



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Blattflächenentwicklung und Ertragsaufbau wichtiger Hopfensorten



Schriftenreihe

11

2011

ISSN 1611-4159

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Arbeitsbereich Hopfen, Hopfenforschungszentrum Hüll
Hüll 5 1/3, 85283 Wolnzach
E-Mail: Hopfenforschungszentrum@LfL.bayern.de
Telefon: 08442/9257-0

1. Auflage: Dezember 2011

Druck: ES-Druck, 85356 Freising-Tüntenhausen

Schutzgebühr: 15,00 Euro

© LfL



**Blattflächenentwicklung
und Ertragsaufbau
wichtiger Hopfensorten**

Bernhard Engelhard

Klaus Kammhuber

Anton Lutz

Ute Lachermeier, Michael Bergmeier

Die Erarbeitung der Ergebnisse wurde überwiegend durch zwei Studienarbeiten am Hopfenforschungszentrum Hüll möglich:

1. Lachermeier Ute

„Blattflächenermittlung an Hopfensorten und deren mögliche Auswirkung auf die Aufwandmenge von Pflanzenschutzmittel“

Masterarbeit, TUM, Lehrstuhl für Phytomedizin, 2010, 86 Seiten

2. Bergmeier Michael

„Ertragsaufbau unterschiedlicher Hopfensorten“

Diplomarbeit, FH Weihenstephan, Fachbereich Land- und Ernährungswirtschaft, 2008, 100 Seiten

Herzlichen Dank! Die Arbeiten waren mit enormen Zeitaufwand verbunden. Der Dank gilt auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Hopfenforschungszentrums Hüll, sowie den vielen Aushilfskräften.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	9
Summary	10
A Blattflächen an wichtigen Hopfensorten	11
1 Aufgabenstellung und Ziele	11
1.1 Problemstellung.....	11
1.2 Ziele.....	12
2 Material und Methoden	12
2.1 Sortenauswahl	12
2.2 Auswahl der Aufleitungen	12
2.3 Einteilung in Rebenabschnitte.....	12
2.4 Blattflächenmessung	13
2.4.1 Blattflächenmessung zum ersten Termin (BBCH 37).....	13
2.4.2 Blattflächenmessung zum zweiten Termin (BBCH 55).....	14
2.4.3 Blattflächenmessung zum dritten Termin (BBCH 75).....	15
2.5 Doldenoberfläche	16
3 Ergebnisse und Diskussion	16
3.1 Anzahl Blätter, Gewicht der Blätter und Blattflächen bei den drei untersuchten Sorten	16
3.1.1 Hallertauer Tradition (HT)	16
3.1.2 Saphir (SR).....	18
3.1.3 Herkules (HS).....	19
3.2 Vergleichende Auswertungen zu den untersuchten Sorten.....	20
3.2.1 Blattfläche je Aufleitung und Blattflächenindex.....	20
3.2.2 Grafische Darstellung der Blattflächenverteilung.....	20
3.2.3 Verteilung der Blattflächen zwischen Zentralrebe und Seitenarmen sowie Einzel-Blattgewichte	23
3.3 Kann bei zukünftigen Arbeiten zur Blattflächenmessung auf die „Klassen 1 - 5“ verzichtet werden?	23
B Ertragsaufbau wichtiger Hopfensorten	24
4 Aufgabenstellung und Ziele	24
4.1 Problemstellung.....	24
4.2 Ertragsfaktoren bei Hopfen	25
4.2.1 Ertragsfaktoren nach Literaturangaben	28

5	Material und Methoden	30
5.1	Berichtsjahre.....	30
5.2	Auswahl und Beschreibung der Hopfensorten.....	30
5.3	Beschreibung der Hopfensorten	31
5.4	Auswahl der Hopfenreben.....	36
5.5	Einteilung der Aufleitungen in verschiedene Abschnitte.....	36
5.6	Zählen, Messen und Wiegen der Dolden und Restreben	37
5.7	Analyse der wichtigsten Inhaltsstoffe	38
5.8	Auswertung	38
6	Ergebnisse	39
6.1	Grüengewichte, Anzahl Dolden und Tausend-Doldengewicht.....	39
6.1.1	Hallertauer Tradition	40
6.1.2	Saphir	42
6.1.3	Hallertauer Magnum	44
6.1.4	Hallertauer Taurus.....	46
6.1.5	Herkules	48
6.2	Weitere Kenndaten zum Ertragsaufbau wichtiger Hopfensorten.....	50
6.3	Gehalt und Verteilung wichtiger Inhaltsstoffe bei fünf Hopfensorten.....	51
6.3.1	Hallertauer Tradition	52
6.3.2	Saphir	53
6.3.3	Hallertauer Magnum	54
6.3.4	Hallertauer Taurus.....	55
6.3.5	Herkules	56
7	Diskussion	57
7.1	Aussagekraft der Ergebnisse	57
7.2	Ertragsrelevante Faktoren	57
7.2.1	Vergleich mit früheren Studien	57
7.2.2	Vergleich der fünf untersuchten Sorten	57
7.2.3	Hopfeninhaltsstoffe	59
7.3	Zusammenfassung.....	60
	Literaturverzeichnis	61

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: Blattflächen (Blattober- und Blattunterseite) aus dem Jahr 1977; Quelle: BLBP-Jahresbericht, 1980	11
Abb. 2: Einteilung der Aufleitungen, (nach Linke-Rebl, 1950).....	13
Abb. 3: Berücksichtigung der Blattwölbung a) Blatt mit natürlicher Wölbung, b) Blatt geschnitten, damit tatsächliche Fläche erfasst wird.....	14
Abb. 4: Blattflächenmessgerät Fa. Li-Cor; Quelle: Licor.com.....	14
Abb. 5: Vorne links die Schablonen. Die Blätter wurden dann in Körbchen gesammelt und gezählt.	15
Abb. 6: Blattflächenentwicklung bei der Sorte HT.....	16
Abb. 7: Blattflächenentwicklung bei der Sorte SR	18
Abb. 8: Blattflächenentwicklung bei der Sorte HS	19
Abb. 9: Aufteilung der Blattflächen nach zuvor definierter Klasseneinteilung bei den Sorten HT, HS, SR zum ersten Ermittlungstermin;(Prozentangaben in der skizzierten Aufleitung entsprechen dem jeweiligen Anteil am Teilabschnitt).....	21
Abb. 10: Aufteilung der Blattflächen nach zuvor definierter Klasseneinteilung bei den Sorten HT und HS zum 2. Ermittlungstermin, (Prozentangaben in der skizzierten Aufleitung entsprechen dem jeweiligen Anteil am Teilabschnitt).....	21
Abb. 11: Aufteilung der Blattflächen nach zuvor definierter Klasseneinteilung bei den Sorten HT, HS und SR zum 3. Ermittlungstermin, (Prozentangaben in der skizzierten Aufleitung entsprechen dem jeweiligen Anteil an Teilabschnitt).....	22
Abb. 12: Ertragsfaktoren bei Hopfen	26
Abb. 13: Überblick über die Inhaltsstoffe des Hopfens	27
Abb. 14: Verschiedene Wuchsformen des Hopfens.....	30
Abb. 15: Einteilung der Aufleitung	36
Abb. 16: Zerlegen einer Aufleitung	37
Abb. 17: In Abschnitte unterteilte Aufleitung links: Zentrum Basis/Mitte/Oben rechts: Seitenäste, noch nicht getrennt nach innen und außen	37
Abb. 18: Zählen, Messen und Abfüllen der Dolden	38
Abb. 19: Optischer Eindruck zur Doldenverteilung innerhalb der zehn Sektoren – links Hallertauer Taurus, rechts Saphir	39

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Einteilung in 17 Klassen und der Blattfläche in cm ²	15
Tab. 2: Auswertung der Teilbereiche bei der Sorte HT	17
Tab. 3: Auswertung der Teilbereiche bei der Sorte SR.....	18
Tab. 4: Auswertung der Teilbereiche bei der Sorte HS.....	19
Tab. 5: Blattfläche je Aufleitung und Blattflächenindex.....	20
Tab. 6: Blattflächenverteilung zwischen Zentralrebe und Seitenarmen.....	23
Tab. 7: Durchschnittliche Einzelblattgewichte zu Termin 2 (T2) und Termin 3 (T3).....	23
Tab. 8: Prozentualer Anteil der Blattfläche an der Gesamtfläche des Teilabschnittes.....	24
Tab. 9: Durchschnittliches Gewicht pro Aufleitung bei verschiedenen Hopfensorten	28
Tab. 10: Gewicht der Teilbereiche	28
Tab. 11: Variabilität verschiedener quantitativer Merkmale des Hopfens (bei insgesamt 70 Sorten; CERNEA, 2002)	29
Tab. 12: Variabilität der Merkmale und Eigenschaften des Hopfens (126 Sorten/52 Merkmale; CERNEA, 2000)	29
Tab. 13: Sorteneigenschaften Hallertauer Tradition (HT).....	31
Tab. 14: Sorteneigenschaften Saphir (SR)	32
Tab. 15: Sorteneigenschaften Hallertauer Magnum (HM).....	33
Tab. 16: Sorteneigenschaften Hallertauer Taurus (TU)	34
Tab. 17: Sorteneigenschaften Herkules (HS)	35
Tab. 18: Kenndaten zum Ertragsaufbau	50
Tab. 19: Farbabstufung in Abhängigkeit vom Alphasäuregehalt.....	51

Blattflächenentwicklung und Ertragsaufbau wichtiger Hopfensorten

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,
Hopfenforschungszentrum Hüll

Bernhard Engelhard

Klaus Kammhuber

Anton Lutz

Ute Lachermeier, Michael Bergmaier

Zusammenfassung

Schlagworte: Hopfen, Blattflächenentwicklung, Ertragsaufbau, Alphasäuregehalt, Ölgehalt

Die Kultur Hopfen mit durchschnittlich sieben Meter Wuchshöhe unterscheidet sich in der Blattflächenentwicklung und im Ertragsaufbau wesentlich von anderen Raumkulturen. Da die Ermittlung dieser Daten sehr arbeits- und zeitintensiv ist (bis über 6.000 Blätter und bis über 10.000 Dolden pro Aufleitung), gibt es für diese Basisdaten nur sehr wenig Literaturhinweise; für die neueren Zuchtsorten aus dem Hopfenforschungszentrum Hüll lagen bisher noch keine Zahlen vor.

Die Struktur des Aufbaus einer Hopfenpflanze zu erforschen, wurden bei der Blattflächen-ermittlung sieben Teilbereiche getrennt erfasst: Kopf (Bereich über dem Hopfengerüst), Oben - Zentrum und Seitenäste, Mitte - Zentrum und Seitenäste, Basis - Zentrum und Seitenäste. Die Bereiche Oben-Mitte und Basis sind jeweils zwei Abschnitte mit je einer Länge von zwei Metern an der Hauptrebe. Zur Ermittlung des Ertragsaufbaus wurden die Seitenäste zusätzlich in die Bereiche „Innen“ und „Außen“ geteilt.

Die Blattflächenentwicklung (Teil A) beginnt sehr langsam und hat im Entwicklungsstadium BBCH 37, wenn bereits $\frac{2}{3}$ der Gerüsthöhe erreicht sind, erst 10 % der Blattfläche im Vergleich zur Ernte erreicht. Auch zum Stadium BBCH 55 Mitte Juli sind erst 50 % der endgültigen Blattfläche ausgebildet. Die Verteilung und die Einzelblattgröße schwanken zwischen den Sorten sehr stark. In bisher unbekannte Größenordnungen stößt die Sorte Herkules vor. Diese Sorte hat in allen Entwicklungsstadien praktisch die doppelte Blattfläche wie die bisherigen Sorten. Es wäre notwendig, dies bei der Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln zu berücksichtigen.

Im Ertragsaufbau (Teil B) zeigen sich ebenfalls große Sortenunterschiede. Es gibt aber den einheitlichen Trend, dass in der oberen Hälfte der Hopfenpflanze höhere Gehalte der wertbestimmenden Inhaltsstoffe erreicht werden. Für Hopfenzüchter bringen die Ergebnisse aus den Teilbereichen der Hopfenpflanze wichtige Hinweise für die Feldbonituren und die Selektion.

Summary

Keywords: hops, development of leaf area during the season, distribution of cone formation within the hop plant, alpha acid content, oil content

With an average height of seven meter, the special crop hop is considerably different from other three-dimensional crops in the development of leaf area during the season and in the distribution of cone formation within the plant. As the determination of these data requires a lot of work and time (over 6,000 leaves and 10,000 cones per training), there are only few bibliographical references available for the basic data. For the new cultivars bred at the Hop Research Center in Hüll, there have not been any figures so far.

In order to investigate the structure of a hop plant, the development of leaf area over the season has been studied divided into seven sections: Head (the part of the bine protruding above the hop trellis), upper section of the bine, center and laterals, middle section, center and laterals, and lower section, center and laterals. Measured from the top of the wire-work, the three sections comprised two meter each along the bine. To determine the distribution of cone formation within the plant, the laterals were additionally divided into the areas 'central' and 'outward'.

The development of the leaf area (part A) starts very slowly and comprises in the development stage EC 37, when 2/3 of the trellis height is already reached, only 10 % of the leaf area in comparison to harvest time. Even at the stage EC 55 in mid-July only 50 % of the final leaf area is developed. The distribution and size of the single leaves vary widely, depending on the hop cultivar. The cultivar 'Herkules' pushes into a hitherto unknown dimension. In all development stages, 'Herkules' has reached twice the size of the leaf area compared to previous cultivars. It would be necessary to take this in consideration during the testing and registration of new pesticides.

There are great differences in the distribution of cone formation within the hop plant (part B) depending on the cultivar. There is, however, a consistent trend that the substances of content, which are essential for the valuation of the cones, are generated in the upper part of the hop plant. The results from the single sections of the plant provide important indications for hop growers regarding the evaluation of plants in the field and selection.

A Blattflächen an wichtigen Hopfensorten

1 Aufgabenstellung und Ziele

1.1 Problemstellung

Große Blattflächen bedeuten große Assimilationsflächen und damit Einfluss auf den Ertrag. Die Blattfläche bietet jedoch sowohl auf der Unter- als auch auf der Oberseite Angriffsfläche für Krankheiten und Schädlinge. Während andere Raumkulturen wie Obst und Wein nach dem Austrieb relativ schnell das Maximum an Blattfläche erreicht haben, ist bei Hopfen mit dem Erreichen der Gerüsthöhe erst ein Bruchteil der Pflanzenoberfläche im Vergleich zur Ernte erreicht. Bei der Blattflächenentwicklung noch unberücksichtigt sind die Oberflächen von Blüten und Dolden, die ebenfalls dem Angriff von Krankheiten und Schädlingen ausgesetzt sind.

Beim Pflanzenschutz muss die Wasser- und Produktaufwandmenge laufend der Pflanzenentwicklung angepasst werden. Bisher richten sich diese Aufwandmengen mehr nach optischen Beobachtungen und empirischen Erfahrungswerten. Bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln sind derzeit in Deutschland für Hopfen drei Entwicklungsstadien für die Aufwandmengen der Produkte maßgebend:

- bis BBCH 37 (ca. Anfang bis Mitte Juni)
- bis BBCH 55 (ca. Anfang bis Mitte Juli)
- ab BBCH 55.

Die Festsetzung der Aufwandmenge richtet sich nach dem maximalen Bedarf ab BBCH 55. Bis BBCH 55 liegt die Aufwandmenge bei max. 67 %, bis BBCH 37 bei 35 % der max. Produktmenge. Diese Festlegung erfolgte unabhängig von den Hopfensorten.

Die empfohlene Wasseraufwandmenge schwankt von 700 l/ha bis 3.300 l/ha.

Erhebungen zur Blattflächenentwicklung wurden am Hopfenforschungszentrum Hüll erst einmal im Jahr 1977 an den damals wichtigen Sorten durchgeführt.

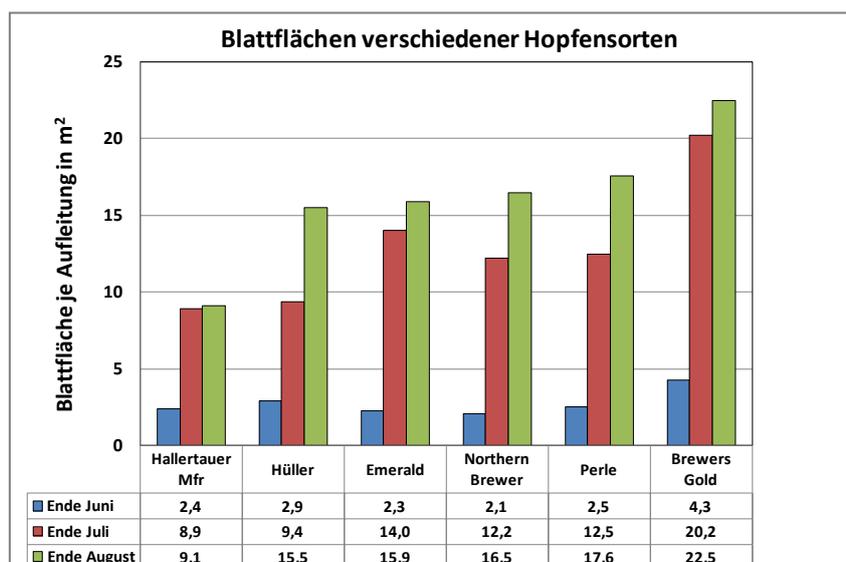


Abb. 1: Blattflächen (Blattober- und Blattunterseite) aus dem Jahr 1977; Quelle: BLBP-Jahresbericht, 1980

Inzwischen hat sich das Sortenspektrum grundlegend verändert. Erhebungen zur Blattflächenentwicklung waren dringend notwendig, wurden jedoch wegen des enormen Arbeitsaufwandes immer wieder verschoben. Zur Ermittlung der nachfolgend beschriebenen Ergebnisse waren zu den drei Terminen rund 700 Arbeitsstunden notwendig.

1.2 Ziele

Die Blattflächenentwicklung über die Vegetationsperiode hinweg soll an aktuellen Sorten ermittelt werden. Optisch in Wuchsform, Blattgröße und Blattverteilung unterschiedliche Sorten wurden in die Erhebung einbezogen. Die Ergebnisse sollen Hinweise zur Produkt- und Wasseraufwandmenge bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln bringen.

2 Material und Methoden

2.1 Sortenauswahl

Aus Kapazitätsgründen musste die Arbeit auf drei Sorten beschränkt werden. Optisch die größten Unterschiede hinsichtlich der Blattanzahl, Blattgröße und Blattflächenentwicklung bringen die Sorten Hallertauer Tradition (HT), Saphir (SR) und Herkules (HS).

HT ist eine Sorte mit einheitlich kleineren Blättern, die gleichmäßig über die gesamte Rebe verteilt sind. SR ist mehr kopfbetont mit vielen kleinen Blättern im Zentrum der Reben. HS bringt optisch den dichtesten Blattbesatz mit sehr großen Blattflächen.

2.2 Auswahl der Aufleitungen

Die Aufleitungen wurden aus Praxisbeständen entnommen, die betriebsüblich bewirtschaftet wurden. Die Auswahl erfolgte unmittelbar vor der Blattflächenmessung. Es wurde dabei besonders darauf geachtet, dass die sechs Aufleitungen die Entwicklung des Gesamtbestandes widerspiegeln. Auch wurden nur dreireibige Aufleitungen, d.h. mit drei Einzeltrieben, ausgewählt.

Hinweis: Pro Hopfenstock werden praxisüblich zwei Aufleitungen (zwei Aufleitdrähte) angezogen. Pro Aufleitung werden drei Einzeltriebe (Reben) je Aufleitdraht angeleitet. Im praxisüblichen Sprachgebrauch werden „Aufleitungen“ oft auch als „Reben“ bezeichnet. Die Bezeichnungen „Seitenast“ und „Seitenarm“ sind gleichbedeutend.

Die markierten Aufleitungen wurden ca. 50 cm über dem Boden abgeschnitten und als ganze Aufleitung abgerissen.

2.3 Einteilung in Rebenabschnitte

Ausgangspunkt für die Einteilung der Rebenschnitte war das obere Drahtende als vergleichbarer Fixpunkt für alle Aufleitungen (Abb. 2). Beginnend von diesem Fixpunkt an den Reben zwei Meter nach unten war das erste Teilstück „Oben“. Weitere Zwei-Meter-Abschnitte waren die Teilstücke „Mitte“ und „Basis“. Diese Teilstücke wurden in „Zentral“ (Kurztriebe bis 15 cm Länge) und „Seitenarm“ untergliedert. Als „Kopf“ wurde das Teilstück bezeichnet, das über das Drahtende hinaus gewachsen war.

Jede Aufleitung wurde somit in jeweils sieben Teilstücke untergliedert.

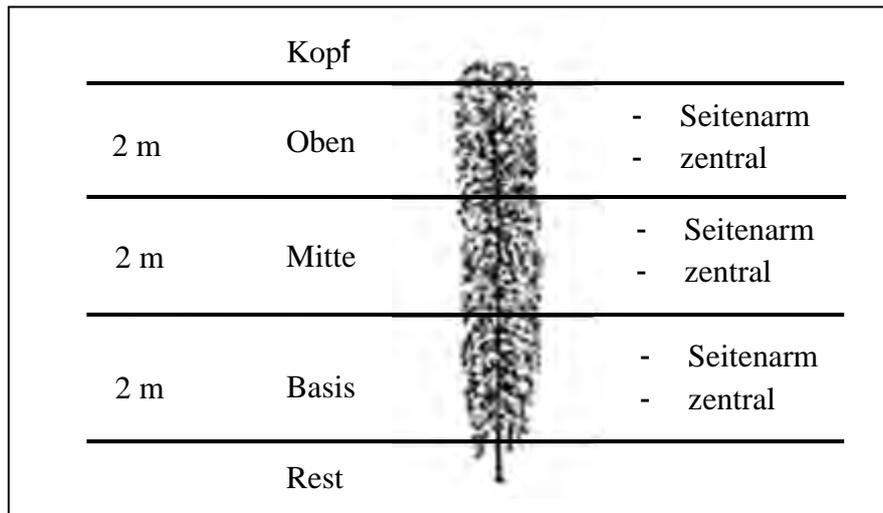


Abb. 2: Einteilung der Aufleitungen, (nach Linke-Rebl, 1950)

2.4 Blattflächenmessung

Alle Einzelblätter der sieben Teilstücke wurden zu den drei Terminen getrennt erfasst. Die Blattflächenmessung erfolgte an den Terminen nach unterschiedlichen Methoden.

2.4.1 Blattflächenmessung zum ersten Termin (BBCH 37)

Für jede Sorte wurden zu jedem Termin sechs Aufleitungen ausgezählt. Zum ersten Termin waren nur zwei Teilabschnitte entwickelt: Basis - Zentral und Mitte - Zentral. Dies entsprach der normalen Wachstumsentwicklung. Die Blätter wurden nach Teilstücken getrennt abgezupft und für jedes Einzelblatt die Blattfläche mit einem Scanalyzer der Firma LemnaTec bestimmt. Dazu wurde das grüne Blatt in Relation zu einer definierten Gesamtfläche von $733,2 \text{ cm}^2$ (weiß) gesetzt.

Eine Software rechnete die Farbanteile des Blattes in Prozent um. Diese Daten wurden in Excel exportiert und die tatsächliche Fläche des Blattes über folgende Formel bestimmt:

$$x = \frac{733,2 \text{ cm}^2 * \text{Prozent (Fläche Blatt)}}{100}$$

Um die Fehlerquelle der Blattwölbung auszuschließen wurden 20 Blätter zufällig ausgewählt und im Scanalyzer doppelt vermessen, zunächst mit der natürlichen Blattwölbung und anschließend ohne. Dabei wurden die Blätter so auseinander geschnitten (Abb. 3), dass sie vollständig eben auf der geraden Oberfläche lagen. Dabei ergab sich eine maximale Abweichung von 1 %. Die durchschnittliche Abweichung lag bei 0,23 % und wurde daher bei den weiteren Messungen vernachlässigt.

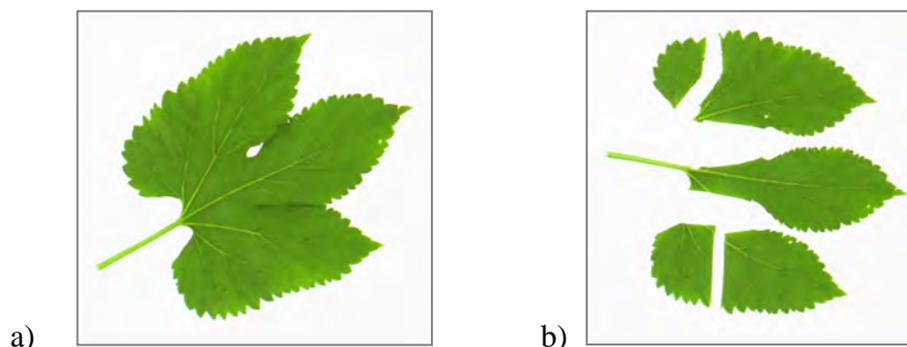


Abb. 3: Berücksichtigung der Blattwölbung a) Blatt mit natürlicher Wölbung, b) Blatt geschnitten, damit tatsächliche Fläche erfasst wird

2.4.2 Blattflächenmessung zum zweiten Termin (BBCH 55)

Zu diesem Zeitpunkt hatte der Hopfen die Gerüsthöhe erreicht und Seitenarme waren ausgebildet. Alle sieben Teilstücke wurden getrennt erfasst. Es wurde schnell klar, dass man bei der nunmehr sehr hohen Anzahl an Blättern mit der „Methode Scanalyzer“ zu viel Zeit benötigte. Da zur besseren statistischen Auswertung die Einzelblattvermessung zu bevorzugen ist, wurde das Angebot der Arbeitsgruppe Applikationstechnik der Firma Syngenta in Basel angenommen, mit ihrem Gerät die Blattfläche zu vermessen.

Bei dieser Methode wurden die einzelnen Blätter in das Blattflächenmessgerät LI-3100C der Firma Li-Cor eingelegt und dort vermessen (Abb. 4). Bei diesem Gerät zirkulierte ein durchsichtiges Plastikband, auf welches das Blatt gelegt wurde. Durch zwei Rollen wurde es angepresst und danach über eine fluoreszierende Lichtquelle transportiert, wobei die angeregten Zellen gezählt wurden. Auf einem Display konnte nun die Blattfläche in cm^2 abgelesen werden. Die abgelesenen Daten wurden in eine Excel-Datei übertragen.



Abb. 4: Blattflächenmessgerät Fa. Li-Cor; Quelle: Licor.com

Obwohl dieses Gerät einwandfrei und schnell arbeitete, war es nicht mehr möglich, die Blätter der dritten Sorte Saphir zu erfassen. Die Blätter wurden nach zwei Tagen welk und konnten vom Gerät nicht mehr erfasst werden.

2.4.3 Blattflächenmessung zum dritten Termin (BBCH 75)

Nach den Erfahrungen vom zweiten Termin konnte bei noch mehr Blättern (die zum dritten Termin zu erwarten waren) die Einzelblattvermessung nicht mehr angewandt werden.

Es wurde deshalb eine Aufleitung zerlegt und die Blätter nach Größen geordnet. So bildeten sich 17 Klassen mit unterschiedlichen Größen. Klasse 1 bezeichnete dabei die kleinste Blätter und Klasse 17 die größte Blätter. Die Angaben „cm x cm“ in Tab. 1 sollen die ungefähre Spannweite der Blattgrößen angeben. Aus jeder Klasse wurden zufällig zehn Blätter ausgewählt und die durchschnittliche Blattfläche (Tab. 1) exakt ermittelt.

Tab. 1: Einteilung in 17 Klassen und der Blattfläche in cm^2

Klasse	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ø [cm^2]	2,65	4,47	9,73	13,68	17,23	29,09	42,98	70,17	70,67
sd	0,64	0,88	1,63	1,57	3,31	3,76	5,34	11,81	9,32
cm x cm	1,7x1,5	2,2x2,0	3,2x3,0	3,8x3,5	4,3x4,0	5,6x5,2	6,8x6,3	8,6x8,1	8,7x8,1

Klasse	10	11	12	13	14	15	16	17
Ø [cm^2]	88,23	107,79	175,29	232,25	247,66	314,83	425,18	555,17
sd	5,34	10,09	20,90	32,21	28,03	52,70	29,16	13,08
cm x cm	9,7x9,1	10,8x10,0	13,7x12,8	15,8x14,6	16,4x15,1	18,3x17,2	21,0x20,2	25,5x22,0

Daraufhin wurden Schablonen für die jeweiligen Klassen erstellt und auf dem Arbeitstisch ausgelegt. Die Blätter wurden mit den Schablonen abgeglichen, sortiert, gezählt und gewogen (Abb. 5). Die Anzahl der Blätter wurde mit der durchschnittlichen Blattfläche aus Tab. 1 multipliziert.



Abb. 5: Vorne links die Schablonen. Die Blätter wurden dann in Körbchen gesammelt und gezählt.

2.5 Doldenoberfläche

Zusätzliche Angriffspunkte für Krankheiten und Schädlinge sind die Oberflächen der Dolden, die sich auch über einen Zeitraum von drei bis vier Wochen ständig bis zur vollständigen Ausdoldung verändern. Es war deshalb vorgesehen, eine Auswahl von repräsentativen Dolden mit einem ATOS 3D-Scanner zu vermessen. Eine Doldenvermessung dauerte vier Stunden.

Es wurde deshalb davon abgesehen, die Doldenoberfläche in die Auswertung aufzunehmen. Die gemessene Einzeldolde hatte eine Oberfläche von $7,26 \text{ cm}^2$.

3 Ergebnisse und Diskussion

Zusätzlich zu der Ermittlung der Blattflächen wurden auch die Anzahl der Blätter und das Blattgewicht erfasst.

3.1 Anzahl Blätter, Gewicht der Blätter und Blattflächen bei den drei untersuchten Sorten

3.1.1 Hallertauer Tradition (HT)

In Abb. 6 sind zu den drei Terminen die Blattflächen der sechs Ableitungen dargestellt. Obwohl optisch einheitliche Aufleitungen ausgesucht wurden, gibt es doch große Unterschiede.

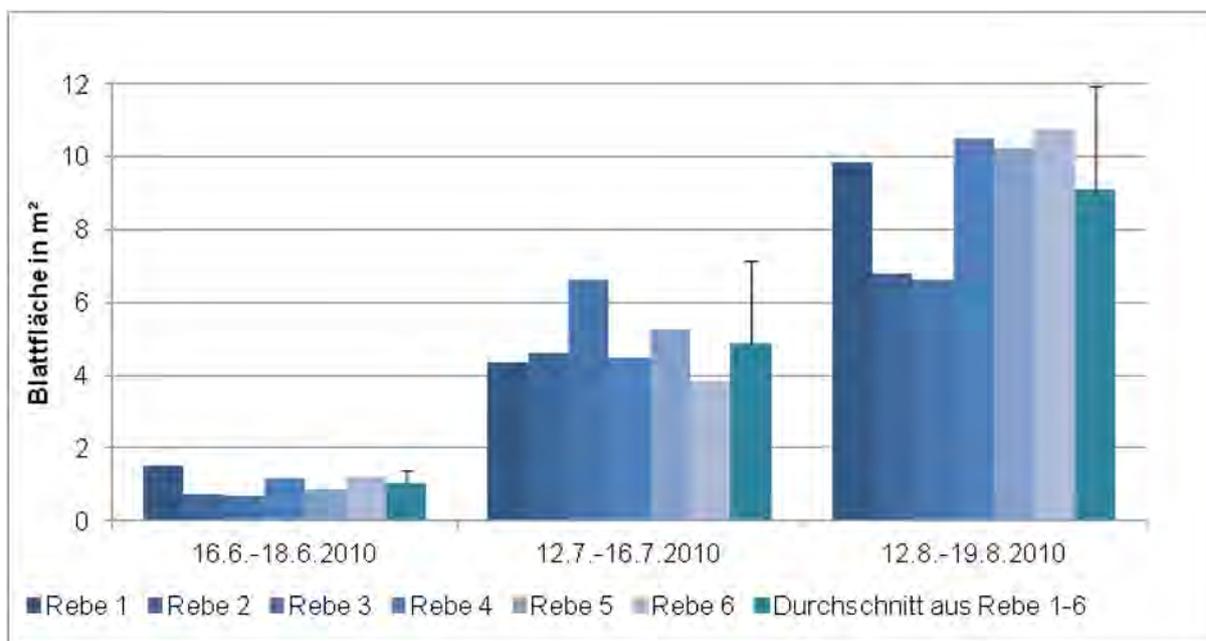


Abb. 6: Blattflächenentwicklung bei der Sorte HT

Die Blattflächenangaben beziehen sich auf eine Blattseite. Berücksichtigt man Ober- und Unterseite, was für die Benetzung bei Pflanzenschutzmaßnahmen richtig ist, müssen die Werte verdoppelt werden.

Bei 4.000 Aufleitungen pro Hektar errechnet sich für den ersten Termin ein Blattflächenindex (BFI) von 0,41 bei einseitiger Blattbetrachtung und 0,82, wenn Ober- und Unterfläche berücksichtigt werden. Alle Indexwerte werden für die drei Sorten unter Punkt 3.2.1 und Tabelle 5 zusammengefasst.

Alle Einzelwerte der Sorte Hallertauer Tradition zu Anzahl und Gewicht der Blätter sowie zur Blattfläche in den sieben Teilbereichen zeigt Tab. 2.

Der Teilbereich „Kopf“ hat bei HT erwartungsgemäß nur einen geringen Anteil am Gesamtwert. HT hat die Mehrzahl der Blätter und Blattfläche im mittleren Teil der Aufleitung. Zwei Ergebnisse sind besonders herauszustellen:

- Im Teilbereich „Mitte Zentral“ sind sowohl zu T2 als auch T3 die höchsten Einzelwerte. Der Zentralbereich ist bei Pflanzenschutzmaßnahmen deshalb schwieriger zu benetzen.
- Im Teilbereich „Basis - Seitenarm“ sind zu T2 und T3 deutlich weniger Blätter als im Teilbereich „Mitte - Seitenarm“, bringen aber eine fast vergleichbare Blattfläche. Dies bedeutet größere Einzelblätter, die den Zentralbereich bei Pflanzenschutzmaßnahmen mehr abschirmen.

Tab. 2: Auswertung der Teilbereiche bei der Sorte HT

Mittelwerte aus sechs Reben		Anzahl		Gewicht [g]		Blattfläche [m ²]	
		Mittelwert	sd	Mittelwert	sd	Mittelwert	sd
T1	Basis	195,2	82,5	186,0	54,3	0,79	0,22
	Mitte	63,7	24,6	49,8	25,6	0,24	0,12
	Gesamt	258,8	107,0	235,8	79,9	1,03	0,34
T2	Kopf	12,7	15,8	3,2	4,5	0,11	0,24
	Oben Zentral	153,2	52,4	120,8	35,2	0,49	0,14
	Oben Seitenarm	487,0	543,1	59,2	34,2	0,49	0,50
	Mitte Zentral	167,0	80,2	260,7	78,8	0,94	0,21
	Mitte Seitenarm	802,7	332,0	226,7	117,0	0,86	0,24
	Basis Zentral	171,2	145,0	214,0	52,7	0,81	0,30
	Basis Seitenarm	512,5	323,80	208,3	105,8	1,15	0,67
Gesamt	2306,2	1492,2	1092,8	428,2	4,86	2,30	
T3	Kopf	101,8	117,6	19,2	21,2	0,13	0,15
	Oben Zentral	493,8	231,7	164,6	34,5	1,17	0,32
	Oben Seitenarm	945,3	444,9	159,2	64,4	1,21	0,54
	Mitte Zentral	326,8	89,7	231,7	30,8	1,51	0,19
	Mitte Seitenarm	1924,3	547,3	311,3	140,6	2,24	0,68
	Basis Zentral	96,2	62,7	142,3	20,6	0,83	0,19
	Basis Seitenarm	854,3	196,8	268,2	84,7	2,03	0,72
Gesamt	4742,7	1690,5	1296,3	396,8	9,12	2,80	

3.1.2 Saphir (SR)

Wie unter Punkt 2.4.2 beschrieben, konnten bei SR die Blätter zum zweiten Termin nicht vermessen werden.

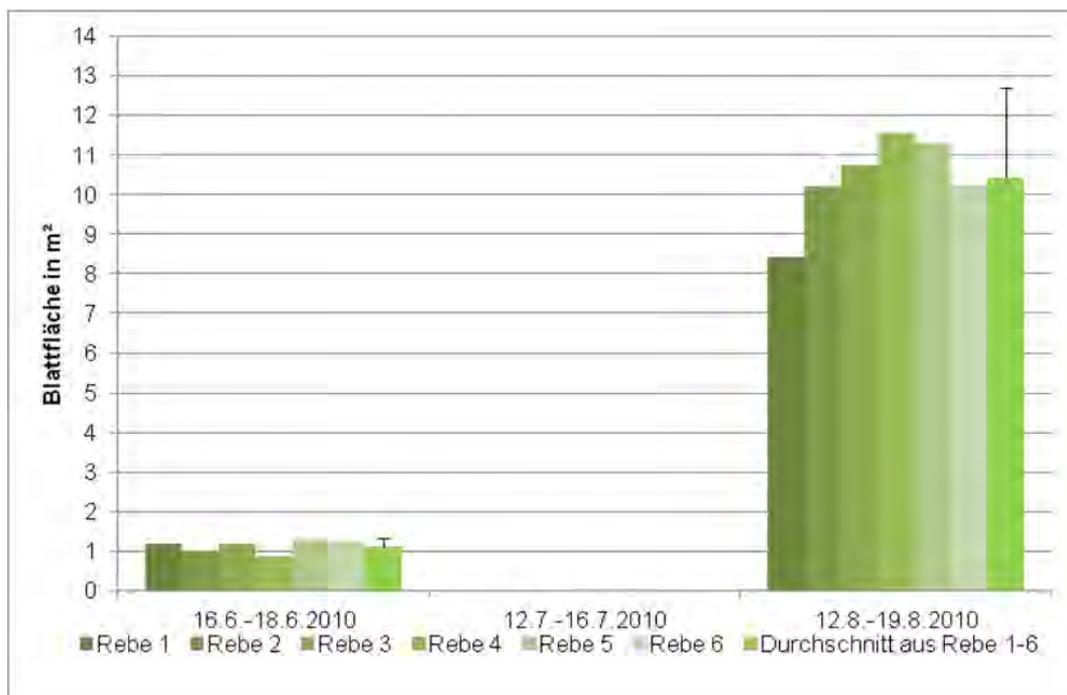


Abb. 7: Blattflächenentwicklung bei der Sorte SR

In der Auswertung der Teilbereiche wird der optische Eindruck einer „kopfbetonten“ Sorte bestätigt. Die zahlreichen Blätter an den Seitenarmen verstärken zusätzlich den voluminösen Eindruck im oberen Bereich. Die im Vergleich zu HT höhere Anzahl an Blättern bringt zu T3 auch eine höhere Blattfläche.

Tab. 3: Auswertung der Teilbereiche bei der Sorte SR

Mittelwerte		Anzahl		Gewicht		Blattfläche [m ²]	
		Mittelwert	sd	Mittelwert	sd	Mittelwert	sd
T1	Basis	119,5	33,8	200,8	23,2	0,79	0,10
	Mitte	68,0	17,2	83,2	23,2	0,34	0,09
	Gesamt	187,5	50,9	284,0	46,3	1,14	0,19
T3	Kopf	734,0	405,9	74,7	37,9	0,58	0,32
	Oben Zentral	611,2	311,7	208,8	28,3	1,31	0,29
	Oben Seitenarm	2787,5	662,2	269,3	50,5	2,42	0,47
	Mitte Zentral	140,5	66,7	247,3	33,0	1,33	0,18
	Mitte Seitenarm	1783,2	412,5	327,0	48,1	2,77	0,36
	Basis Zentral	64,5	48,6	165,9	32,6	0,93	0,24
	Basis Seitenarm	351,7	136,0	119,5	49,2	1,07	0,43
	Gesamt	6472,5	2043,5	1412,6	279,5	10,41	2,29

3.1.3 Herkules (HS)

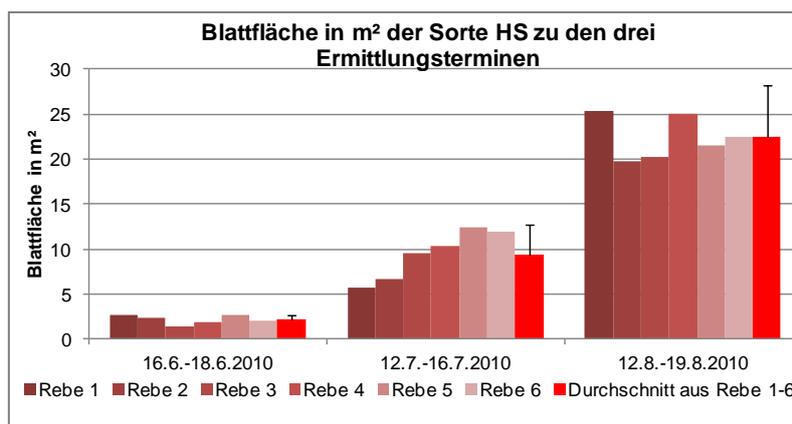


Abb. 8: Blattflächenentwicklung bei der Sorte HS

Wie die Skala auf der y-Achse zeigt, stößt man bei Herkules auf andere Dimensionen. Beginnend bei T1 liegen die Blattflächen während der gesamten Vegetation doppelt so hoch wie bei HT. Zu T2 sind bereits Blattflächen erreicht, die bei anderen Sorten erst zum Zeitpunkt der Ernte vorhanden sind. Dies mit einer fast identischen Anzahl an Blättern; 2787 Blätter im Teilbereich Seitenarm oben bringen bei SR zu T3 eine Blattfläche von $2,42 \text{ m}^2$, 2848 Blätter bei HS bringen $5,67 \text{ m}^2$! Die durchschnittliche Größe über alle Blätter beträgt in diesem Bereich bei SR $8,6 \text{ cm}^2$ und bei HS $19,9 \text{ cm}^2$.

Tab. 4: Auswertung der Teilbereiche bei der Sorte HS

Mittelwerte		Anzahl		Gewicht		Blattfläche [m ²]	
		Mittelwert	sd	Mittelwert	sd	Mittelwert	sd
T1	Basis	88,0	46,8	194,2	74,4	1,55	0,34
	Mitte	228,0	59,6	422,5	98,4	0,65	0,24
	Gesamt	316,0	106,4	616,7	172,9	2,20	0,58
T2	Kopf	86,7	45,4	69,3	36,9	0,30	0,23
	Oben Zentral	74,3	26,0	298,8	84,7	1,00	0,32
	Oben Seitenarm	460,7	212,9	210,3	101,24	1,10	0,64
	Mitte Zentral	68,5	18,7	460,3	80,8	1,68	0,18
	Mitte Seitenarm	768,0	209,7	509,5	186,3	2,59	1,28
	Basis Zentral	53,0	18,0	254,7	28,0	0,99	0,15
	Basis Seitenarm	390,0	49,1	325,2	75,3	1,80	0,46
	Gesamt	1901,2	579,8	2128,2	593,2	9,46	3,26
T3	Kopf	959,0	633,0	272,5	162,8	1,67	0,97
	Oben Zentral	295,5	93,4	376,7	75,7	1,73	0,39
	Oben Seitenarm	2848,0	812,4	780,7	260,0	5,67	1,88
	Mitte Zentral	103,3	71,7	491,0	25,6	2,09	0,24
	Mitte Seitenarm	2135,2	492,6	1002,3	96,3	7,69	0,64
	Basis Zentral	30,5	11,1	200,4	84,2	0,98	0,45
	Basis Seitenarm	377,3	206,2	317,6	147,5	2,59	1,22
	Gesamt	6748,8	2320,6	3441,0	852,1	22,41	5,80

3.2 Vergleichende Auswertungen zu den untersuchten Sorten

3.2.1 Blattfläche je Aufleitung und Blattflächenindex

Tab. 5: Blattfläche je Aufleitung und Blattflächenindex

	T1 (BBCH 37)	T2 (BBCH 55)	T3 (BBCH 75)
Blattfläche je Aufleitung in m²			
Hallertauer Tradition	1,03	4,86	9,12
Saphir	1,14	keine Daten	10,41
Herkules	2,20	9,46	22,41
Blattflächenindex (BFI) bei 4000 Aufleitungen pro Hektar			
- nur eine Blattseite berücksichtigt			
Hallertauer Tradition	0,412	1,944	3,648
Saphir	0,456	keine Daten	4,164
Herkules	0,880	3,784	8,964
- Blattober- und -Blattunterseite berücksichtigt			
Hallertauer Tradition	0,824	3,888	7,296
Saphir	0,912	keine Daten	8,328
Herkules	1,760	7,568	17,928

$$\text{BFI} = (\text{m}^2 \text{ pro Aufleitung} \times 4000) : 10.000$$

Die Blattflächenentwicklung der Kultur Hopfen ist nicht zu vergleichen mit anderen Sonderkulturen wie Wein oder Obst. Mitte Juni im Entwicklungsstadium (BBCH 37) sind gerade 10 % der Blattfläche entwickelt. Auch Mitte Juli nachdem die Gerüsthöhe seit zwei Wochen erreicht wurde (BBCH 55) sind erst 50 % der Blattmasse ausgebildet. In der Folgezeit bis BBCH 75 werden zusätzlich auch noch die sehr empfindlichen Blüten und Dolde ausgebildet.

Je nach Sorte entwickelt sich die Anzahl der Blätter in einzelnen Teilbereichen der Aufleitung sehr unterschiedlich (Mitte, Oben, Kopf, Zentrum / Seitenarme) und auch in sehr unterschiedlichen Größen.

In der derzeitigen Empfehlung zur Differenzierung der Wasseraufwandmenge und Produktmenge bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (Punkt 1.1 Problemstellung) wurden diese Besonderheiten im Wesentlichen berücksichtigt. Allerdings nur für die bisherigen Sorten. Die neue Sorte Herkules setzt neue Maßstäbe; auf Grund der biologischen Daten muss darauf reagiert werden.

3.2.2 Grafische Darstellung der Blattflächenverteilung

In Ergänzung zu den tabellarischen Auswertungen unter Punkt 3.1 soll die Verteilung der Blattfläche zu den drei Beobachtungsterminen grafisch dargestellt werden.

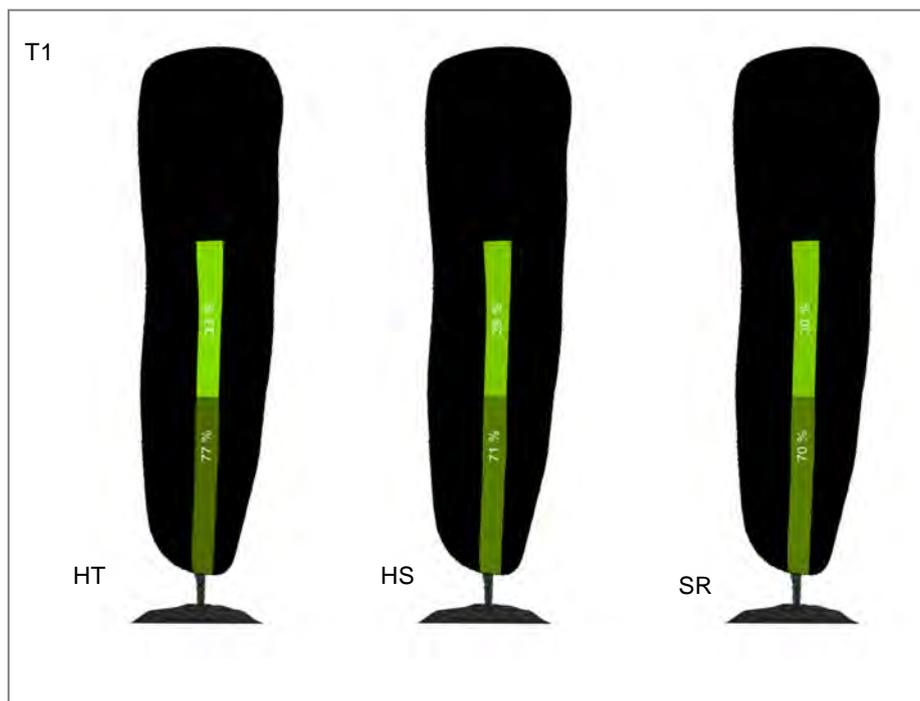


Abb. 9: Aufteilung der Blattflächen nach zuvor definierter Klasseneinteilung bei den Sorten HT, HS, SR zum ersten Ermittlungstermin; (Prozentangaben in der skizzierten Aufteilung entsprechen dem jeweiligen Anteil am Teilabschnitt)

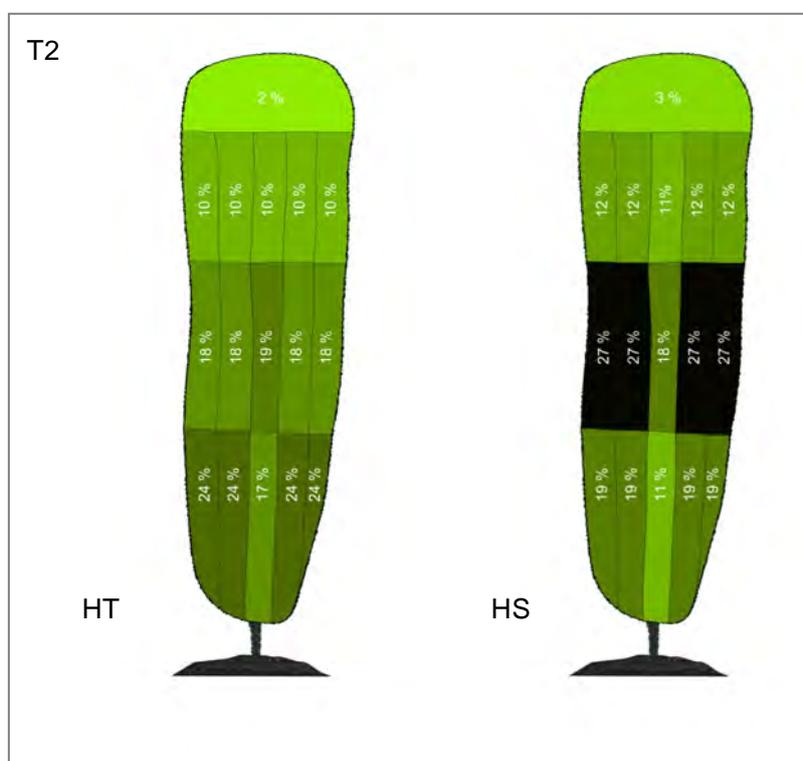


Abb. 10: Aufteilung der Blattflächen nach zuvor definierter Klasseneinteilung bei den Sorten HT und HS zum 2. Ermittlungstermin, (Prozentangaben in der skizzierten Aufteilung entsprechen dem jeweiligen Anteil am Teilabschnitt)

Die Prozentangaben in den Teilbereichen in Abb. 10 und Abb. 11 beziehen sich auf die Blattflächenanteile im Zentrum - Basis, Mitte, Oben, Kopf. Im Bereich der Seitenarme darf die angegebene Zahl zur Addition nur einmal eingesetzt werden.

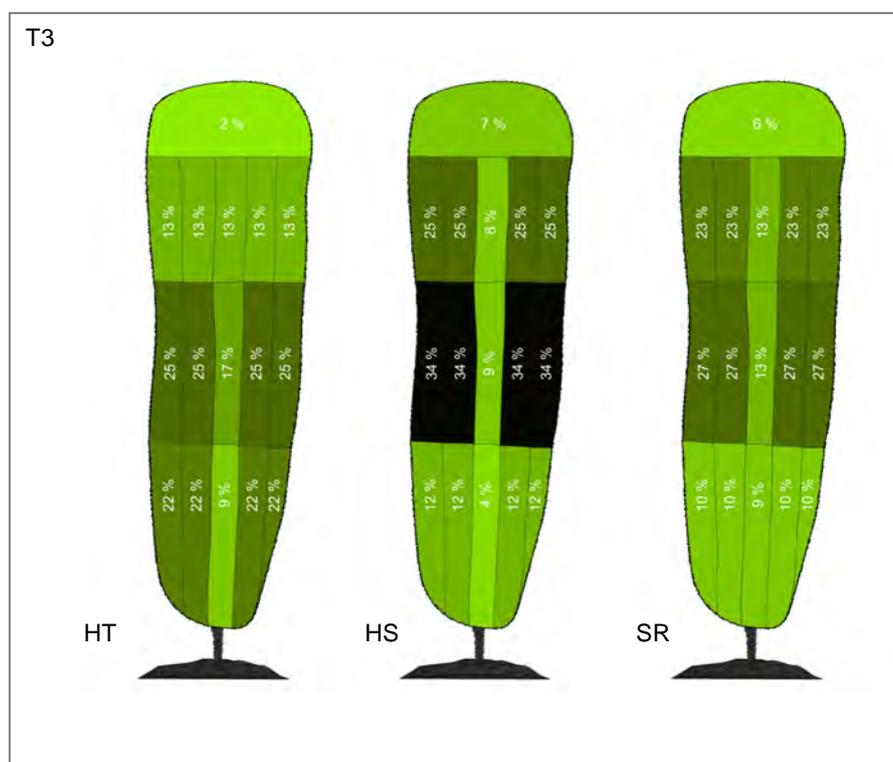


Abb. 11: Aufteilung der Blattflächen nach zuvor definierter Klasseneinteilung bei den Sorten HT, HS und SR zum 3. Ermittlungstermin, (Prozentangaben in der skizzierten Aufteilung entsprechen dem jeweiligen Anteil an Teilabschnitt)

Die unterschiedliche Blattmasseverteilung und auch die Veränderungen während der Vegetation kommen in den Abb. 9 bis 11 sehr gut zum Ausdruck.

HT hat zunächst einen Schwerpunkt im Basisbereich der Seitenarme. Dies verlagert sich zunehmend in den mittleren Bereich. In den oberen Teilbereichen sind eher unterdurchschnittliche Blattmassen vorhanden. Für die Ausbringung und Verteilung von Pflanzenschutzmitteln ist die Sorte fast ein Idealfall.

HS hat seinen Schwerpunkt im mittleren Bereich der Seitenarme. Insgesamt besteht hier noch ein gleichmäßiger Aufbau, wie die Farbklassen bei den Seitenarmen Oben, Basis und Mitte-Zentrum zeigen.

Bei der Gesamtblattfläche liegt die Sorte SR etwas über HT. Bei Betrachtung der Grafik wird deutlich, dass die Hauptblattmasse an den Seitenarmen Mitte und Oben zu finden ist.

3.2.3 Verteilung der Blattflächen zwischen Zentralrebe und Seitenarmen sowie Einzel-Blattgewichte

Tab. 6: Blattflächenverteilung zwischen Zentralrebe und Seitenarmen

Sorte	Zentral [m ²]	Seitenarm [m ²]	Verhältnis
HT	3,51	5,48	1 : 1,56
SR	3,57	6,26	1 : 1,75
HS	4,80	15,95	1 : 3,32

Tab. 7: Durchschnittliche Einzelblattgewichte zu Termin 2 (T2) und Termin 3 (T3)

Sorte	T1 [g/Blatt]	T2 [g/Blatt]	T3 [g/Blatt]
HT	0,911	0,474	0,273
SR	1,515	keine Daten	0,218
HS	1,952	1,119	0,510

Es zeigt sich, dass die Blattflächenentwicklung an der Zentralrebe begrenzt ist. Zusätzliche Blattfläche wird an den Seitenarmen gebildet. Das Einzelblattgewicht liegt zum Termin 2 um das Doppelte höher als bei voller Bestandsentwicklung. Nach T2 gebildete Blätter sind scheinbar deutlich kleiner und haben damit weniger Gewicht.

3.3 Kann bei zukünftigen Arbeiten zur Blattflächenmessung auf die „Klassen 1 - 5“ verzichtet werden?

In Anbetracht des enormen Arbeitszeitaufwandes bei der Erfassung der Anzahl der Blätter und der Blattflächen zu den Terminen T2 und T3 ist zu überprüfen, ob auf die Erfassung der kleinsten und kleinen Blätter der Klassen 1 - 5 (siehe Tabelle 1) verzichtet werden kann. Bei den Auswertungen war schnell zu erkennen, dass diese Klassen den größten Zeitaufwand erforderten.

Es wurde deshalb für alle Teilbereiche bei den drei Sorten der prozentuale Anteil der Klasse 1, sowie der Klassen 1 + 2, 1 - 3 und 1 - 5 berechnet. Tabelle 8 gibt einen Überblick über minimale und maximale prozentuale Anteile der Klassen an der Gesamtfläche (Anzahl Blätter x Fläche der Klassen).

Tab. 8: *Prozentualer Anteil der Blattfläche an der Gesamtfläche des Teilabschnittes*

Sorte	Teilbereich	Klasse 1	Klasse 1+2	Klasse 1-3	Klasse 1-5
HT	Oben Seitenarme	4,65	11,94	26,37	55,95
	Basis-Zentral	0,36	0,77	1,86	3,63
SR	Oben-Seitenarme	14,56	24,87	40,56	59,56
	Basis-Zentral	0,09	0,26	0,53	1,80
HS	Oben-Seitenarme	2,57	6,35	13,39	34,35
	Basis-Zentral	0,00	0,00	0,00	0,11

Die im Durchschnitt höchsten Blattflächenanteile sind im Teilabschnitt „Oben-Seitenarme“, die geringste Blattfläche im Teilabschnitt „Basis-Zentral“ zu verzeichnen. Würde auf Klasse 1 in der Auswertung verzichtet werden, wären bei SR im Teilbereich „Oben-Seitenarme“ bereits knapp 15 % der Blattfläche nicht ermittelt. Bei Verzicht auf die Klasse 1 - 3 sind 40 % verloren.

Eine wirkliche Arbeitseinsparung wäre erst erreicht, wenn auf die Klasse 1 - 3 verzichtet werden könnte. Dies trifft leider nicht zu! Wenn Blattflächenermittlung bei Hopfen, dann müssen auch die ganz kleinen Blätter abgezupft und bewertet werden.

B Ertragsaufbau wichtiger Hopfensorten

4 Aufgabenstellung und Ziele

4.1 Problemstellung

Die Schwankungsbreite der Hopfenerträge reicht von 1.000 kg bis 8.000 kg pro Hektar, wobei die Sorte den größten Einfluss auf den Gesamtertrag hat. Weitere Einflussfaktoren sind der Standort, die Jahrgangswitterung und selbstverständlich die Produktionstechnik. Große Ertragsunterschiede sind optisch erkennbar; aber so manche Ertragsschätzung muss im Nachhinein deutlich korrigiert werden, da an Einzelaufleitungen Unterschiede von bis zu 50 % auch von einem geübten Beobachter nicht immer erkannt werden.

Bei einer Pflanzenhöhe zwischen 6,0 und 7,5 m gibt es viele gut sichtbare und schlecht sichtbare Faktoren, die den Hektarertrag nach oben oder unten verändern.

Die fünf derzeit in Deutschland flächenstärksten Sorten Hallertauer Magnum, Perle, Hallertauer Tradition, Herkules und Hallertauer Taurus werden auf etwa 75 % der Gesamtfläche angebaut. Weitere fünf Sorten belegen weitere 21 % der Anbaufläche.

Es ist bekannt, dass die im Anbau verbreiteten Hopfensorten unterschiedliche morphologische und entwicklungsphysiologische Eigenschaften haben. Die Merkmale Wuchs, Zahl und Stellung der Seitentriebe, Verteilung und Größe der Dolden haben höchstwahrscheinlich einen gravierenden Einfluss auf den Ertrag des Hopfens.

Der Ertragsaufbau des Hopfens, insbesondere bei neuen Zuchtsorten, ist bislang ungeklärt. Es herrscht viel Ungewissheit über die wichtigsten Ertragsmerkmale des Hopfens. Man

weiß jedoch, dass die Zusammenhänge zwischen dem Doldenertrag, den Inhaltsstoffen, den qualitativen und physiologischen Eigenschaften sowie weiterer wichtiger Merkmale des Hopfens wirkungsvoll im Züchtungsprozess verwendet werden können.

Deshalb lag die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit in folgenden Bereichen:

1. Sie sollte einen Überblick über den Ertragsaufbau der wichtigsten Hopfensorten geben.
2. Es sollte untersucht werden, welchen Einfluss verschiedene Rebenbereiche hinsichtlich des Gesamtertrages haben.
3. Es sollte herausgestellt werden, welchen Einfluss charakteristische Merkmale auf den Ertragsaufbau haben.
4. Es sollte untersucht werden, ob und wie stark die Inhaltsstoffe innerhalb einer Hopfenrebe schwanken.
5. Die Arbeit sollte dem Hopfenzüchter das Einschätzen neuer Zuchtstämme erleichtern und die Gefahr von Fehlern bei der Selektion minimieren.
6. Generell sollte die Arbeit als Nachschlagewerk über den Aufbau verschiedener Hopfensorten dienen.

Ziel war, ein besseres Gesamtbild vom Ertragsaufbau einer Hopfenrebe zu erhalten.

4.2 Ertragsfaktoren bei Hopfen

Bei Getreide, z. B. Braugerste, wird der Ertrag von drei Faktoren beeinflusst: Halme pro Quadratmeter, Körner pro Ähre und Tausendkorngewicht.

In Abbildung 12 sind die Ertragsfaktoren für Hopfen dargestellt:

- **Aufleitung pro Hektar**
Bei alten Landsorten hat sich der optimale Standraum empirisch über Jahrzehnte herauskristallisiert. Durch die Anlage des Hopfengerüsts ist der Reihenabstand festgelegt (3,00 – 3,20 m). Der Abstand der Gerüststangen legt in gewissem Umfang den Pflanzenabstand in der Reihe fest. Der Hopfenpflanzer legt bei den neuen Zuchtsorten je nach Empfehlung des Züchters die Anzahl der Pflanzen zwischen zwei Stangen fest und kommt zu einem Pflanzabstand zwischen 1,40 bis 1,60 m.
Die Zahl der Hopfenstöcke liegt ohne Berücksichtigung der Vorgewendefläche bei rund 2.000 Stöcken pro Hektar, mit einer Schwankungsbreite von 1.950 – 2.100 Stöcken pro Hektar. Aus jedem Stock werden zwei Aufleitungen (**synonym in der Praxis auch als Rebe bezeichnet**) angezogen, so dass rund 4.000 Aufleitungen pro Hektar kultiviert werden.
- **Triebe pro Aufleitung**
Allgemein werden drei Triebe pro Aufleitung angeleitet. Bei einigen Sorten (Hersbrucker Spät, Spalter Select, Hallertauer Magnum) haben Versuche ergeben, dass bereits zwei Triebe pro Aufleitung optimale Erträge bringen. Es ist auch nachgewiesen, dass bei zwei Trieben der Infektionsdruck mit Echten Mehltau geringer ist. Gegenüber zwei Trieben pro Draht verursachen drei oder vier Triebe außerdem Mehrarbeit beim An- und Nachleiten.

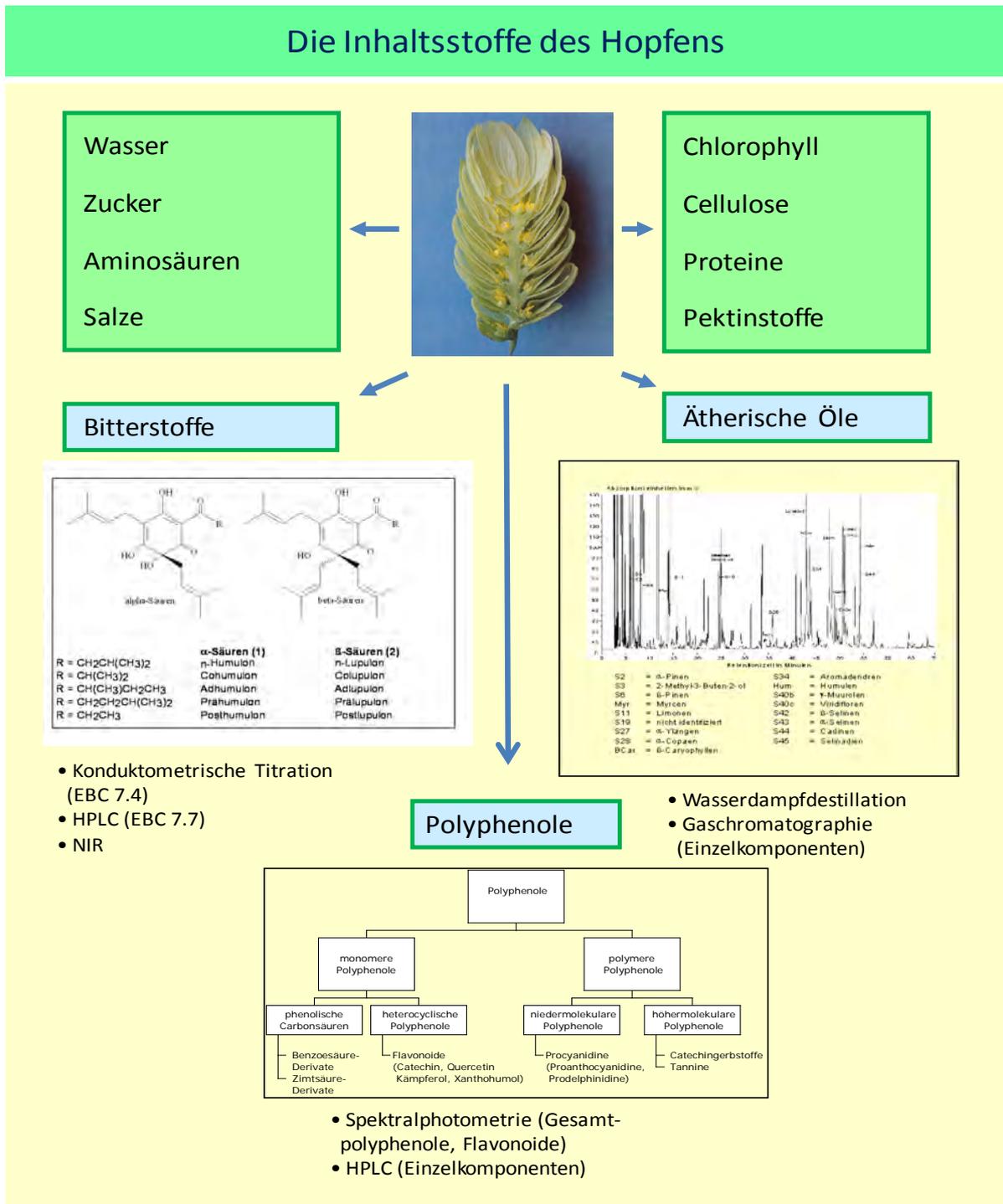


Abb. 12: Ertragsfaktoren bei Hopfen

- **Seitenäste pro Rebe**
Während die ersten zwei Ertragsfaktoren durch das Anbauverfahren fast statisch festgelegt sind, spielt hier der Sorten- und Jahrgangseinfluss eine dominierende Rolle. Der Anzahl der Nodien kommt eine besondere Bedeutung zu, denn nur an den Nodien werden Seitenäste (Seitenarme) gebildet – kurze Äste, die die Anlagen für Dolden an der Zentralrebe bilden und lange Seitenäste in Abhängigkeit von der Sorte.
- **Dolden pro Seitenast**
Auch hier spielt die Anzahl der Nodien pro Seitenast wieder die wichtigste ertragsbildende Grundlage, da nur an den Nodien die kurzen und langen Äste zum Doldenansatz entstehen. Der Standorteinfluss und das produktionstechnische Können des Hopfenpflanzers haben, neben Sorte und Jahrgang, großen Einfluss auf diesen Ertragsfaktor.

- Doldengröße / Doldengewicht
Wie das Tausendkorngewicht bei der Braugerste hat das Tausenddollengewicht auch beim Hopfen massiven Einfluss auf den Ertrag. Die Doldengröße und das Doldengewicht sind grundsätzlich sortenabhängig, werden aber durch die Jahrgangswitterung beeinflusst. Bei Ertragsschätzungen besteht hier ein großer Unsicherheitsfaktor.
- Inhaltsstoffe pro Dolde

Abb. 13: Überblick über die Inhaltsstoffe des Hopfens



Die Alphasäuren stellen die wichtigste Gruppe der Inhaltsstoffe dar; grundsätzlich erfolgt die Dosierung der Hopfengabe in Gramm Alphasäure (α) pro Hektoliter Bier. Insbesondere für die Aromasorten sind auch die ätherischen Öle (mg/100 g Hopfen) von wesentlicher Bedeutung.

Der theoretische Hektarertrag baut sich beim Hopfen wie folgt auf:

1. Aufleitung pro Hektar (~ 4.000)
2. Zahl der Triebe pro Aufleitung (2-3)
3. Zahl der Dolden pro Trieb
4. Gewicht der Dolden pro Trieb
⇒ kg bzw. dt Hektarertrag
5. Alphasäuregehalt
⇒ Alphasäureertrag pro Hektar

Zur Beantwortung der Problemstellung in dieser Arbeit werden erstmals in derartigen Erhebungen die Aufleitungen in Teilbereiche unterteilt, um detaillierte Aussagen zum Ertragsaufbau einer Sorte machen zu können.

4.2.1 Ertragsfaktoren nach Literaturangaben

In den Jahren 1973 und 1974 wurden am Hopfenforschungszentrum in Hüll Durchschnittsgewichte von dreireibigen Aufleitungen unterschiedlicher Hopfensorten vor der Ernte ermittelt (Tabelle 9 und 10, Kohlmann u. Kastner, 1975).

Tab. 9: Durchschnittliches Gewicht pro Aufleitung bei verschiedenen Hopfensorten

Sorte	Gewicht
Hallertauer Mittelfrüher	5,0 kg
Hersbrucker Spät	8,5 kg
Northern Brewer	8,2 kg
Hüller Bitter	8,5 kg
Brewers Gold	8,0 kg

Tab. 10: Gewicht der Teilbereiche

Teilbereich	Anteil
Hauptrebe	10 – 20 %
Seitenarme	10 – 15 %
Blätter	20 – 35 %
Dolden	35 – 45 %

Die rumänische Universität der Agrarwissenschaften und Veterinärmedizin in Cluj-Napoca führte mehrere Forschungsarbeiten über Hopfenmerkmale durch. In den Jahren 2000 und 2002 wurden die Ergebnisse einer mehrjährigen Studie veröffentlicht. Hierbei wurde die genetische Variabilität von 126 verschiedenen Hopfensorten anhand von 52 Merkmalen untersucht (Tab. 11 und 12).

Tab. 11: Variabilität verschiedener quantitativer Merkmale des Hopfens (bei insgesamt 70 Sorten; CERNEA, 2002)

Sorte	Zahl der Seitenäste/ Aufleitung	Zahl der Dolden/ Seitenast	Gewicht der Dolden/ Seitenast	Doldenge- wicht/ 1000 Dolden	Ertrag in dt/ha
Spalter	108,3	14,1	10,0	711	11,3
Hallertauer	113,4	15,7	11,2	716	15,9
Northern Brewer	126,9	13,8	13,6	986	21,7
Spalter Select	119,4	25,4	19,9	782	26,0
Perle	132,0	21,4	16,2	756	25,4
Brewers Gold	126,0	30,6	21,6	706	33,6
Hallertauer Magnum	131,1	25,8	27,2	1054	34,9

Tab. 12: Variabilität der Merkmale und Eigenschaften des Hopfens (126 Sorten/52 Merkmale; CERNEA, 2000)

Merkmal	Variationen
Zahl der Nodien je Aufleitung	69 - 159
Zahl der Seitenäste je Aufleitung	60 - 168
Länge der Seitenäste in cm	11 - 158
Anteil der Haupttriebe am Gesamtgewicht der Rebe in %	20 - 59
Gewicht je 100 Dolden (grün) in g	35 - 143
Gesamtgewicht je Aufleitung in g	3690 - 11850
Zahl der Dolden je Aufleitung	879 - 5985
Zahl der Dolden je Seitenast	5 - 63
Gewicht der Dolden je Aufleitung in g	630 - 6474
Gewicht der Dolden an Seitenästen	2 - 82
Anteil der Dolden am Gesamtgewicht in %	12 - 59

5 Material und Methoden

5.1 Berichtsjahre

Die Auswertungen erfolgten an Hopfen der Vegetationsjahrgänge 2007 und 2008. In beiden Jahren waren die Erträge auf Grund der günstigen Witterung hoch; 2008 war sogar eine Rekordernte. Alle Ergebnisse der Arbeit sind deshalb im oberen Bereich der Ertragsfaktoren/Ertragsdaten einzustufen.

5.2 Auswahl und Beschreibung der Hopfensorten

Für die Versuchsdurchführung wurden fünf im Anbau verbreitete deutsche Zuchtsorten ausgewählt. Das Rebensortiment war so zusammengestellt, dass möglichst unterschiedliche Merkmalsausprägungen untersucht werden konnten. Es sollten die wichtigsten Wuchsformen (Abb. 14) und Extreme verschiedener, zugelassener Hopfensorten vertreten sein.

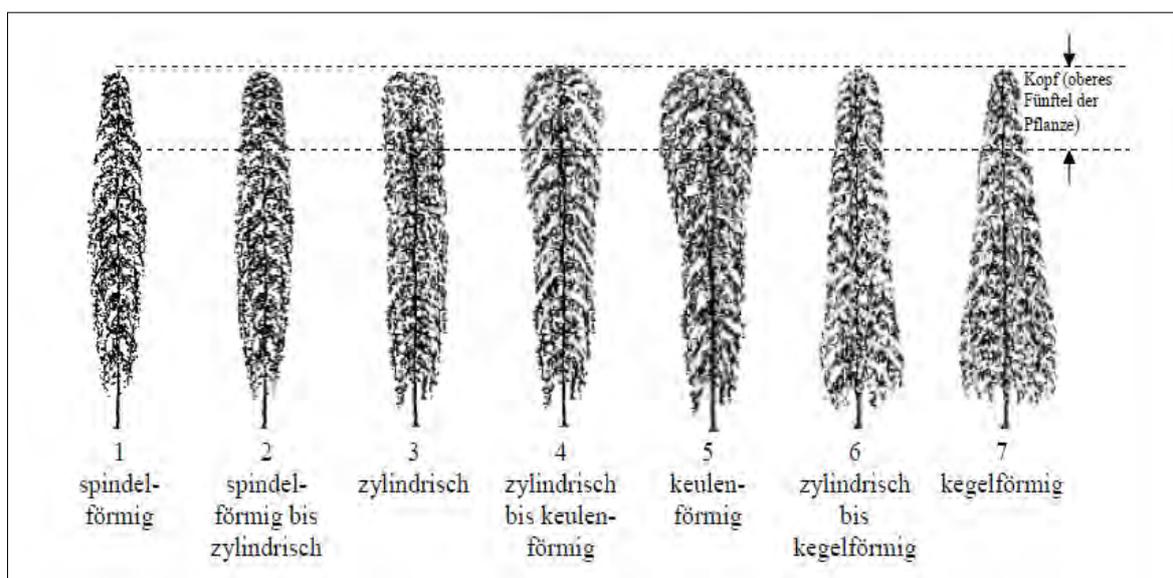


Abb. 14: Verschiedene Wuchsformen des Hopfens

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Wuchsformen und der aktuellen Anbauflächen im Jahr 2007 wurden folgende Sorten ausgewählt:

Hallertauer Tradition (HT)	}	Aromasorten
Saphir (SR)		
Hallertauer Magnum (HM)	}	Hochalphasorten
Hallertauer Taurus (TU)		
Herkules (HS)		

5.3 Beschreibung der Hopfensorten

Hallertauer Tradition (HT)

Hallertauer Tradition ist eine Aromasorte, die im Jahr 1992 zugelassen wurde. Sie liefert hohe Erträge und besitzt gute Resistenz- und Anbaueigenschaften (Tab. 13). Ihre Gesamtanbaufläche beläuft sich in Deutschland auf 2752 ha (15,1 %).

Tab. 13: Sorteneigenschaften Hallertauer Tradition (HT)

Allgemeine Sorteneigenschaften:	
Qualität:	
Aroma	sehr gut
Bitterstoffe	mittel - hoch
Inhaltsstoffe:	
α -Säuren	4,0 - 7,0%
β -Säuren	3,0 - 6,0%
Xanthohumol	ca. 0,4%
Gesamtöl	0,5 - 1,0 ml/100g Hopfen
Ansprüche an Boden und Lage:	hohe Erträge auf warmen Lagen
Widerstandsfähigkeit gegen:	
Welke	gut
Peronospora	sehr gut
Mehltau	gut
Botrytis	sehr gut
Rote Spinne	gering
Blattlaus	gut
Seitentriebe:	
Länge	mittel - lang
Belaubung	mittel - hoch
Kopfbildung:	
mittel	
Dolden:	
Anzahl der Dolden im mittleren Drittel	groß
Anzahl der Dolden im oberen Drittel	mittel - groß
Größe der Dolden	klein - mittel
Doldenbeschaffenheit	schöne homogene Dolden
Behang	gleichmäßiger Behang
Durchschnittsertrag:	2000 kg/ha
Reifezeit:	mittelfrüh
Doldenform:	Wuchsform:
 <p>eiförmig</p>	 <p>zylindrisch</p>

Saphir (SR)

Die Aromasorte Saphir wurde 2002 zugelassen. Bei einem mittleren Ertragsniveau hat die Sorte gute Resistenz- und Anbaueigenschaften (Tab. 14). Die Anbaufläche der Sorte beträgt 225 ha (1,2 %).

Tab. 14: Sorteneigenschaften Saphir (SR)

Allgemeine Sorteneigenschaften:	
Qualität:	
Aroma	sehr gut
Bitterstoffe	niedrig - mittel
Inhaltsstoffe:	
α -Säuren	2,0 - 4,5%
β -Säuren	4,0 - 7,0%
Xanthohumol	0,3 - 0,4%
Gesamtöl	0,8 - 1,4 ml/100g Hopfen
Ansprüche an Boden und Lage:	hohe Erträge auf guten Standorten
Widerstandsfähigkeit gegen:	
Welke	sehr gut
Peronospora	mittel
Mehltau	gut
Botrytis	sehr gut
Rote Spinne	mittel
Blattlaus	mittel
Seitentriebe:	
Länge	mittel - lang
Belaubung	mittel - hoch
Kopfbildung:	mittel
Dolden:	
Anzahl der Dolden im mittleren Drittel	groß
Anzahl der Dolden im oberen Drittel	groß - sehr groß
Größe der Dolden	klein - mittel
Doldenbeschaffenheit	kleine Dolden
Behang	sehr guter Behang
Durchschnittsertrag:	2000 kg/ha
Reifezeit:	mittelspät
Doldenform:	Wuchsform:
 <p>eiförmig</p>	 <p>zylindrisch-keulenförmig</p>

Hallertauer Magnum (HM)

Hallertauer Magnum ist eine Züchtung mit hohem Ertrag (Tab. 15) und guter Wüchsigkeit. Die Hochalphasorte wurde 1993 zugelassen und gewann schnell an Bedeutung. In Deutschland ist sie auf 4025 ha gepflanzt (22,1 %).

Tab. 15: Sorteneigenschaften Hallertauer Magnum (HM)

Allgemeine Sorteneigenschaften:	
Qualität:	
Aroma	mittel
Bitterstoffe	sehr hoch
Inhaltsstoffe:	
α -Säuren	11,0 - 16,0 %
β -Säuren	5,0 - 7,0%
Xanthohumol	0,4 - 0,5%
Gesamtöl	1,6 - 2,6 ml/100g Hopfen
Ansprüche an Boden und Lage:	
gering, keine Staunässe	
Widerstandsfähigkeit gegen:	
Welke	sehr gut
Peronospora	gut
Mehltau	sehr gering
Botrytis	gering - sehr gering
Rote Spinne	gering
Blattlaus	sehr gering
Seitentriebe:	
Länge	mittel
Belaubung	mittel
Kopfbildung:	
gering - mittel	
Dolden:	
Anzahl der Dolden im mittleren Drittel	gering - mittel
Anzahl der Dolden im oberen Drittel	gering - mittel
Größe der Dolden	groß
Doldenbeschaffenheit	sehr große Dolden, Doldenverlaubung
Behang	geringer Behang
Durchschnittsertrag:	
2000 kg/ha	
Reifezeit:	
spät	
Doldenform:	Wuchsform:
	
länglich	zylindrisch

Hallertauer Taurus (TU)

Hallertauer Taurus ist eine Züchtung mit sehr hohen α -Säurewerten (Tab. 16) und schwacher Wüchsigkeit. Die Hochalphasorte wurde 1995 zugelassen und ist in Deutschland auf ca. 954 ha gepflanzt (5,2 %).

Tab. 16: Sorteneigenschaften Hallertauer Taurus (TU)

Allgemeine Sorteneigenschaften:	
Qualität:	
Aroma	Mittel
Bitterstoffe	sehr hoch
Inhaltsstoffe:	
α -Säuren	12,0 - 17,0 %
β -Säuren	4,0 - 6,0%
Xanthohumol	0,9 - 1,0%
Gesamtöl	0,9 - 1,4 ml/100g Hopfen
Ansprüche an Boden und Lage:	
hoch warme, wüchsige Lagen	
Widerstandsfähigkeit gegen:	
Welke	gut
Peronospora	mittel
Mehltau	gering - sehr gering
Botrytis	gering
Rote Spinne	gering - sehr gering
Blattlaus	gering
Seitentriebe:	
Länge	kurz - mittel
Belaubung	mittel - hoch
Kopfbildung:	
gering	
Dolden:	
Anzahl der Dolden im mittleren Drittel	mittel
Anzahl der Dolden im oberen Drittel	gering
Größe der Dolden	mittel
Doldenbeschaffenheit	sehr schöne, feste Dolden
Behang	mittlerer Behang
Durchschnittsertrag:	
2000 kg/ha	
Reifezeit:	
spät	
Doldenform:	Wuchsform:
 <p>eiförmig</p>	 <p>zylindrisch - kegelförmig</p>

Herkules (HS)

Herkules ist eine robuste und leistungsstarke Hochalphasorte mit sehr gutem Behang (Tab. 17). Im Vergleich zu den Sorten Hallertauer Magnum und Hallertauer Taurus hat Herkules eine verbesserte Resistenz gegenüber Echtem Mehltau. 2009 wurden ca. 2615 ha dieser Sorte bewirtschaftet (14.2 %).

Tab. 17: Sorteneigenschaften Herkules (HS)

Allgemeine Sorteneigenschaften:	
Qualität:	
Aroma	mittel
Bitterstoffe	sehr hoch
Inhaltsstoffe:	
α -Säuren	12,0 - 17,0 %
β -Säuren	4,0 - 5,5%
Xanthohumol	ca. 0,7%
Gesamtöl	1,6 - 2,4 ml/100g Hopfen
Ansprüche an Boden und Lage:	hoch warme, wüchsige Lagen
Widerstandsfähigkeit gegen:	
Welke	gut
Peronospora	mittel
Mehltau	gut
Botrytis	gering
Rote Spinne	gering
Blattlaus	gering
Seitentriebe:	
Länge	mittel - lang
Belaubung	mittel - hoch
Kopfbildung:	
	mittel
Dolden:	
Anzahl der Dolden im mittleren Drittel	groß
Anzahl der Dolden im oberen Drittel	mittel - groß
Größe der Dolden	klein - mittel
Doldenbeschaffenheit	feste Dolden
Behang	sehr guter Behang
Durchschnittsertrag:	2700 kg/ha
Reifezeit:	sehr spät
Doldenform:	Wuchsform:
 <p>schmal eiförmig</p>	 <p>zylindrisch</p>

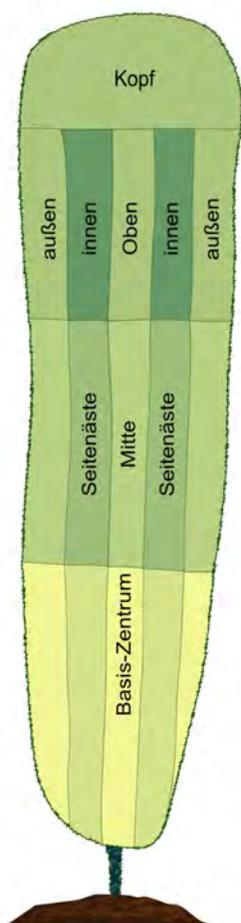
5.4 Auswahl der Hopfenreben

Alle Einzelreben wurden aus einem Zuchtgarten in Rohrbach entnommen. Der dort vorhandene homogene Boden (Bodenart lehmiger Sand) ist eine wichtige Voraussetzung für die Vergleichbarkeit der Sorten untereinander.

Vor Versuchsbeginn wurden gut ausgebildete Aufleitungen mit jeweils drei Einzelreben bis zur vollen Gerüsthöhe ausgewählt. Außerdem wurden nur sortentypische Reben ausgesucht. Das bedeutet, dass der Habitus der ausgewählten Reben dem allgemeinen Erscheinungsbild der jeweiligen Sorte entsprechen musste. Um eine statistische Verrechnung zu ermöglichen, wurden **je Sorte zwölf Einzelaufleitungen** ausgewertet.

Die Aufleitungen wurden in Plastikfolien verpackt und nach Hüll gebracht. Es wurden immer nur so viel Reben abgeschnitten und in Hüll gelagert, wie in den nächsten Stunden verarbeitet werden konnten, damit die Grüngewichte nicht verfälscht wurden.

5.5 Einteilung der Aufleitungen in verschiedene Abschnitte



Die Aufleitungen wurden in die Bereiche Basis, Mitte, Oben und Kopf eingeteilt. Als Kopf wurde der Abschnitt bezeichnet, der über den oberen Spanndraht hinauswächst. Die anderen drei Abschnitte waren jeweils 2 m lang und wurden vom Kopf herab eingeteilt. An der Drahtaufhängung beim Stacheldraht befand sich die Nullmarke, an der das Maßband angesetzt wurde.

Da diese Einteilung für eine genaue Auswertung noch nicht ausreichte, wurden die Bereiche Basis, Mitte und Oben weiter untergliedert. Hierfür wurden die Seitenarme, die länger als 20 cm waren, verwendet. Es wurde zwischen den Dolden unterschieden, die sich außen bzw. innen an den Seitenarmen befanden. Bei dieser Einteilung mussten die Seitenarme halbiert werden. „Innen“ war die Bezeichnung für den Seitenarmbereich bis zur Mitte, „Außen“ war der Bereich von der Mitte bis zur Seitenarmspitze. Die Seitenarme mit Dolden, die kleiner als 20 cm waren, blieben am jeweiligen Rebenabschnitt. Diese Hopfendolden am Zentrum der Rebe werden oftmals als sog. „Irkshopfen“ bezeichnet.

Der Sonderbereich Kopf kann nicht weiter untergliedert werden, da dieser als Sprossende i. d. R. keine Seitenarme (> 20 cm) besitzt und nur eine geringe Ausbildung erreicht. Es gibt also am Kopf nur einen zentralen Bereich.

Somit konnte an einer Aufleitung insgesamt zwischen zehn verschiedenen Bereichen unterschieden werden.

Abb. 15: Einteilung der Aufleitung

5.6 Zählen, Messen und Wiegen der Dolden und Restreben

In Arbeitsgruppen wurden die Abschnitte der Aufleitungen weiter in die Sektoren „Zentrum“, „Seitenäste innen“, und „Seitenäste außen“ unterteilt. Die Unterteilung der Seitenäste erfolgte zu je ca. 50 % der Astlänge.



Abb. 16: Zerlegen einer Aufleitung



Abb. 17: In Abschnitte unterteilte Aufleitung
links: Zentrum Basis/Mitte/Oben
rechts: Seitenäste, noch nicht getrennt nach innen und außen

Die Dolden wurden getrennt nach jedem Abschnitt von Hand gezupft.

Folgende Arbeitsschritte wurden **für jeden der 10 Abschnitte** anschließend durchgeführt:

- Dolden:**
- zählen
 - wiegen
 - Volumen bestimmen (mit skaliertem Messbecher)
 - Abfüllen in Gittersäcke (Kartoffelsäcke)
 - Erstellen eines Mischmusters von drei Reben aus jedem Sektor (für die Analytik)
 - trocknen (Einzelmuster, Mischmuster)
 - Feststellung des Trockengewichtes
 - Trockenhopfen Vakuumverpackung in Plastikbeutel

Die Trocknung der Hopfendolden erfolgte in der Kleintrocknungsanlage des Forschungszentrums Hüll. Die Vakuumverpackung und anschließende kühle Lagerung ist notwendig, damit sich die Inhaltsstoffe nicht verändern.



Abb. 18: Zählen, Messen und Abfüllen der Dolden

Restpflanze:

- Haupttriebe (Zentrum):
 - Anzahl Nodien an den drei Trieben
 - Grüngewicht feststellen
- Seitentriebe:
 - Anzahl der Seitenäste pro Abschnitt (Basis / Mitte / Oben)
 - Länge der Seitenäste
 - Nodien pro Seitenast
 - Grüngewicht feststellen

5.7 Analyse der wichtigsten Inhaltsstoffe

Die konservierten Hopfenmuster wurden im Labor des Forschungszentrums analysiert. Es gibt unterschiedliche standardisierte Methoden zur Feststellung der Hauptinhaltsstoffe.

Die α - und β -Säuren wurden ebenso wie das Xanthohumol mit der HPLC-Methode (High Performance Liquid Chromatography, EBC 7.7) erfasst. Hierbei wird 10 g gemahlener Hopfen zusammen mit 20 ml Methanol, 100 ml Diethylether und 40 ml Salzsäurelösung 40 Minuten lang geschüttelt. Das Gemisch wird 10 Minuten stehen gelassen. Für die Analyse werden 2 ml entnommen und auf 50 ml mit Methanol aufgefüllt. Diese Lösung muss mehrere Stunden stehen, bevor sie filtriert und in HPLC-Gläschen abgefüllt wird. Die Gläschen können dann in das Gerät eingesetzt werden. Der Chromatograph erstellt dann ein HPLC-Chromatogramm. Als erstes werden die α -Säuren (Humulone) ermittelt. Danach werden die β -Säuren (Lupulone) erfasst.

Das Gesamtöl wurde über eine Wasserdampfdestillation festgestellt. Hierzu werden 20 g Hopfen gemahlen und in 200 ml destilliertem Wasser gelöst. Da das Öl eine geringere Dichte als das Wasser besitzt, kann das Gemisch sehr einfach getrennt werden. Die genaue Ölzusammensetzung kann mit dem sog. Gaschromatographen festgestellt werden.

5.8 Auswertung

Die unter Punkt 5.5 gewonnenen Daten wurden mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft Excel ausgewertet. Daraufhin erfolgte eine statistische Ausarbeitung mit dem Programm SAS und der Prozedur GLM.

6 Ergebnisse

Es wird versucht, die große Menge an Zahl-, Wiege- und Messergebnissen möglichst kompakt in Form von Tabellen und einer stilisierten Hopfenrebe optisch darzustellen. Einen optischen Eindruck von den doch überraschend großen Unterschieden zeigt Abb. 19.



Abb. 19: Optischer Eindruck zur Doldenverteilung innerhalb der zehn Sektoren
– links Hallertauer Taurus, rechts Saphir

6.1 Grüngewichte, Anzahl Dolden und Tausend-Doldengewicht

Um die jahrgangsmäßigen Unterschiede zu verdeutlichen, werden zunächst die Einzelergebnisse angegeben. Die Durchschnittswerte sollen die Charakterisierung der Sorte darstellen.

Bei den Prozentangaben ist zu berücksichtigen, dass die Werte aus dem Abschnitt/Sektor „Kopf“ jeweils zu den Werten von „Oben, Mitte, Basis“ bzw. „Zentral, innen, außen“ addiert werden müssen, um auf die Gesamtmenge zu kommen.

Bei den Durchschnittswerten von 2007 und 2008 handelt es sich um Gewichtsangaben in Gramm. In der graphisch/farblichen Darstellung in Form einer Hopfenaufleitung wird für jede Sorte ein Mittelwert gebildet und unter- und überdurchschnittliche Werte farblich abgestuft:

- gelb = stark unter dem Durchschnitt
- grün = stark über dem Durchschnitt
- Mischung 50 : 50 = Durchschnitt

Die Darstellungen drücken somit die Doldenverteilung der einzelnen Sorten aus.

6.1.1 Hallertauer Tradition

Doldengewicht - feucht - [g]

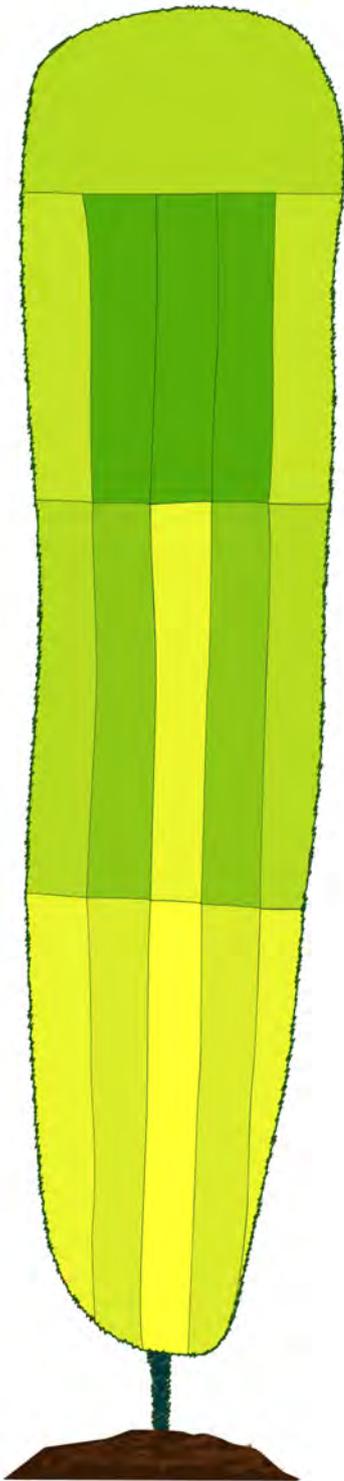
Rebenteil	Seitenäste				Zentralrebe		Gesamt		
	außen		innen		2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
	2007 / 2008	Ø	2007/2008	Ø					
Kopf							349 / 263	306	9
Oben	356 / 276	316	836 / 639	738	712 / 715	714	1904/1630	1767	52
Mitte	301 / 227	264	572 / 610	591	272 / 165	219	1146/1002	1074	32
Basis	98 / 79	89	142 / 91	117	29 / 6	18	268 / 177	223	7
Gesamt	755 / 582	669	1550/1340	1445	1012/ 887	951	3666/3072	3369	100
%		20		43		28	plus Kopf		100

Grüngewicht Restpflanze [g]

Rebenteil	Seitenäste		Zentralrebe		Gesamt		
	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
Kopf					181 / 164	173	4
Oben	652 / 648	650	608 / 723	666	1260/1371	1316	35
Mitte	648 / 909	779	550 / 627	589	1198/1536	1367	36
Basis	391/ 597	494	480 / 432	456	871 /1029	950	25
Gesamt	1691/2153	1922	1637/1782	1710	3510/4099	3805	100
%		51		45	plus Kopf		100

Grüngewicht Gesamtpflanze [g]

Rebenteil	Seitenäste		Zentralrebe		Gesamt		
	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
Kopf					530 / 427	479	7
Oben	1844/1565	1705	1320/1438	1379	3164/3003	3084	43
Mitte	1521/1746	1634	822 / 792	807	2343/2538	2441	34
Basis	631 / 767	699	509 / 438	476	1140/1205	1173	16
Gesamt	3996/4078	4038	2651/2668	2660	7177/7173	7175	100
%		56		37	plus Kopf		100



Hallertauer Tradition

Anzahl Dolden				
<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>				
8539 / 7458 / 7999				100 %
Kopf				
738/663/ 701				10 %
Oben				
Zentral	innen	außen		
1383/1550/ 1467	1716/1464/ 1590	698/561/ 630		52 %
Mitte				
Zentral	innen	außen		
88/473/ 281	452/1581/ 1017	794/618/ 706		28 %
Basis				
Zentral	innen	außen		
88/26/ 57	452/294/ 373	318/229/ 274		10 %
Zentral	innen	außen		
Σ mit Kopf 36 %	42 %	22 %		100 %

1000 - Doldengewicht - feucht - (g)

2007 / 2008 / Durchschnitt				
430 / 376 / 403				
Kopf				
510/451/ 480				Ø
Oben				
Zentral	innen	außen		
526/471/ 498	519/447/ 483	541/518/ 529		503
Mitte				
Zentral	innen	außen		
362/347/ 355	361/390/ 376	383/370/ 377		369
Basis				
Zentral	innen	außen		
321/235/ 278	311/306/ 309	309/333/ 321		303
Ø Zentral 377	innen 389	außen 409		

Doldenverteilung bei Hallertauer Tradition

6.1.2 Saphir

Doldengewicht - feucht - [g]

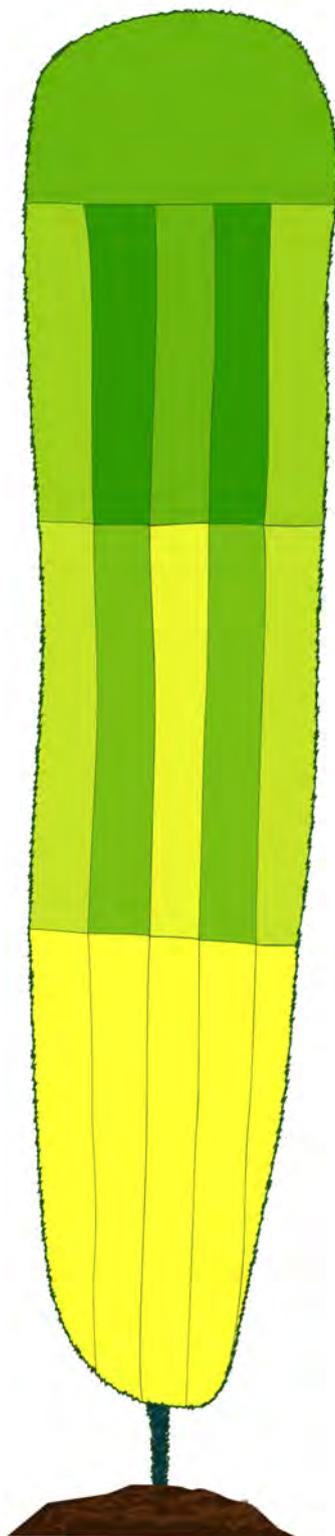
Rebenteil	Seitenäste				Zentralrebe		Gesamt		
	außen		innen		2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
	2007 / 2008	Ø	2007/2008	Ø					
Kopf							453 / 745	589	17
Oben	462 / 315	389	1130/ 966	1048	485 / 665	575	2077/1945	2011	59
Mitte	223 / 156	190	524 / 400	462	108 / 107	108	855 / 664	760	22
Basis	34 / 9	22	28 / 11	20	11 / 4	8	72 / 24	48	2
Gesamt	719 / 481	600	1682/1377	1530	603 / 775	689	3457/3378	3418	100
%		18		45		20	plus Kopf		100

Grüngewicht Restpflanze [g]

Rebenteil	Seitenäste		Zentralrebe		Gesamt		
	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
Kopf					338 / 589	464	11
Oben	1205/ 822	1014	698 / 675	686	1901/1497	1699	39
Mitte	908 / 757	833	659 / 591	625	1567/1348	1458	34
Basis	366 / 110	238	503 / 370	437	869 / 480	675	16
Gesamt	2479/1689	2084	1857/1636	1747	4675/3914	4295	100
%		49		40	plus Kopf		100

Grüngewicht Gesamtpflanze [g]

Rebenteil	Seitenäste		Zentralrebe		Gesamt		
	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
Kopf					791 /1334	1063	14
Oben	2797/2103	2411	1181/1340	1261	3978/3443	3672	47
Mitte	1655/1313	1484	767 / 698	733	2422/2011	2217	29
Basis	428 / 130	279	514 / 374	444	942 / 504	723	10
Gesamt	4880/3546	4213	2462/2412	2437	8133/7292	7713	100
%		55		31	plus Kopf		100



Saphir

Anzahl Dolden				
<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>				
9821 / 10540 / 10181				100 %
Kopf				
1342/2095/ 1719				17 %
Oben				
Zentral	innen	außen		
1348/1964/ 1656	2936/2890/ 2913	1225/916/ 1071		55 %
Mitte				
Zentral	innen	außen		
344/382/ 363	1647/1522/ 1585	670/662/ 666		26 %
Basis				
Zentral	innen	außen		
45/16/ 31	127/49/ 88	137/45/ 91		2 %
Zentral	innen	außen		
∑ mit Kopf 37 %	45 %	18 %		100 %

1000 - Doldengewicht - feucht - (g)

<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>				
317 / 297 / 307				
Kopf				
348/364/ 356				∅
Oben				
Zentral	innen	außen		
363/343/ 353	386/338/ 362	382/347/ 365		360
Mitte				
Zentral	innen	außen		
316/280/ 298	319/256/ 288	330/234/ 282		369
Basis				
Zentral	innen	außen		
223/230/ 227	216/230/ 223	232/209/ 221		224
∅ Zentral 293	innen 291	außen 289		

Doldenverteilung bei Saphir

6.1.3 Hallertauer Magnum

Doldengewicht - feucht - [g]

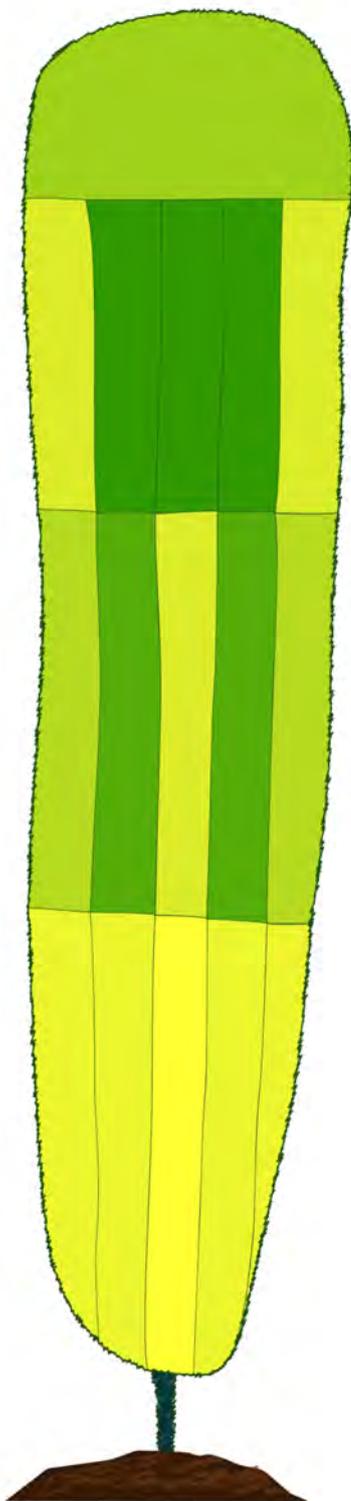
Rebenteil	Seitenäste				Zentralrebe		Gesamt		
	außen		innen		2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
	2007 / 2008	Ø	2007/2008	Ø					
Kopf							500 / 451	476	13
Oben	203 / 192	198	863 / 888	876	655 / 806	731	1721/1885	1803	50
Mitte	262 / 309	286	519 / 830	675	122 / 210	166	903 / 1349	1126	31
Basis	56 / 117	87	44 / 150	97	13 23	18	113 / 290	202	6
Gesamt	521 / 617	569	1426/1868	1647	790 /1039	915	3237/3975	3606	100
%		16		46		25	mit Kopf		100

Grüngewicht Restpflanze [g]

Rebenteil	Seitenäste		Zentralrebe		Gesamt		
	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
Kopf					551 / 477	514	9
Oben	951 / 1019	985	1156/1205	1181	2107/2224	2166	37
Mitte	823 / 1349	1086	869 / 1046	958	1692/2394	2043	35
Basis	385 / 547	466	652 / 644	648	1038/1191	1115	19
Gesamt	2159/2915	2537	2677/2895	2786	5387/6286	5837	100
%		43		48	mit Kopf		100

Grüngewicht Gesamtpflanze [g]

Rebenteil	Seitenäste		Zentralrebe		Gesamt		
	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
Kopf					1051/ 928	990	11
Oben	2017/2099	2058	1811/2011	1659	3828/4109	3969	44
Mitte	1604/1686	1645	991 / 1256	1124	2595/2942	2769	30
Basis	485 / 814	650	665 / 667	666	1150/1481	1317	15
Gesamt	4106/4599	4353	3467/3934	3701	8624/9460	9042	100
%		48		41			100



Hallertauer Magnum

Anzahl Dolden				
<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>				
2654 / 3399 / 3027				100 %
Kopf				
391/338/ 365				12 %
Oben				
Zentral	innen	außen		
511/713/ 612	654/729/ 692	134/118/ 126		47 %
Mitte				
Zentral	innen	außen		
113/217/ 165	469/720/ 595	238/260/ 249		33 %
Basis				
Zentral	innen	außen		
15/14/ 15	56/162/ 109	74/127/ 101		8 %
Zentral	innen	außen		
Σ mit Kopf 38 %	46 %	16 %		100 %

1000 - Doldengewicht - feucht - (g)

<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>				
1144 / 1244 / 1194				
Kopf				
1315/1369/ 1342				Ø
Oben				
Zentral	innen	außen		
1319/1142/ 1231	1369/1240/ 1305	1585/1677/ 1631		1389
Mitte				
Zentral	innen	außen		
1061/971/ 1016	1103/1163/ 1133	1099/1197/ 1148		1099
Basis				
Zentral	innen	außen		
782/1619/ 1201	734/908/ 821	736/898/ 817		946
Ø Zentral 1149	innen 1086	außen 1199		

Doldenverteilung bei Hallertauer Magnum

6.1.4 Hallertauer Taurus

Doldengewicht - feucht - [g]

Rebenteil	Seitenäste				Zentralrebe		Gesamt		
	außen		innen		2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
	2007 / 2008	Ø	2007/2008	Ø					
Kopf							171 / 221	196	5
Oben	284 / 327	306	492 / 527	510	675 / 624	650	1451/1478	1465	38
Mitte	466 / 434	450	748 / 647	698	469 / 317	393	1682/1398	1540	40
Basis	254 / 165	210	360 / 221	291	225 / 55	140	839 / 440	640	17
Gesamt	1003/ 926	965	1600/1395	1498	1369/ 996	1183	4144/3538	3841	100
%		25		39		31	mit Kopf		100

Grüngewicht Restpflanze [g]

Rebenteil	Seitenäste		Zentralrebe		Gesamt		
	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
Kopf					157 / 189	173	4
Oben	618 / 539	579	760 / 808	784	1378/1346	1362	30
Mitte	789 / 787	788	820 / 877	849	1610/1633	1637	37
Basis	557 / 564	561	786 / 677	732	1343/1240	1292	29
Gesamt	1964/1889	1927	2367/2361	2364	4489/4439	4464	100
%		43		53	mit Kopf		100

Grüngewicht Gesamtpflanze [g]

Rebenteil	Seitenäste		Zentralrebe		Gesamt		
	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
Kopf					328 / 410	369	5
Oben	1394/1393	1394	1435/1432	1434	2829/2825	2827	34
Mitte	2003/1868	1936	1289/1194	1242	3292/3061	3177	38
Basis	1171/ 950	1061	1011/ 732	872	2182/1680	1931	23
Gesamt	4568/4211	4390	3735/3358	3547	8631/7976	8304	100
%		53		42	mit Kopf		100

Hallertauer Taurus

Anzahl Dolden

2007 / 2008 / Durchschnitt

5144 / 4713 / **4914**

100 %

Kopf

249/246/**248**

5 %

Oben

Zentral	innen	außen	
710/779/ 745	627/654/ 641	327/332/ 330	35 %

35 %

Mitte

Zentral	innen	außen	
594/459/ 527	914/880/ 897	582/605/ 594	41 %

41 %

Basis

Zentral	innen	außen	
290/83/ 187	504/384/ 444	318/291/ 305	19 %

19 %

Zentral	innen	außen	
Σ mit Kopf 34 %	40 %	26 %	100 %

1000 - Doldengewicht - feucht - (g)

2007 / 2008 / Durchschnitt

839 / 808 / **824**

Kopf

855/963/**909**

Ø

Oben

Zentral	innen	außen	
1006/807/ 907	836/845/ 841	942/1075/ 1009	919

919

Mitte

Zentral	innen	außen	
806/679/ 743	856/736/ 796	859/734/ 797	779

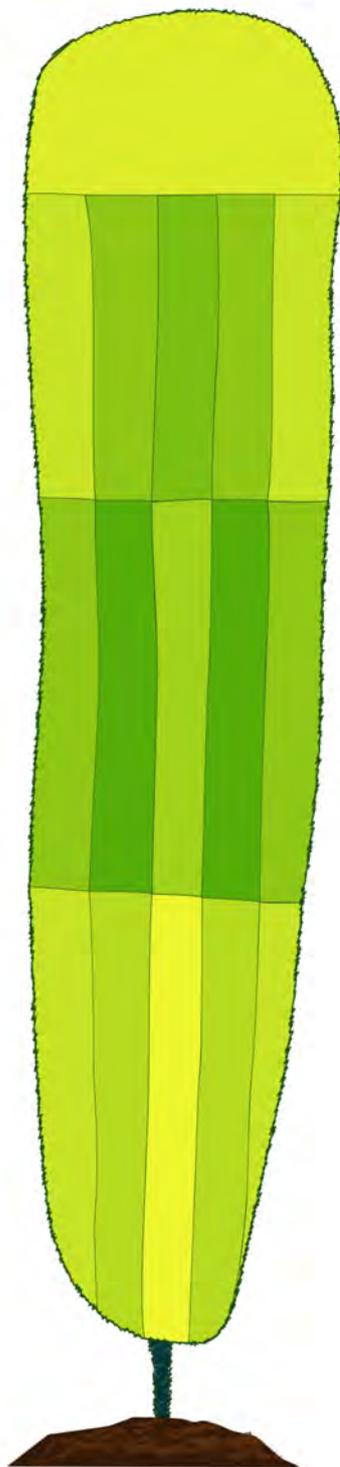
779

Basis

Zentral	innen	außen	
748/809/ 779	698/568/ 633	750/551/ 651	688

688

Ø Zentral 810	innen 757	außen 819	
----------------------	------------------	------------------	--



Doldenverteilung bei Hallertauer Taurus

6.1.5 Herkules

Doldengewicht - feucht - [g]

Rebenteil	Seitenäste				Zentralrebe		Gesamt		
	außen		innen		2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
	2007 / 2008	Ø	2007/2008	Ø					
Kopf							669 / 649	659	13
Oben	528 / 464	496	1273/1502	1388	857 / 778	818	2658/2743	2701	51
Mitte	505 / 340	423	898 / 838	868	428 / 206	317	1831/1384	1608	30
Basis	222 / 65	144	237 / 79	158	27 / 20	24	487 / 164	326	6
Gesamt	1256/ 869	1063	2409/2419	2424	1312/1004	1158	5645/4940	5293	100
%		20		46		22	plus Kopf		100

Grüngewicht Restpflanze [g]

Rebenteil	Seitenäste		Zentralrebe		Gesamt		
	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
Kopf					508 / 428	468	8
Oben	1064/1226	1145	861 / 905	883	1925/2130	2028	36
Mitte	861 / 1121	991	907 / 925	916	1768/2047	1908	33
Basis	716 / 493	605	658 / 684	671	1374/1177	1276	23
Gesamt	2641/2840	2741	2426/2515	2471	5575/5783	5679	100
%		48		44	plus Kopf		100

Grüngewicht Gesamtpflanze [g]

Rebenteil	Seitenäste		Zentralrebe		Gesamt		
	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	2007 / 2008	Ø	%
Kopf					1177/1077	1127	10
Oben	2865/3192	3028	1718/1683	1701	4583/4875	4729	43
Mitte	2264/2299	2281	1335/1131	1233	3599/3430	3515	33
Basis	1175/ 637	906	685 / 704	695	1860/1341	1601	14
Gesamt	6304/6128	6216	3738/3518	3629	11219/10723	10971	100
%		57		33	plus Kopf		100

Herkules

Anzahl Dolden

2007 / 2008 / Durchschnitt

9605 / 10812 / **10210** **100 %**

Kopf

1105/1334/**1220** **12 %**

Oben

Zentral	innen	außen	
1296/1417/ 1356	2023/3237/ 2630	800/903/ 851	47 %

Mitte

Zentral	innen	außen	
761/470/ 615	1554/2046/ 1800	862/937/ 900	33 %

Basis

Zentral	innen	außen	
72/36/ 54	586/214/ 402	546/214/ 380	8 %

Zentral	innen	außen	
Σ mit Kopf 32 %	47 %	21 %	100 %

1000 - Doldengewicht - feucht - (g)

2007 / 2008 / Durchschnitt

568 / 455 / **512**

Kopf

633/494/**564** **Ø**

Oben

Zentral	innen	außen	
668/552/ 610	646/475/ 561	674/528/ 601	591

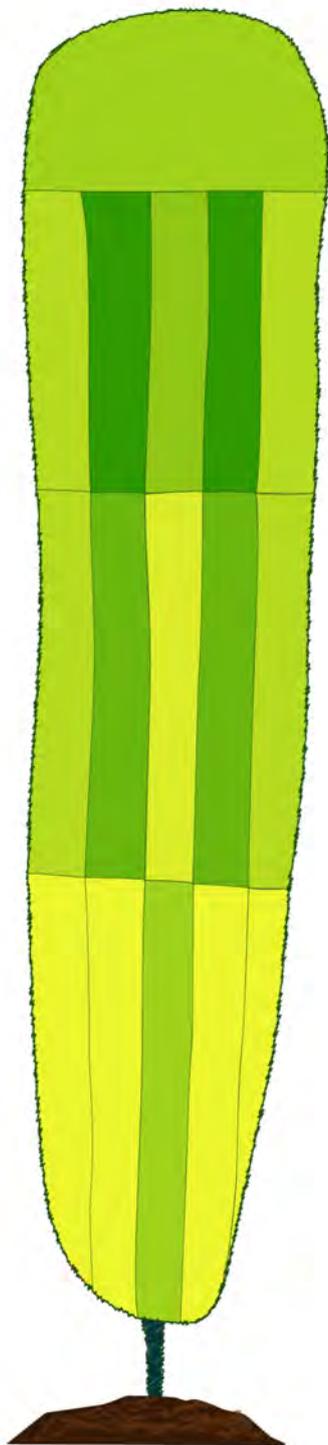
Mitte

Zentral	innen	außen	
568/435/ 502	584/412/ 498	607/367/ 487	496

Basis

Zentral	innen	außen	
363/560/ 462	402/348/ 375	400/300/ 350	396

Ø Zentral 525	innen 478	außen 480	
----------------------	------------------	------------------	--



Doldenverteilung bei Herkules

6.2 Weitere Kenndaten zum Ertragsaufbau wichtiger Hopfensorten

Tab. 18: Kenndaten zum Ertragsaufbau

Ø 2007/2008		HT	SR	HM	TU	HS
Dolden gesamt pro Aufleitung	n	7.999	10.181	3.027	4.914	10.209
1000-Doldengewicht - feucht	g	414	307	1.194	824	512
Doldenvolumen	cm ³	41.768	45.494	38.102	38.465	51.605
Doldengewicht pro Aufleitung (feucht)	g	3.369	3.418	3.606	3.841	5.239
Rest der Aufleitung ohne Dolden:						
Gewicht Seitenäste	g	1.922	2.084	2.537	1.927	2.741
Gewicht Zentralrebe	g	1.710	1.747	2.786	2.364	2.471
Gewicht Kopf	g	173	464	514	173	468
Gewicht gesamte Restpflanze	g	3.805	4.294	5.837	4.464	5.679
Gesamtgewicht Aufleitung (feucht/grün)	g	7.174	7.711	9.442	8.305	10.972
Doldenanteil am Gesamtgewicht	%	47	44	38	46	48
Verhältnis Restpflanze : Dolden		1,13	1,26	1,62	1,16	1,08
Verhältnis Zentralrebe : Seitenäste		0,91	0,86	1,2	1,23	0,9
Seitenäste pro Rebe	n	129	104	107	118	131
Mittlere Seitenastlänge	cm	64	86	74	43	72
Länge der Seitenäste gesamt	m	82	87	79	50	94
Dolden pro Seitenast	n	62	102	28	42	78
Gewicht der Dolden pro Seitenast	g	26	34	34	33	40
Nodien pro Aufleitung an Zentralrebe und Kopf	n	103	85	96	100	103
Nodien an Seitenästen gesamt	n	857	794	749	728	999
Nodien pro Seitenast	n	7	8	8	7	8
Nodien pro Aufleitung (gesamt)	n	960	879	845	828	1.102

6.3 Gehalt und Verteilung wichtiger Inhaltsstoffe bei fünf Hopfensorten

Von allen wertbestimmenden Inhaltsstoffen ist der Gehalt an Alphasäuren das wichtigste Merkmal. Diese Bitterstoffe sind in fast allen Verkaufsverträgen an der Preisgestaltung beteiligt. In jüngster Zeit kommt auch der Ölgehalt zu größerer Bedeutung. Es wird diskutiert, die Hopfengabe ins Bier nicht nur nach den Alphasäuren auszurichten, sondern auch den Ölgehalt bzw. die Aromastoffe zu berücksichtigen.

Durchschnittsmuster aus allen zehn Teilbereichen wurden auf Alphasäuren- und Ölgehalt untersucht. Dazu wurde ein Mischmuster aus den jeweils sechs Aufleitungen analysiert. In den Tabellen sind die Jahrgangswerte und der Durchschnitt angegeben. Die stark schwankenden Werte in den einzelnen Abschnitten zwischen 2007 und 2008 bestätigen auch die großen Schwankungen zwischen diesen Jahrgängen.

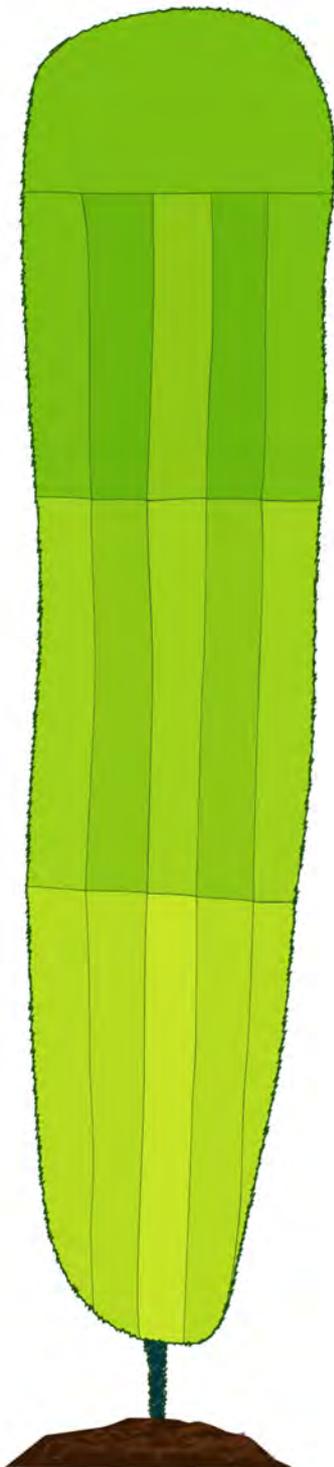
Die **grafische Darstellung in Form der Hopfenpflanzen** bezieht sich auf den **Alphasäuregehalt**. In der Farbabstufung wurde zwischen den Aromasorten HT und SR und den Hochalphasorten HM, TU und HS unterschieden. Die Farbskala geht von Gelb in 10er-Stufen zu Grün in Abhängigkeit vom tatsächlichen Alphasäuregehalt in jeweilige Teilbereiche:

Tab. 19: Farbabstufung in Abhängigkeit vom Alphasäuregehalt

Gelb	Grün	HT SR	HM TU HS
100	0	2,5 - 3,0	10,0 - 11,0
90	10	> 3,0 - 3,5	> 11,0 - 12,0
80	20	> 3,5 - 4,0	> 12,0 - 13,0
70	30	> 4,0 - 4,5	> 13,0 - 14,0
60	40	> 4,5 - 5,0	> 14,0 - 15,0
50	50	> 5,0 - 5,5	> 15,0 - 16,0
40	60	> 5,5 - 6,0	> 16,0 - 17,0
30	70	> 6,0 - 6,5	> 17,0 - 18,0
20	80	> 6,5 - 7,0	> 18,0 - 19,0

6.3.1 Hallertauer Tradition

Hallertauer Tradition



Gehalt an Alphasäuren [Prozent]

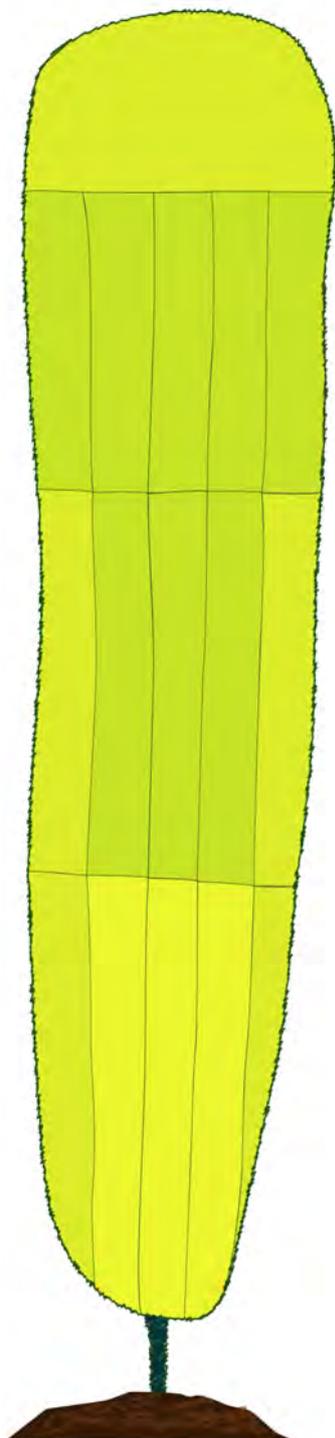
<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>			\emptyset
Kopf 5,1/6,9			6,0
Oben			
Zentral	innen	außen	
4,3/7,3/ 5,8	5,1/7,8/ 6,5	4,8/7,1/ 6,0	6,1
Mitte			
Zentral	innen	außen	
3,6/6,5/ 5,1	4,4/7,1/ 5,8	4,2/6,6/ 5,4	5,4
Basis			
Zentral	innen	außen	
3,1/5,1/ 4,1	3,4/6,3/ 4,8	3,4/5,6/ 4,5	4,5
\emptyset Zentral mit Kopf	innen	außen	
5,2	5,7	4,7	

Ölgehalt in ml/100 g Hopfen

<u>2007/ 2008 / Durchschnitt</u>			\emptyset
Kopf 0,45/0,90			0,67
Oben			
Zentral	innen	außen	
0,40/1,00/ 0,70	0,45/1,05/ 0,75	0,40/0,95/ 0,68	0,71
Mitte			
Zentral	innen	außen	
0,50/0,83/ 0,66	0,40/1,00/ 0,70	0,35/0,73/ 0,54	0,63
Basis			
Zentral	innen	außen	
0,40/0,00/ 0,40	0,40/0,85/ 0,62	0,40/0,73/ 0,56	0,53
\emptyset Zentral mit Kopf	innen	außen	
0,61	0,69	0,59	

Alphasäurenverteilung bei Hallertauer Tradition

6.3.2 Saphir



Saphir

Gehalt an Alphasäuren [Prozent]

<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>			Ø
Kopf 3,3/4,1			3,7
Oben			
Zentral 3,8/4,4/ 4,1	innen 3,9/4,4/ 4,2	außen 3,8/4,2/ 4,0	4,1
Mitte			
Zentral 3,8/4,1/ 4,0	innen 4,1/4,1/ 4,1	außen 3,9/3,8/ 3,9	4,0
Basis			
Zentral 3,1/3,2/ 3,2	innen 3,1/3,4/ 3,3	außen 3,4/3,8/ 3,6	3,4
Ø Zentral mit Kopf 3,8	innen 3,9	außen 3,8	

Ölgehalt in ml/100 g Hopfen

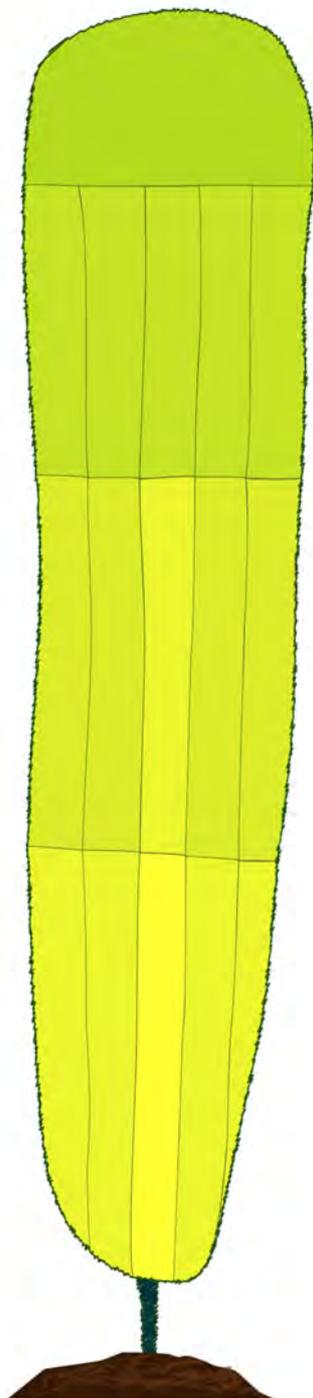
<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>			Ø
Kopf 1,45/1,7			1,58
Oben			
Zentral 1,40/1,70/ 1,55	innen 1,55/1,70/ 1,63	außen 1,35/1,55/ 1,45	1,54
Mitte			
Zentral 1,35/1,80/ 1,58	innen 1,55/1,65/ 1,60	außen 1,40/1,50/ 1,45	1,54
Basis			
Zentral 0,90/0,00/ 0,90	innen 1,25/1,60/ 1,43	außen 1,00/1,75/ 1,38	1,24
Ø Zentral mit Kopf 1,40	innen 1,55	außen 1,43	

Alphasäurenverteilung bei Saphir

6.3.3 Hallertauer Magnum

Hallertauer Magnum

Gehalt an Alphasäuren [Prozent]



<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>			Ø
Kopf 12,3/16,0			14,15
Oben			
Zentral	innen	außen	
12,0/15,7/ 13,8	11,9/15,7/ 13,8	12,1/15,3/ 13,7	13,8
Mitte			
Zentral	innen	außen	
9,6/13,8/ 11,7	9,7/15,0/ 12,3	10,2/14,7/ 12,4	12,1
Basis			
Zentral	innen	außen	
8,8/11,6/ 10,2	8,9/13,1/ 11,0	9,1/13,8/ 11,4	10,9
Ø Zentral mit Kopf	innen	außen	
12,5	12,4	12,5	

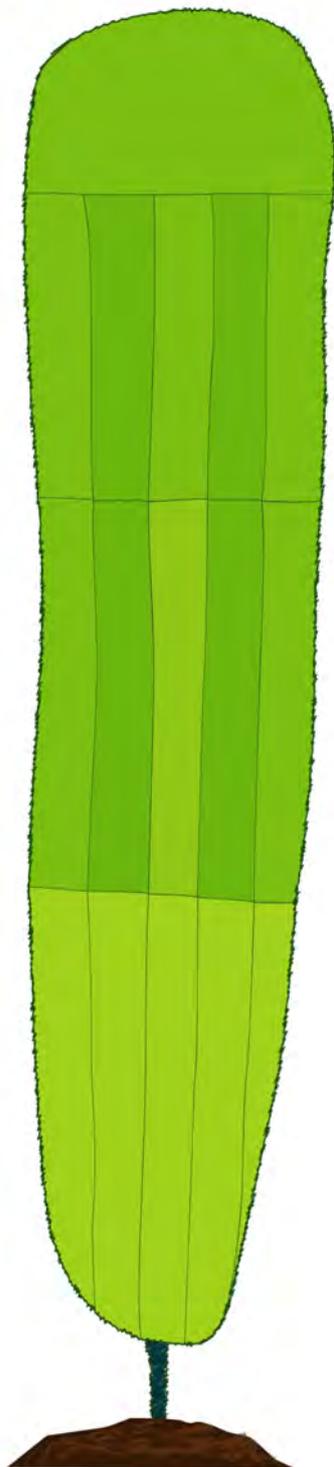
Ölgehalt in ml/100 g Hopfen

<u>2007/ 2008 / Durchschnitt</u>			Ø
Kopf 2,35/3,50			2,92
Oben			
Zentral	innen	außen	
2,20/3,45/ 2,82	2,35/3,55/ 2,95	2,25/2,83/ 2,77	2,77
Mitte			
Zentral	innen	außen	
1,75/2,90/ 2,32	2,00/3,15/ 2,57	2,00/2,78/ 2,39	2,43
Basis			
Zentral	innen	außen	
1,50/2,15/ 1,83	1,60/2,50/ 2,05	1,50/2,35/ 1,92	1,39
Ø Zentral mit Kopf	innen	außen	
2,47	2,52	2,28	

Alphasäurenverteilung bei Hallertauer Magnum

6.3.4 Hallertauer Taurus

Hallertauer Taurus



Gehalt an Alphasäuren [Prozent]

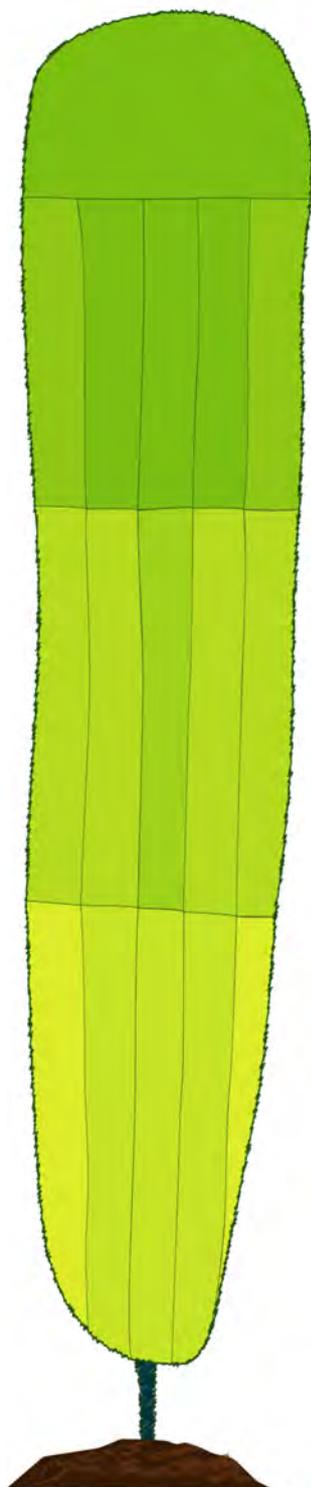
<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>			\emptyset
Kopf 16,5/18,03/			17,4
Oben			
Zentral	innen	außen	
16,8/17,6/ 17,2	17,2/19,9/ 18,6	16,6/18,1/ 17,4	17,7
Mitte			
Zentral	innen	außen	
15,2/17,4/ 16,3	16,1/19,9/ 18,0	16,1/18,2/ 17,2	17,2
Basis			
Zentral	innen	außen	
14,3/16,1/ 15,2	13,8/17,3/ 15,6	14,1/17,7/ 15,9	15,6
\emptyset Zentral mit Kopf 16,5	innen 17,4	außen 16,8	

Ölgehalt in ml/100 g Hopfen

<u>2007/ 2008 / Durchschnitt</u>			\emptyset
Kopf 0,95/1,95			1,45
Oben			
Zentral	innen	außen	
1,40/2,13/ 1,76	1,35/2,35/ 1,85	1,35/1,95/ 1,65	1,75
Mitte			
Zentral	innen	außen	
1,45/2,60/ 2,03	1,35/2,65/ 2,00	1,20/2,30/ 1,75	1,37
Basis			
Zentral	innen	außen	
1,00/1,95/ 1,48	0,95/2,23/ 1,59	0,90/1,70/ 1,30	1,46
\emptyset Zentral mit Kopf 1,68	innen 1,81	außen 1,57	

Alphasäurenverteilung bei Hallertauer Taurus

6.3.5 Herkules



Herkules

Gehalt an Alphasäuren [Prozent]

<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>			Ø
Kopf 17,7/18,0			17,8
Oben			
Zentral	innen	außen	
16,8/18,4/ 17,6	16,8/18,1/ 17,5	17,6/15,8/ 16,7	17,3
Mitte			
Zentral	innen	außen	
14,4/17,4/ 15,9	13,9/15,7/ 14,8	14,7/13,7/ 14,2	15,0
Basis			
Zentral	innen	außen	
12,6/15,1/ 13,8	12,3/15,4/ 13,8	12,2/12,7/ 12,4	13,3
Ø Zentral mit Kopf	innen	außen	
16,3	15,4	14,4	

Ölgehalt in ml/100 g Hopfen

<u>2007 / 2008 / Durchschnitt</u>			Ø
Kopf 1,45/2,5			1,98
Oben			
Zentral	innen	außen	
2,0/3,05/ 2,52	1,90/2,28/ 2,10	1,75/1,80/ 1,78	2,13
Mitte			
Zentral	innen	außen	
1,20/1,78/ 1,49	1,25/1,55/ 1,40	1,25/1,20/ 1,22	1,37
Basis			
Zentral	innen	außen	
1,10/1,78/ 1,44	1,05/1,70/ 1,37	0,50/1,63/ 1,06	1,93
Ø Zentral mit Kopf	innen	außen	
1,86	1,62	1,35	

Alphasäurenverteilung bei Herkules

7 Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie ist es, ein besseres Gesamtbild vom Ertragsaufbau einzelner Hopfensorten zu erhalten, um sowohl für die Züchtungsarbeit als auch für die produktionstechnischen Beratung wichtige Basisdaten zu erhalten.

7.1 Aussagekraft der Ergebnisse

Die für Hopfen günstigen Witterungsbedingungen der beiden Versuchsjahre 2007 und 2008 waren ideale Voraussetzungen für die Durchführung der Studien über den Ertragsaufbau wichtiger Hopfensorten. Die fünf in die Untersuchung aufgenommenen Zuchtsorten bilden dabei die Bandbreite der etwa 20 in der Hallertau angebauten Hopfensorten ab. Da alle untersuchten Sorten in beiden Jahren ihren typischen Habitus ausbildeten, können die Ergebnisse bei den einzelnen Merkmalen sehr gut verglichen werden. Obwohl die Schwankungen innerhalb der 12 ausgewerteten Aufleitungen je Sorte bis zu 100 % betragen, wird die hohe Aussagekraft der Ergebnisse dadurch unterstrichen, dass sich in beiden Jahren die meisten Ergebnisse statistisch absichern ließen.

7.2 Ertragsrelevante Faktoren

Die Tabelle 18 zeigt eindrücklich, dass die genetisch bedingte Merkmalsausprägung bei den fünf untersuchten aktuellen Zuchtsorten eine große Variation aufweist.

7.2.1 Vergleich mit früheren Studien

Vergleicht man zuerst diese Daten mit Werten der vor 35 Jahren in der Hallertau angebauten Sorten (Tab. 9 und 10), so zeigen sich bereits zwei entscheidende Unterschiede, die verdeutlichen, wie es züchterisch gelang, das Ertragspotential deutlich anzuheben. Während 1975 die Gewichte der Aufleitungen lediglich 5,0 – 8,5 kg erreichten, liegen sie bei den aktuellen Sorten mit 7,2 – 11,0 kg bereits auf einem deutlich höheren Niveau. Gleichzeitig stieg der Doldenanteil von 35 – 45 % auf 38 – 48 % an.

Auch der Vergleich mit den an der rumänischen Universität für Agrarwissenschaften in Cluj-Napoca (Tab. 11 und 12) gewonnenen Ergebnissen gibt weitere wichtige Aufschlüsse über die entscheidenden Faktoren für die Zuchtfortschritte der letzten beiden Jahrzehnte. In dieser Studie wurde die Variabilität von 126 Landsorten und zumeist älteren Zuchtsorten untersucht. Wie zu erwarten war, schwankten die gewonnenen Kenndaten in einem sehr weiten Bereich. Obwohl in Rumänien andere klimatische Bedingungen als in der Hallertau herrschen, lassen sich auch hier wichtige Tendenzen erkennen. Bei zwei besonders ertragsrelevanten Merkmalen gibt es entscheidende Abweichungen. Die Doldenzahl pro Aufleitung erreichte in der rumänischen Studie maximal 6000 Dolden. Die erst vor wenigen Jahren zugelassenen Zuchtsorten Saphir und Herkules liegen bei über 10000 Dolden je Aufleitung. Möglich wurde dies unter anderem durch eine sehr hohe Doldenzahl je Seitenast. Hier liegen die Sorten Saphir mit 102 und Herkules mit 78 Dolden je Seitenast weit über dem in Rumänien gemessenen Maximalwert von 63.

7.2.2 Vergleich der fünf untersuchten Sorten

Besonders auffällig sind bei dieser Betrachtung die Merkmale Doldenzahl pro Aufleitung und 1000-Doldengewicht. In der Regel sind beide Ertragsfaktoren negativ korreliert. Die Extreme bilden hierbei die Sorten Hallertauer Magnum und Saphir. Sie erzielten in beiden Versuchsjahren in etwa die gleichen Doldengewichte pro Aufleitung, wobei aber diese

beiden besonders wichtigen Ertragsfaktoren sich jeweils um mehr als das Dreifache unterscheiden. Beide Sorten bringen in der Praxis Durchschnittserträge um 2 t/ha und Spitzenerträge um 3 t/ha. Die beiden Sorten Hallertauer Tradition und Hallertauer Taurus erreichen das gleiche Ertragsniveau mit einer weniger extremen Merkmalsausprägung.

Ein deutlich höheres Ertragspotential ist nur zu erreichen, wenn es gelingt, diese negative Korrelation zu brechen. Dies konnte erstmals mit der Sorte Herkules realisiert werden. Sie erreicht die höchsten Doldenzahlen pro Aufleitung bei einem gleichzeitig mittleren 1000-Doldengewicht. Der Grünhopfenertrag liegt somit um knapp 50 % über dem Mittelwert der anderen vier Sorten. Dies entspricht in etwa dem Ertragsvorsprung der Sorte Herkules, den sie seit der Zulassung im Jahre 2006 in der Praxis erreicht hat.

Um es einer Hopfenpflanze zu ermöglichen, solche Ertragsfortschritte zu erzielen, müssen eine Reihe weiterer Merkmale im Optimalbereich liegen. Herkules erzielt mit knapp 11 kg Gewicht pro Aufleitung die höchsten Ganzpflanzenerträge und gleichzeitig mit 48 % den höchsten Anteil Dolden am Gesamtgewicht. Diese Sorte benötigt somit zur Erzeugung von 1 kg Dolden nur etwas mehr als 1 kg Restpflanze, während die Sorte Hallertauer Magnum bei einem Doldenanteil von lediglich 38 % immerhin mehr als 1,6 kg Restpflanze benötigt, um 1 kg Dolden zu erzeugen. Die Reduktion des Anteils an „unproduktiver Pflanzenmasse“ ist züchterisch das effektivste Mittel, um Erträge zu steigern.

Herkules erreicht zusätzlich das höchste Gewicht der Seitenäste. Die Gesamtlänge der Seitenäste beträgt 94 m und liegt um bis zu 88 % über der Gesamtlänge der Seitentriebe anderer Sorten. Mit Abstand die geringste Länge der Seitentriebe weist die kegelförmige (bis zylindrische) Sorte Hallertauer Taurus auf. Da diese schwächer wüchsige Sorte nur eine mittlere Seitentrieblänge von 43 cm erreichte und nur Seitentriebe mit einer Länge von über 20 cm erfasst wurden, ergibt sich eine Gesamtlänge der Seitenäste von lediglich 50 m.

Obwohl Saphir mit 102 Dolden je Seitenast den absoluten Spitzenwert erreicht, bringt ein Seitenast von Herkules mit 40 g Dolden deutlich mehr Hopfen. In Kombination mit der höchsten Gesamtzahl der Nodien pro Rebe (999) im Vergleich zu den anderen Sorten ergibt sich das enorm hohe Ertragspotential.

Betrachtet man sich nun die Doldenverteilung der 10 Segmente über die gesamte Aufleitung hinweg, so ergeben sich ebenfalls deutliche Sortenunterschiede. Ideal wäre ein möglichst homogener Behang, bei dem auch der untere Rebenbereich einen erheblichen Anteil zum Gesamtertrag beiträgt. Den gleichmäßigsten Behang weisen die Sorten Hallertauer Tradition, Hallertauer Magnum und Herkules auf. Der Anteil der Rebenbasis liegt aber dennoch nur bei maximal 10 % des Gesamtertrages. Die kopfbetonte Sorte Saphir bildet mit lediglich 2 % an der Basis deutlich zu wenige Dolden aus. Sorten, die prozentual deutlich mehr Dolden an der Basis ausbilden (19 % bei Hallertauer Taurus), besitzen in der Regel eine zu schwache Wüchsigkeit. Sie bilden deshalb im oberen Rebenbereich und im Kopf zu wenige Dolden aus, um Spitzenerträge zu realisieren.

Die Mehrzahl der Dolden konzentriert sich bei den anderen untersuchten Hopfensorten im oberen Teilabschnitt der Aufleitungen. Da in diesem Bereich auch das höchste 1000-Doldengewicht erreicht wird, liegt der Gesamtanteil am Ertrag sogar noch höher. Die günstigste Verteilung der Dolden über die gesamte Aufleitung hinweg weist Herkules auf. Im mittleren Rebenabschnitt wird bereits ein Drittel der Dolden gebildet und im oberen Rebenbereich liegt der Anteil unter 50 %. Im Kopfbereich scheint ein Doldenanteil von etwas über 10% optimal zu sein. Denn ein Doldenanteil in Höhe von 17 % im Kopf bei Saphir zeigt bereits einen zu hohen Wert an.

Bei der Doldenverteilung von innen nach außen zeigt Hallertauer Taurus das günstigste Bild. Nur diese Sorte erreicht beim äußeren Teil der Seitentriebe einen Anteil von über 25 %. Bei Hallertauer Magnum werden in diesem Bereich lediglich 16 % der Dolden gebildet. Unter Berücksichtigung der geringen Gesamtdoldenzahl und der starken Belaubung ist dies eine Erklärung dafür, warum bei dieser Sorte der Ertrag so schwer zu schätzen ist.

7.2.3 Hopfeninhaltsstoffe

In der vorliegenden Arbeit wurde weltweit erstmals detailliert untersucht, ob die Gehalte der relevanten Hopfeninhaltsstoffe in allen Rebenbereichen auf dem gleichen Niveau liegen oder ob deutliche Unterschiede zu verzeichnen sind. Bei den Alphasäuren und den Betasäuren (nicht dargestellt) ergibt sich eine deutliche Steigerung der Gehalte von unten nach oben. An der Rebenbasis werden je nach Sorte nur relativ 74 – 88 % der Alphasäuregehalte des oberen Bereiches erreicht. Der relativ größte Abfall der Werte ist bei Hallertauer Tradition und Herkules zu verzeichnen. Die geringste Reduktion ergab sich bei der Sorte Hallertauer Taurus. Bei dieser schwächer wüchsigen Sorte werden die Aufleitungen im oberen Bereich zumeist schlanker. Dadurch kann das Licht besser in den Bestand eindringen und die Dolden werden bei der Ausdoldung besser versorgt. Dies belegen ebenso die Daten beim 1000-Doldengewicht. Auch bei diesem Merkmal ist der Abfall bei Hallertauer Taurus am geringsten.

Bei der horizontalen Betrachtung der Alphasäuregehalte sind die Unterschiede deutlich geringer. Hier ist lediglich bei Hallertauer Tradition und Herkules ein Abfall der Werte im äußeren Bereich der Aufleitungen um relativ 10 – 12 % zu verzeichnen. Vergleicht man alle 10 Abschnitte insgesamt, so findet man in der Regel die niedrigsten Gehalte an wertgebenden Inhaltsstoffen im Zentralbereich der Basis und die höchsten Gehalte im inneren, oberen Bereich der Aufleitungen.

Bei den Sorten Hallertauer Tradition, Saphir und Hallertauer Taurus sind die gemessenen Schwankungen der Ölgehalte in den einzelnen Bereichen der Aufleitungen ähnlich wie bei den Alphasäuregehalten. Bei Hallertauer Magnum gibt es im Bereich der Basis einen erheblich stärkeren Rückgang. Nur bei Herkules ist sogar im unteren und mittleren Bereich ein deutlich geringerer Ölgehalt zu verzeichnen. Bei der vertikalen Betrachtung zeigt nur Herkules in den äußeren Bereichen deutlich geringere Ölgehalte in den Dolden.

Die Daten der Inhaltsstoffe belegen einmal mehr die Heterogenität des Naturproduktes Hopfen. Die gemessenen Werte schwanken von Rebenabschnitt zu Rebenabschnitt ganz erheblich. Zusätzlich konnte ein deutlicher Sorteneinfluss auf die Variabilität der Merkmale nachgewiesen werden. Ganz entscheidend für die Gewinnung aussagekräftiger Analysendaten ist somit die Probenahme. Für die Züchtung und die produktionstechnische Beratung heißt dies, dass Probebeerntungen mittels Handpflücke kleiner Doldenmuster kaum sichere Aussagen ermöglichen. Am Hopfenforschungszentrum in Hüll wird schon seit vielen Jahren nur mit „Vollbeerntungen“ gearbeitet. Darunter versteht man, dass bei Sämlingen stets die gesamte Aufleitung und bei Parzellenversuchen eine möglichst große Stichprobe mit der Pflückmaschine geerntet wird. Nur so ist es möglich, Erträge sicher zu bestimmen und repräsentative Doldenmuster für die Analytik zu gewinnen.

7.3 Zusammenfassung

Um mehr Informationen über den Ertragsaufbau des Hopfens zu erhalten, wurden in der vorliegenden Arbeit die charakteristischen Hopfenmerkmale von fünf bedeutenden, deutschen Hopfensorten (HT/SR/HM/TU/HS) ermittelt. Hierfür wurden in den Jahren 2007 und 2008 von jeder Sorte zwölf Aufleitungen (Wiederholungen) von Hand beerntet. Die Aufleitungen wurden dabei in zehn verschiedene Bereiche untergliedert. Hierbei wurden folgende Merkmale erfasst:

- Doldenanzahl
- Doldengewicht
- „1000“-Doldengewicht
- Doldenvolumen
- Grüngewicht Restpflanze
- Seitenastlänge und Nodienzahl
- Nodienzahl der Aufleitungen
- α -Säuregehalt
- β -Säuregehalt
- Xanthohumolgehalt
- Ölgehalt

Die in der Arbeit untersuchten Sorten sind grundsätzlich sehr verschieden. Deshalb gibt es eine enorme Schwankungsbreite bei den erfassten Merkmalen. Auch innerhalb einer Sorte gibt es zum Teil große Unterschiede.

Hinsichtlich des Ertrages spielt der obere Rebenbereich die entscheidende Rolle. An diesem Rebenteil befinden sich i. d. R. die meisten und zugleich schwersten Dolden. Außerdem ist oben der wertbestimmende α -Säuregehalt z. T. wesentlich höher als an den unteren Rebenetagen. Auch der Ölgehalt ist an den oberen Rebenabschnitten höher.

Den signifikant höchsten Ertrag erbringt die Sorte Herkules. Ausschlaggebend sind die überragende Behangstärke bei gleichzeitig mittlerem 1000-Doldengewicht und die günstige Doldenverteilung über die gesamte Aufleitung hinweg.

Die gewonnenen Daten können in der gesamten Hopfenforschung vielfältig verwendet und genutzt werden. Sie geben einen großen Überblick über die Vielfältigkeit der wichtigsten Hopfenmerkmale und Sorten.

Literaturverzeichnis

Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (1980): Jahresbericht Hopfen, S. 32 - 38

Cernea, S. (2000): Variability of characters and correlations at hop. Buletin, Vol. 54, S. 11 - 16

Cernea, S. (2002): Experimental results concerning variability of several quantitative characters in hop. Buletin, Vol. 57, S. 107 - 114.

CMA (2005): Die Seele des Bieres - Hopfen aus Deutschland

Kohlmann & Kastner (1975): Der Hopfen-Verlag, Verband deutscher Hopfenpflanzer, Wolnzach

Linke & Rebl (1950): Der Hopfenbau