



Ein  
**Vergleich**  
der Hopfensorten  
**Callista**  
und  
**Ariana**  
in den klimatisch  
unterschiedlichen  
Erntejahren  
2015 und 2016

**A Comparison of the  
Hop Varieties  
Callista and Ariana  
in Years of Different  
Climate Conditions  
2015 and 2016**

### **Einleitung**

Die beiden im Jahr 2016 neu zugelassenen Aromasorten Callista und Ariana sind bereits durch das Hopfenforschungszentrum Hüll [1] beschrieben und in Brauversuchen getestet worden [2]. Sie bewährten sich sowohl als Aromahopfen in späten Hopfengaben als auch als Flavor-Hopfen beim Hopfenstopfen.

In den Jahren 2015 bis 2018 konnten in den europäischen Hopfenanbaugebieten als Folge des Klimawandels heiße und trockene Sommer beobachtet werden. Lediglich das Jahr 2016 zeichnete sich durch günstige Wachstumsbedingungen aus. Anhand der Ernten 2015 und 2016 wird gezeigt, wie stark sich die Witterung auf die Hopfeninhaltsstoffe der beiden Sorten Callista und Ariana auswirkt. Die Betrachtung ist nur der Einstieg in die Diskussion, wie sich Brauer mit den Folgen des Klimawandels auseinandersetzen müssen, insbesondere was die Sortenwahl anbelangt. Mit den untersuchten Hopfen wurden 2015 und 2016 hopfenintensive Biere hergestellt, analysiert und verkostet. Nach gleicher Rezeptur hergestellte Biere der Ernte 2017 werden nur in den sensorischen Ergebnissen berücksichtigt.

### **Introduction**

*Callista and Ariana are both new aroma varieties, which were recently approved and released for cultivation in 2016. They have already been characterized by the Hop Research Center in Hüll [1] and tested in brewing trials [2]. The results showed that both varieties are suitable for use as aroma hops in late additions as well as flavor hops in dry hopping applications.*

*Due to changing climate conditions, hot and dry summers were experienced in European hop growing regions from 2015 to 2018. Only in 2016 were weather conditions considered advantageous for hop cultivation. Analysis of Callista and Ariana hops harvested in 2015 and 2016 revealed the extent to which the weather influences the compounds present in hops. This served as the starting point for a discussion of how brewers are now being confronted with the consequences of climate change, especially when it comes to selecting hop varieties. With the evaluated hops, in 2015 and 2016 hop intense beers were produced, analyzed and tasted. Of the beers brewed in 2017 according to the same recipe only the sensory results are considered.*

Tabelle / Table 1 Durchschnittstemperaturen / Average temperatures [°C]				
	2015	2016	2013-2017	1961-1990
Mai / May	13.4	13.3	13.0	12.1
Juni / June	17.1	16.8	17.0	15.3
Juli / July	21.1*	18.8	19.5	16.9
August	20.4*	17.4	18.0	16.2
September	13.3	15.6	13.6	12.9
Ø / Average	17.1	16.4	16.5	14.7

## Einige Klimadaten aus Hüll

Es werden die Durchschnittstemperaturen und die Niederschläge in den Monaten Mai – September einzeln (2015/16) und für die Jahre 2013 bis 2017 im Durchschnitt dargestellt [3]. Zusätzlich sind die langjährigen gemittelten Daten von 1961 bis 1990 aufgeführt. Tabelle 1 enthält die Temperaturen. In der Hauptvegetationsperiode liegt der Schnitt von 2013 bis 2017 um 1,8 °C, in den Monaten Juni bis August sogar um 2,0 °C über dem Schnitt von 1961 bis 1990. Markiert (\*) sind zusätzlich Monatstemperaturen mit einem Plus von über 3 °C gegenüber 1961 bis 1990.

Tabelle 2 enthält nach dem gleichen Schema die Niederschlagsmengen. Die Gesamtmengen 2013 bis 2017 liegen im Bereich des langjährigen Mittels (444 mm vs 466 mm). Monate mit einer Abweichung von mehr als 40 % vom Mittel 2013 bis 2017 sind gekennzeichnet (\*). Besonders kritisch ist das Jahr 2015 mit den unterversorgten Monaten Juli bis September.

Interessant ist noch die Zusammenstellung der Hitzetage (Tage mit Tmax > 30 °C) in Tabelle 3. Bisher war das Jahr 2003 mit 33 Tagen Spitzenreiter.

## Auswirkungen auf die Hopfenernte

Bereits seit den Ernten 1994 und 2003 ist bekannt, dass Hopfen auf trockene, heiße Sommer mit niedrigen Erträgen und  $\alpha$ -Säuregehalten reagiert [4]. Für die Ernte 2015 war Ähnliches zu erwarten. Tabelle 4 enthält die Hektarerträge und  $\alpha$ -Säuregehalte der Ernte 2015 im Vergleich zu 2014 und 2016 in % relativ, und zwar getrennt in die Durchschnitte der neun Aroma- und vier Bittersorten [5]. Die Erträge und besonders die  $\alpha$ -Säuren litten generell bei den neun Aromahopfen stärker als bei den vier Bitterhopfen. An der Spitze der Witterungssensibilität liegen Spalter, Perle, gefolgt von Hallertauer Mittelfrüher, Spalter Select und Saphir.

Tabelle / Table 3 Hitzetage / Hot days	
Jahr / Zeitraum Year / Period	Heiße Tage Hot days
2015	36
2016	7
2017	11
2018	14
Ø 1980 - 2017	5
Ø 2008 - 2013	10
Ø 2013 - 2017	14

Tabelle / Table 2 Niederschlag / Precipitation [mm]				
	2015	2016	2013-2017	1961-1990
Mai / May	114	88	113	90
Juni / June	113	132	105	107
Juli / July	22*	135	82	97
August	43*	67	75	99
September	41*	66	69	73
Sum May-Sep	333	488	444	466
Ø / Average	68	98	89	93

## Selected Climate Data for Hüll, Germany

The data for average temperatures and precipitation in the months of May – September are provided individually (2015/16) and as averages (2013 – 2017) [3]. The mean values for long-term data from 1961 – 1990 are also included. The temperature data are provided in Table 1. During the primary growing period in 2013 – 2017, the average temperatures were 1.8°C higher than the long-term average for 1961 – 1990, while those for the months June – August were even 2.0°C higher. Months in which the temperature exceeded the long-term average by more than 3°C are also indicated (\*).

Analogous to Table 1, the corresponding data for precipitation are given in Table 2. The total volumes in 2013 – 2017 are comparable to the long-term average (444 mm vs. 466 mm). The months in 2015 exhibiting a deviation of more than 40% from the mean for the years 2013 – 2017 are marked (\*) accordingly. The year 2015 stands out with unusually low precipitation during the months of July – September.

The number of hot days (defined as those where Tmax > 30°C) is reported in Table 3. 2003 had yet the highest number of hot days at 33.

## Effects on the Hop Harvest

Since the harvests in 1994 and 2003, it has been common knowledge that hot, dry summers bring smaller crop yields and lower  $\alpha$ -acid concentrations [4]. Thus, similar results were expected for the 2015 crop. Table 4 lists the relative percentages for crop yield per hectare and  $\alpha$ -acids in 2015 compared to 2014 and 2016, based on the average values for nine aroma and four bitter varieties [5]. The effects on crop yield, and the  $\alpha$ -acids in particular, were generally more pronounced in the nine aroma hops than in the four bitter hops. Spalter and Perle varieties are most affected by weather conditions, followed by Hallertauer Mittelfrüher, Spalter Select and Saphir.

Tabelle / Table 4 Hektarertrag und $\alpha$ -Säuregehalte im Vergleich [% rel.] Yield and $\alpha$ -acids compared [% rel.]		
	Yield	$\alpha$ -acids
	2015 : 2016	2015 : 2016
9 Aroma hops	63	60
4 Bitter hops	75	80

Tabelle 1:  
Durchschnitts-  
temperaturen  
Mai - September (Hüll)

Table 1:  
Average temperatures  
May - September (Hüll)

Tabelle 2:  
Niederschlag  
Mai - September

Table 2:  
Precipitation per  
month May-September

Tabelle 3:  
Hitzetage in Hüll  
(Tage > 30 °C)

Table 3:  
Hot days in Hüll  
(days > 30°C)

Tabelle 4:  
Hektarertrag und  
 $\alpha$ -Säuregehalte  
im Vergleich [% rel.]

Table 4:  
Yield and  $\alpha$ -acids  
compared [% rel.]

# Ariana/Callista 2015/2016

Aufgrund der Erfahrungen mit der Verschiebung des Klimas ist es zunehmend erforderlich, auch bei Neuzüchtungen von Aromasorten verstärkt auf Klimatoleranz zu achten. Am Beispiel von Callista und Ariana wird aufgezeigt, wie sich zwei klimatisch unterschiedliche Jahre auf die Ausprägung von Hopfeninhaltsstoffen auswirken.

## Analytik von Callista und Ariana

Die Mutter von Callista ist die Aromasorte Hallertauer Tradition, die von Ariana die Hoch- $\alpha$ -Sorte Herkules. In Tabelle 5 sind die allgemeinen Hopfenanalysen zusammengestellt und man erkennt bereits wesentliche Unterschiede der beiden Sorten. Herkules hinterlässt bei Ariana in den  $\alpha$ -Säuren, dem Verhältnis  $\beta : \alpha$  und dem Cohumulonanteil deutliche Spuren, Callista zeigt Eigenschaften eines typischen Aromahopfens. Er enthält deutlich weniger  $\alpha$ -Säuren, zeichnet sich aber auch durch einen hohen  $\beta : \alpha$ -Anteil (positiv für Hopfenbeigebitterstoffe) und einen niedrigen Cohumulonanteil (positiv für die Bierbittere) aus [6]. Bemerkenswert ist, dass sich beide Sorten im Ölgehalt gleichen, womit sie im Verhältnis Öl :  $\alpha$  differieren. Ariana liegt mit 0,13/0,12 am unteren Ende der Skala aller Aromahopfen, Callista dagegen mit 0,53/0,36 an der Spitze. Diesem Wert am nächsten kommen noch Hersbrucker (0,24) und Saphir (0,27). Das ist ein Hinweis auf ein interessantes Aromapotenzial der Sorte Callista.

Based on the effects of climate change observed over the past years, climate tolerance is rapidly gaining in importance also in the development of new aroma varieties. In this investigation, the hop varieties Callista and Ariana were used to illustrate how hop compounds react to fluctuations in the climate from year to year.

## Analysis of Callista and Ariana Hops

The aroma hop Hallertauer Tradition is the mother of Callista, while that of Ariana is Herkules, a high alpha variety. Results from the general hop analysis are compiled in Table 5. A quick review reveals marked differences between the two varieties. Ariana clearly reflects its ancestry (Herkules) with respect to  $\alpha$ -acid content, ratio of  $\beta : \alpha$  and the cohumulone fraction, while Callista is more comparable to a typical aroma variety. Although the  $\alpha$ -acid content of Callista is lower, it does exhibit a high ratio of  $\beta : \alpha$  (positive for auxiliary hop bitter compounds) and a low proportion of cohumulone (positive for bitterness in beer) [6]. Of particular note is the fact that both varieties contain similar amounts of oil; therefore they differ in the ratio of oil :  $\alpha$ . At a ratio of 0.13/0.12, Ariana is positioned at the lower end of the scale for all aroma varieties. By contrast, at 0.53/0.36, Callista is at the top of the range, followed by Hersbrucker (0.24) and Saphir (0.27). This lends credence to a promising aroma potential for Callista. Hops grown in 2015 and 2016 were compared as significant differences in the climate conditions were present over these two years.

Tabelle 5:  
Allgemeine  
Hopfenanalysen

Table 5:  
General hop analyses

Tabelle / Table 5					
Analysis	Unit	Callista		Ariana	
		2015	2016	2015	2016
$\alpha$ -acids	% w/w	1.8	3.3	7.0	10.2
$\beta$ -acids	% w/w	5.9	7.8	5.2	5.5
$\beta : \alpha$ ratio		3.3	3.4	0.74	0.54
Cohumulone ratio	% rel.	17	17	34	39
Xanthohumol	% w/w	0.37	0.49	0.41	0.46
Total polyphenols	% w/w	6.1	6.2	4.9	4.1
Hop Oil vol.	ml/100 g	0.95	1.20	0.90	1.20
Oil : $\alpha$ -acids		0.53	0.36	0.13	0.12

Tabelle 6:  
Verhältnisse  
zwischen den Ernten  
[% rel. 2015 : 2016]

Table 6:  
Relations between  
the crops  
[% rel. 2015 : 2016]

Tabelle / Table 6		
Analysis	Callista	Ariana
$\alpha$ -acids	55	70
$\beta$ -acids	76	95
Total polyphenols	98	120
Hop Oil vol.	79	75

The results of the 2015 : 2016 comparison are given in Table 6 and serve as the basis for the following observations:

- With regard to alpha levels, Callista hops harvested in 2015 were comparable to aroma varieties (55%), while Ariana (70%) hops were more similar to bitter varieties.
- The  $\beta$ -acids were more stable in hops grown under difficult climate conditions.
- Polyphenols appear to be very stable in different climate conditions.
- With respect to hop oil, Callista is less susceptible to climate fluctuation than Ariana.

The relevant groups of aroma compounds are listed in Table 7. Characteristic differences can be seen in the concentrations of linalool (higher in Callista than Ariana) and geraniol + geranyl acetate (higher in Ariana than Callista). Furthermore, the concentrations of several esters differ

Die Relationen zwischen den beiden klimatisch unterschiedlichen Ernten 2015 und 2016 finden sich in Tabelle 6. Folgende Beobachtungen leiten sich ab:

- Callista verhält sich beim Alpha mit nur 55 % im Jahr 2015 analog zu Aromahopfen, Ariana mit 70 % gleicht eher Bitterhopfen.
- Die  $\beta$ -Säuren sind in beiden Sorten witterungsstabiler.
- Die Bildung der Polyphenole verläuft offensichtlich witterungsunabhängiger.
- Im Öl ist Callista weniger klimabil als Ariana.

Tabelle 7 listet die wesentlichen Gruppen an Aromastoffen auf. Charakteristische Unterschiede leiten sich beim Linalool (Callista vor Ariana) und Geraniol + Geranylacetat (Ariana vor Callista) ab. Auch einige Ester unterscheiden sich erheblich, z.B. Isoamyl-2-Methylpropanoat (Callista 18 und 22 mg/100g, Ariana 6 und 9 mg/100g; jeweils in Ernte 2015 und 2016).

In Tabelle 8 sind die Verhältnisse in % rel. von 2015 gegenüber 2016 aufgeführt. Gerade bei den Komponenten mit guter Löslichkeit im Bier kommt Callista besser weg als Ariana. Beim Callista sind in 2015 die Gehalte um ein Viertel niedriger, beim Ariana dagegen um die Hälfte. Callista scheint sein ohnehin erstaunlich hohes Aromapotenzial auch in klimatisch schwierigen Jahren besser zu bewahren. Einmal mehr zeigt sich, dass die Bewertung von Aromahopfen (nur) nach den  $\alpha$ -Säuren in die Irre führen kann.

Parallel zu den Gesamtpolyphenolen (siehe Tabelle 5) wurden auch die niedermolekularen Polyphenole (lmPP) mittels HPLC analysiert. Die wesentlichen Stoffgruppen sind aus Tabelle 9 zu entnehmen.

greatly, e.g. isoamyl-2-methyl propanoate (Callista 18 and 22 mg/100g, Ariana 6 and 9 mg/100g, harvested in 2015 and 2016, respectively).

The values for 2015 and 2016 are compared in relative % in Table 8. Callista outperformed Ariana with respect to compounds which are readily soluble in beer. In 2015, the concentration of these compounds was around 25% lower in Callista and 50% lower in Ariana. Callista appears to successfully retain its astonishingly high aroma potential, even in years when climate conditions are more challenging. Once again, this underscores the fact that evaluating aroma hops (only) based on  $\alpha$ -acid content can be misleading.

Along with the total polyphenols (see Table 5), low molecular weight polyphenols (lmPP) were also analyzed using HPLC. The relevant groups of compounds can be found in Table 9. Two key points should be noted:

- The concentration of lmPPs is higher for both varieties from the 2015 harvest compared with 2016. In contrast to other secondary metabolites (bitter and aroma compounds), it appears that hop plants react to climate stress by producing more lmPPs.
- Callista contains more of these valuable lmPPs than Ariana.

## Brewing Trials

In the trials, six beers were brewed with hops from the 2015 – 2017 crop years on the pilot system at the St. Johann Research Brewery [6]. The primary characteristics of the trial beers include the following:

- A bottom-fermented (lager) beer was brewed to an original gravity of 13.5%, introduced here as IPL = Imperial Pale Lager
- Pilsner malt with 20% Carahell®
- A robust bitterness of 30 IBU
- A distinct hop aroma with a fruity character was desired.

Ariana/Callista  
2015/2016

GC-Aroma Compounds/Groups	Callista		Ariana	
	2015	2016	2015	2016
Linalool	10	12	4	7
Geraniol + Geranyl acetate	1 + 0	1 + 1	2 + 4	4 + 11
Monoterpene alcohols	11	14	8	22
Sesquiterpene alcohols	13	14	13	20
Sum of Esters	29	44	37	77
Sum of Ketones	11	15	18	31
Sum of Oxygen Fraction (OF)	73	103	82	163
Sum of Monoterpenes	290	440	326	521
Sum of Sesquiterpenes	246	291	324	338
Sum of all Calibrated Substances	599	834	732	941

**Tabelle 7:**  
Gruppen von Aromastoffen [mg/100 g]  
**Table 7:**  
Groups of aroma compounds [mg/100g]

**Tabelle 8:**  
Verhältnisse  
zwischen den Ernten  
[% rel. 2015 : 2016]

**Table 8:**  
Relations  
between the crops  
[% rel. 2015 : 2016]

Tabelle / Table 8		
Analysis	Callista	Ariana
Monoterpene alcohols	79	36
Sesquiterpene alcohols	93	65
Esters	66	48
Ketones	73	58
Oxygen Fraction	73	50
Monoterpenes	66	63
Sesquiterpenes	85	96
Sum of all calibrated substances	72	78
Hopfenöl / Hop oil vol.	79	75

Bemerkenswert sind zwei Beobachtungen:

- Die Gehalte an ImPP liegen bei beiden Sorten in der Ernte 2015 höher als 2016. Im Gegensatz zu den anderen sekundären Metaboliten (Bitter- und Aromastoffe) scheint die Pflanze auf Witterungsstress mit einer verstärkten Bildung zu reagieren.
- Callista ist reicher an wertvollen ImPP als Ariana.

### Brauersuche

In der bewährten Forschungsbrauerei St. Johann [6] wurden aus Hopfen der Ernten 2015 bis 2017 sechs Biere eingebraut. Die wesentlichen Merkmale sind:

- Untergäriges Lagerbier mit 13,5 % Stammwürze, hier als IPL = Imperial Pale Lager vorgestellt
- Pilsner Malz mit 20 % Carahell®
- Kräftige Bittere mit 30 IBU
- Ein deutliches Hopfenaroma mit fruchtigem Charakter wurde angestrebt.

Die Hopfengabe unterteilte sich wie folgt:

1. Gabe: bei Kochbeginn mit Polaris Pellets Typ 90 zum Erreichen der Zielbittere
2. Gabe: bei Kochmitte mit 100 g/hl Hallertauer Tradition Pellets Typ 90
3. Gabe: bei Kochende mit 0,9 ml Öl/hl an Callista/Ariana, jeweils 2015, 2016, 2017 als Pellets Typ 90

**Tabelle 9:**  
Gruppen von  
Polyphenolen

**Table 9:**  
Groups of polyphenols

Tabelle / Table 9					
Polyphenole / Polyphenols	Maßeinheit Unit	Callista		Ariana	
		2015	2016	2015	2016
Hydroxyzimtsäuren / Hydroxy cinnamic acids	mg/100 g	288	193	211	116
Flavanole / Flavanols	mg/100 g	281	291	253	154
Proanthocyanidine / Proanthocyanidines	mg/100 g	344	319	312	140
Quercetin Flavonoide / Flavonoids	mg/100 g	402	294	347	231
Kaempferol Flavonoide / Flavonoids	mg/100 g	328	230	230	157
Andere Flavonoide / Other flavonoids	mg/100 g	40	30	30	19
Summe ImPP / Sum of ImPP	% w/w	1.91	1.57	1.61	0.94
Gesamt PP / Total PP	% w/w	6.1	6.2	4.9	4.1
ImPP : TPP	% rel.	31	25	33	23

2015/2016

The hops were added as follows:

1st addition: begin of boil; type 90 Polaris pellets to reach target bitterness

2nd addition: mid of boil; type 90 Hallertauer Tradition pellets, 100g/hl

3rd addition: end of boil; 0.9ml oil/hl type 90 pellets of Callista/Ariana harvested in 2015, 2016 and 2017

4th addition: whirlpool; 1.8 ml oil/hl (see 3rd addition)

5th addition: dry hopping; 1.4 ml oil/hl (see 3rd addition); added after primary fermentation as the beer was transferred to the maturation tank; 7 days at 14°C followed by 14 days at 0°C

The results from the general beer analysis can be found in Table 10. Of particular note is the distinctive polyphenol character of the beers brewed with hops harvested in 2015, especially the Callista beers.

A number of hop aroma compounds present in the beers brewed with hops from 2015 and 2016 were analyzed. The results are summarized in Table 11. Except for myrcene, terpenes occurring in low concentrations are not listed since they are not relevant from a sensory perspective. Despite the fact that the hop additions were calculated based on oil content, the same variety still exhibited significant differences specific to the individual crop year. Beers brewed with Callista generally contain more linalool, while those brewed with Ariana are richer in geraniol. The findings reported by Takoi [7] should also be taken into account, namely that yeast enzymes can bring about the formation of  $\alpha$ -terpineol from linalool and  $\beta$ -citronellol from geraniol. This is the only plausible explanation for the presence of  $\alpha$ -terpineol and  $\beta$ -citronellol in the beers, since both compounds were not detectable in the hops.

### Sensory Analysis of the Trial Beers

In order to achieve a somewhat more complete sensory impression, the analysis results from the 2017 harvest were also included. The beers were tasted according to the DLG and the CMA evaluation schemes. The DLG results reported in Table 12 are overall scores representing the averages of multiple characteristics. Here, Callista fared somewhat better than Ariana, which is primarily due to its higher scores for bitterness. In a comparison of 2015 and 2016, sensory panelists expressed the same degree of preference for Callista and Ariana brewed with hops harvested in 2016; however, the 2015 beer brewed with Ariana received significantly lower scores.

Tabelle / Table 10					
Analyse / Analysis	Maßeinheit Unit	Callista		Ariana	
		2015	2016	2015	2016
Stammwürze / Original Gravity	% w/w	14.0	13.5	14.1	13.3
Alkohol / Alcohol	% v/v	6.0	5.9	6.1	5.9
pH		4.68	4.73	4.72	4.70
Bittere / Bitterness	IBU	30	27	33	33
Gesamt Polyphenole / Total polyphenols	mg/l	443	321	358	280
Niedermolekulare Polyphenole / Low molecular polyphenols	mg/l		50.4		34.8

4. Gabe: in den Whirlpool mit 1,8 ml Öl/hl (s. 3. Gabe)
5. Gabe: Hopfenstopfen mit 1,4 ml Öl/hl (s. 3. Gabe); Dosage beim Tankwechsel von Hauptgärung zur Reifung 7 Tage 14 °C, 14 Tage 0 °C

Tabelle 10 enthält die allgemeinen Bieranalysen. Auffällig ist der ausgeprägtere polyphenolische Charakter der Biere aus den 2015er Hopfen und besonders der Callista-Biere.

Einige Hopfenaromastoffe konnten in den Bieren der Jahrgänge 2015 und 2016 analysiert und in Tabelle 11 zusammengefasst werden. Die geringen Gehalte der Terpene sind bis auf das Myrcen nicht gelistet, da sie sensorisch irrelevant sind. Obwohl nach Hopfenöl dosiert wurde, ergaben sich bei gleicher Sorte zwischen den Jahrgängen erhebliche Unterschiede. Callista-Biere sind generell reich an Linalool, Ariana-Biere dagegen an Geraniol. Zu berücksichtigen sind die Feststellungen von Takoi [7], dass  $\alpha$ -Terpineol aus Linalool und  $\beta$ -Citronellol aus Geraniol unter Anwesenheit von Hefeenzymen entstehen können. Nur so ist der Nachweis von  $\alpha$ -Terpineol und  $\beta$ -Citronellol in den Bieren zu erklären, obwohl beide Komponenten in den Hopfen nicht nachweisbar waren.

### Sensorik der Biere

Um eine etwas rundere sensorische Beurteilung zu erreichen, wurden auch die Ergebnisse des Jahrgangs 2017 eingebunden. Die Verkostung erfolgte nach DLG- und CMA-Schema.

Tabelle 12 bündelt die DLG-Ergebnisse in den Gesamtnoten als Durchschnitte mehrerer Merkmale. Callista schnidet etwas besser ab als Ariana, was primär an den besseren Noten für die Bittere liegt. Beim Vergleich der Jahrgänge 2015 vs. 2016 lagen Callista und Ariana aus 2016 in der Präferenz gleich, das Ariana-Bier 2015 schnitt signifikant schlechter ab. Beim Vergleich der beiden Sorten der Ernte 2017 lag der Callista vorne.

Die wesentlichen Daten der Verkostung für hopfenbetonte Biere nach CMA [8] sind in Tabelle 13 enthalten. Wie schon bei den Analysedaten ist Ariana auch in der Sensorik jahrgangsempfindlicher, was der Ernte 2015 geschuldet ist. In allen Merkmalen liegt im Durchschnittswert Callista vor Ariana, z. B. in der Qualität des Hopfenaromas um 0,60 und in der Qualität der Bittere um 0,47 Punkte. Dass die Qualität der Bittere in den Callista-Bieren besser wegkommt als die in den Ariana-Bieren, kann mit seiner deutlich günstigeren Bitterstoffstruktur zusammenhängen ( $\beta$  :  $\alpha$  höher, Cohumulonanteil niedriger).

*Callista was more favorably received in a comparison of both varieties harvested in 2017.*

*The key data regarding the sensory analysis of beers with a pronounced hop profile according to CMA [8] are provided in Table 13. Just as the analysis data indicate, Ariana also exhibits a greater susceptibility to fluctuations in climate conditions, as is clearly evident from the hops harvested in 2015. A review of the average values shows Callista leading Ariana in every sensory characteristic evaluated, e.g. by 0.60 points for the quality of the hop aroma and by 0.47 points for the quality of the bitterness. The higher quality of bitterness in beers produced with Callista as opposed to those brewed with Ariana could be attributable to the enhanced composition of bitter compounds (higher ratio of  $\beta$  :  $\alpha$ , lower cohumulone fraction). This is corroborated by the data in Table 14. An additional point of interest is that on average, the range of fluctuation is significant in both varieties from year to year, amounting to 1.27 points for the quality of the hop aroma and 1.60 points for the quality of the bitterness.*

*This leads to the conclusion that fluctuations from year to year can result in a broader range of values than is possible simply due to varietal differences. In the sensory evaluation of the hop aroma and the quality of the bitterness, Callista generally receives higher scores than Ariana and also appears to be less susceptible to changes in climate.*

**Tabelle 10:**  
Allgemeine  
Bieranalysen

**Table 10:**  
General beer analyses

**Tabelle 11:**  
Hopfenaromastoffe  
im Bier [ $\mu$ g/l]

**Table 11:**  
Hop aroma com-  
pounds in beer [ $\mu$ g/l]

Tabelle / Table 11				
Compounds	Callista		Ariana	
	2015	2016	2015	2016
Methyl esters	87	62	40	157
Ethyl esters	17	17	13	27
Sum of Esters	104	78	53	184
Linalool	428	488	169	183
Geraniol	9	17	32	132
$\alpha$ -Terpineol	20	36	37	76
$\beta$ -Citronellol	14	50	35	69
Myrcene	53	21	27	17
Ketones	3.5	2.4	6.0	4.3
Oxidized Sesquiterpenoids	189	239	120	115

	2015	2016	2017	Ø
Callista	4.20	4.35	4.53	4.36
Ariana	3.99	4.27	4.32	4.19

**Tabelle 12:**  
DLG-Verkostung, Durchschnittsnoten

**Table 12:**  
DLG tasting average scores

Das geht auch aus der Tabelle 14 hervor. Interessant ist noch die Beobachtung, dass zwischen den Jahrgängen im Schnitt der beiden Sorten große Schwankungsbreiten liegen. Sie betragen in der Qualität des Hopfenaromas 1,27 und in der Qualität der Bittere 1,60 Punkte.

Das lässt den Schluss zu, dass Jahrgangsschwankungen größere Spannweiten verursachen können als die Unterschiede zwischen den beiden Sorten. In der sensorischen Bewertung von Hopfenaroma und Qualität der Bittere schneidet Callista generell besser ab als Ariana und scheint auch etwas unempfindlicher auf die Witterung zu reagieren.

### Zusammenfassung

Die Beobachtung des Witterungsverlaufs der letzten Jahre lässt erkennen, dass die Durchschnittstemperaturen zunehmen. Hinzu kommen häufiger Sommer mit großer Hitze und geringen Niederschlägen. Darauf reagiert Hopfen mit einer deutlichen Reduzierung der Erträge und der  $\alpha$ -Säuregehalte, wobei Aromahopfen empfindlicher sind als Bitterhopfen. Die Mindererträge von 2015 gegenüber 2016 betragen bei neun Aromahopfen im Schnitt 47 %, bei vier Bitterhopfen 25 %. Die  $\alpha$ -Säuren erreichen ein Minus von 40 % bei Aromahopfen und 20 % bei Bitterhopfen.

Am Beispiel der neuen Aromasorten Callista und Ariana wird aufgezeigt, welche Unterschiede bei den wesentlichen Inhaltsstoffen zum einen zwischen den beiden Sorten und zum anderen in zwei Erntejahren bestehen. Zu beobachten war, dass die Witterung einen großen Einfluss auf die Ausbildung einiger wichtigen Hopfeninhaltsstoffe ausübt. Die jahrgangsabhängigen Unterschiede können sogar ausgeprägter sein als die zwischen den Sorten innerhalb eines Jahrgangs. Brauversuche

### Summary

A review of the climate records over the last few years shows that average temperatures are on the rise. In addition, summers characterized by high temperatures and low levels of precipitation are occurring more frequently. Such weather conditions reduce crop yields and the  $\alpha$ -acid content of hops, with aroma hops exhibiting a greater sensitivity to changes in climate than bitter hops. In 2015, on average, the yield was 47% lower for nine aroma hop varieties and 25% lower for four bitter hop varieties as opposed to the crop yields in 2016. The  $\alpha$ -acid content was also 40% lower for aroma varieties and 20% lower for bitter varieties in 2015 compared with the values obtained the following year.

The new aroma hop varieties Callista and Ariana were selected as an example to demonstrate the differences in the relevant compounds not only due to individual variety but also between two individual harvest years. It is clear that the weather has a strong influence on the development of several important compounds in hops. Differences induced through fluctuating climate conditions may even be greater than those between the hop varieties themselves. Brewing trials with hops harvested in 2015, 2016 and 2017 have consistently produced characteristic beers with a pronounced fruity impression. In the bottom-fermented traditional Festbier brewed in these trials, Callista received higher scores than Ariana in taste tests. Callista also appeared to be less susceptible to the significant differences in the weather conditions experienced during 2015, 2016 and 2017. The compounds comprising the bitterness and flavor profile indicate that Callista also possesses the positive attributes required of an aroma hop for use in late hop additions.

**Tabelle 13:**  
CMA-Verkostung

**Table 13:**  
CMA tasting

Polyphenols	Callista				Ariana			
	2015	2016	2017	Ø	2015	2016	2017	Ø
Aroma intensity	6.45	6.25	6.70	6.47	5.50	6.95	5.95	6.13
Aroma quality	6.35	6.80	7.50	6.88	5.10	7.20	6.50	6.27
Ø Aroma descriptors	3.45	3.40	3.64	3.50	2.67	3.40	3.36	3.14
Bitter intensity	5.4	5.1	4.7	5.07	4.7	5.3	4.8	4.93
Bitter quality	7.1	7.2	8.4	7.57	6.2	7.0	8.1	7.10

**Tabelle 14:**  
Durchschnittliche Spannweite ( $\Delta$ ) bei Jahrgängen und Sorten

**Table 14:**  
Average spread ( $\Delta$ ) by crop year and variety

	Ø of 3 years			Ø of the 2 varieties			
	Callista	Ariana	$\Delta$	2015	2016	2017	$\Delta$
Aroma quality	6.88	6.27	0.61	5.73	7.00	7.00	1.27
Bitter quality	7.57	7.10	0.47	6.65	7.10	8.25	1.60

## Literatur / Literature

- [1] **Gesellschaft für Hopfenforschung, Jahresbericht/Annual Report 2016**, [http://www.hopfenforschung.de/jahresbericht\\_2016.pdf](http://www.hopfenforschung.de/jahresbericht_2016.pdf)
- [2] **Hanke, S., Schüll, F., Seigner, E. and Lutz, A: Development of a Tasting Scheme and a New Systematic Evaluation Program for New German Breeding Lines by Example of the New German Varieties Callista (CI) and Ariana (AN).** *BrewingScience*, 69 (November/December 2016), pp. 94-102
- [3] **Wetterdaten Hüll**, <http://www.lfl.bayern.de/service/agrarwetter/>
- [4] **Forster, A.: Die Hallertauer Hopfenernte 2003 – Probleme und Perspektiven;** *Brauwelt* Nr. 17 (2004), pp. 487-491
- [5] **Aktueller Bericht des deutschen Hopfenwirtschaftsverbandes e.V.,** <http://hopfen.de>
- [6] **Biendl, M.; Engelhard, B.; Forster, A.; Gahr, A.; Lutz A.; Mitter, W.; Schmidt, R. and Schönberger, C.:** **Hops – Their Cultivation, Composition and Usage.** Fachverlag Hans Carl, 2014, pp. 225 ff
- [7] **Takoi K., et. al.: Biotransformation of hop-derived monoterpene alcohols by lager yeast and their contribution to the flavor of hopped beer.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010
- [8] **Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft GmbH (CMA):** **„Die Seele des Bieres – Hopfen aus Deutschland“**  
<http://www.deutscher-hopfen.de/content/serv/hopfenpflanzerverband.de/data/media/2099/Hopfen-Sortenmappe-dt-komplett-05.pdf>

mit Hopfen von 2015, 2016 und 2017 haben durchwegs charakteristische Biere mit intensivem Fruchtcharakter hervorgebracht, wobei Callista sensorisch bei dem hier gewählten untergärigen Festbier Ariana vorgezogen wurde. Callista reagierte auch weniger auf die deutlichen Unterschiede der Witterung zwischen den Jahren 2015, 2016 und 2017. Seine Merkmale in der Bitterstoff- und Aromazusammensetzung lassen den Schluss zu, dass Callista auch gute Voraussetzungen als Aromahopfen für späte Gaben mit sich bringt.

---

Autoren: Dr. Adrian Forster, Dr. Florian Schüll, HVG Hopfenverwertungsgenossenschaft e.G., Wolnzach, und Andreas Gahr, Forschungsbrauerei der Hopfenveredlung St. Johann GmbH, Train – St. Johann  
Fotos: Pokorny Design und © K.-U. Häbler – Fotolia.com (S. 48 links)



Dr. Florian Schüll

Dr. Adrian Forster

Andreas Gahr