results:

- The intensity of the hop aroma is much more distinctive in the dry hopped beers. Dosing according to oil content results in comparable intensity in the dry hopped beers.
- There was no significant preference regarding the quality of the hop aroma in any of the beers including the non-dry hopped control beer. The personal preferences of the tasters are dominant.
- The body of the dry hopped beers was assessed to be significantly better than that of the control beer, which might well be due to the dosage of polyphenols, for example.
- There was a significant preference for the beers hopped with Mandarin Bavaria and Huell Melon. The control beer and the Hallertau Blanc beer lay significantly behind and Polaris was in the middle.
- The tasters could not detect any increase in the bitterness through dry hopping in these tests.

The separate aromas of the hops led to significant differences in the descriptions of the beers. It was apparent that the four new breeding varieties are perfect for giving beer various aromas through dry hopping.

Die Autoren:



Dr. Adrian Forster, HVG Hopfenverwertungs-genossenschaft e.G., Wolnzach, Germany



Andreas Gahr, Hopfenveredlung St. Johann GmbH & Co. KG, Forschungsbrauerei, Train – St. Johann, Germany

Fotos: Landesanstalt für Landwirtschaft, LfL (S. 46) und Pokorny Design (S. 47)

Literatur / Literature

- [1] **Biendl M., Engelhard B., Forster A., Gahr A., Lutz A., Mitter W., Schmidt R. und Schönberger C.:** Hopfen – Vom Anbau bis zum fertigen Bier, Fachverlag Hans Carl, Nürnberg 2012; English version will come out soon.
- [2] **Hieronimus S.:** For the love of hops; The practical guide to aroma, bitterness and the culture of hops; Brewers Publications, Boulder, Colorado, 2012, 205-224
- [3] **Lermusieau G. and Collin S.:** Volatile Sulfur Compounds in Hops and Residual Concentrations in Beer – A Review; J. of Am. Soc. Brew. Chem. 61, 2003, 109-113
- [4] **Lutz A., Kammhuber K. and Seigner E.:** New Trend in Hop Breeding at the Hop Research Center Huell; Brewing Science, 65, 2012, 24-32
- [5] **Forster A., Beck B., Schmidt R., Jansen C. und Mellenthin A.:** Über die Zusammensetzung von niedermolekularen Polyphenolen in verschiedenen Hopfensorten und zwei Anbaugebieten; Monatsschrift für Brauwissensch., 55, 2002, 98-108
- [6] **Van Opstaele F., De Causmacker B., Aerts G. and De Cooman L.:** Characterisation of Novel Varietal Floral Hop Aromas by Headspace Solid Phase Microextraction and Gas Chromatography – Mass Spectrometry / Olfactometry; J. Agric. Food Chem. 2012, 60, 12270-12281
- [7] **Kammhuber K.:** Differentiation of the World Hop Collection by Means of the Low Molecular Polyphenols; Brewing Science, 65, 2012, 16-23
- [8] **Forster A. and Gahr A.:** Hopping of Low Alcohol Beers; Brewing Science, 65, 2012, 72-81
- [9] **Steinhaus M. and Schieberle P.:** Transfer of the potent hop odorants linalool, geraniol and 4-methyl-4-sulfanyl-2-pentanone from hops into beer; 31st EBC Proc. 2007, Venice; paper 112
- [10] **Takoi K.:** Biotransformation of monoterpene alcohols by lager yeast and their contribution to the citrus flavor of beer, paper 40 at ASBC Annual Meeting, Sanibel, Florida 2011
- [11] **Kollmannsberger H., Biendl M. and Nitz S.:** Occurrence of glycosidically bound flavor compounds in hops, hop products and beer; Monatsschrift für Brauwissenschaft 59, 2006, 83-89
- [12] **Teagle J. M.:** Organoleptical and Analytical Aspects of Dry Hopping; Diploma thesis, TU München-Weihenstephan, 2012

Hop briquettes – green gold in a handy form



Innovative Hopfenpresse / Hop Press Hopfen-Mini-Ballot-Press

Eine zukunftsweisende Neuentwicklung revolutioniert den weltweiten Markt!
A cutting-edge new development revolutionizes the worldwide market!

Vorteile der Hopfenpressung

Naturlastender Hopfen wird in handliche Form gepresst
Leichteres Handling und enorme Lagerraumersparnis
Vakuumverpackung mit langer Haltbarkeit und Lagerzeit des Naturhopfens
Wertvolle Inhalts- und Aromastoffe des Hopfens bleiben erhalten
Brauereibetriebe schätzen die Innovation der Hopfenbriketts

The advantages of hop pressing

Natural hops are pressed into an easy-to-handle shape
Easier handling and great savings in storage space
Vacuum packaging for long shelf life and storage time of natural hops
Valuable constituents and aroma substances of the hops are retained
Breweries appreciate the innovation of the hop briquette

MASCHINENBAU SIEGEL BRIKETTIERTECHNIK
A-9560 Feldkirchen/Kärnten/Austria · Lastenstr. 7
Tel. 0043 (0)4276 2893 · E-Mail: info@siegel-mb.at
www.siegel-mb.at

