

# Über den Einfluß von Gibberellinsäure auf Blüten- und Doldenbildung beim Hopfen (*Humulus lupulus* L.)

F. ZATTLER und P. CHROMETZKA

Deutsche Gesellschaft für Hopfenforschung e. V., Hüll, und Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz, München

## The Influence of Gibberellic Acid on the Flower and Cone Development in Hop (*Humulus lupulus* L.)

**Summary.** The treatment of the three hop-varieties 'Saazer', 'Hüller Anfang' and 'Hallertauer' with gibberellic acid caused a decrease of the 1000-cone weight, but an increase in cones of each plant.

With 'Hüller Anfang' and 'Hallertauer' there was a decrease in  $\alpha$ -acid content, in the 'Saazer' variety it remained equal, only when it was treated by the dosage 10 ppm, times two, an increase in  $\alpha$ -acid content resulted.

The organoleptic valuation of the cones showed a decrease in quality especially in respect to cone size, lupulin content and delicacy of aroma. In the 'Hüller Anfang' variety a high percentage of cock hops resulted also.

Under the influence of gibberellic acid the development of the hop plant is prolonged, so that the ripening of cones is retarded. Early and middle-early varieties thus become middle-early and late varieties.

The female flower is somewhat retarded in development; in the extreme case this leads to complete suppression of all flower parts and a tendency to reduce the female inflorescence to the original leaf shoot. Moreover, the hybrid variety 'Hüller Anfang' formed monoecious plants. The origin of monoecious plants is discussed.

The different reactions to treatment with gibberellic acid of the several varieties are caused by the differing stages of plant development at the time of treatment.

### 1. Einleitung und Literaturübersicht

NASH und MULLANEY (1960) berichten erstmals über die Anwendung von Gibberellinsäure auf wachsende Hopfenpflanzen in Melbourne (Australien). Sie fanden, daß das Gewicht der einzelnen Dolden bis zu einer Behandlung mit 50 ppm sowie die Zahl der Dolden bis zu einer Behandlung mit 12,5 ppm anstiegen; dagegen verringerte sich der Gehalt an Alpha-Säuren und an Gesamtharzen durch die Gibberellinsäure recht erheblich.

Im Gegensatz dazu stehen die Untersuchungen von STEVENS, ROBERTS und WILLIAMS (1961), wonach das 100-Doldengewicht schon 15 Tage nach der Behandlung stark absank; bis zur Ernte hin waren kaum noch Unterschiede im Erntegewicht sowie im Gehalt an Alpha-Säuren und an Gesamtweichharzen vorhanden; ein leichter Anstieg war jedoch beim Hopfenöl zu bemerken.

ROBERTS und STEVENS (1962) versuchen, diese Unterschiede auf klimatische Faktoren und auf die in Australien praktizierte künstliche Bewässerung zurückzuführen. Wieweit sie sortenbedingt sind, wird nicht erwähnt; diese Möglichkeit ist jedoch nicht auszuschließen, da NASH und MULLANEY mit einer triploiden Lokalsorte 'Pride of Ringwood', STEVENS, ROBERTS und WILLIAMS aber hauptsächlich mit der Sorte 'Bullion', später auch mit 'Fuggle' arbeiteten.

In Versuchen von HARTLEY (1965 und 1966) mit verschiedenen Hopfensorten trat durch die Behandlung mit Gibberellinsäure in der Regel eine Vermehrung der Anzahl der Dolden bei gleichzeitiger Verkleinerung derselben ein. Beim Ertrag ergaben sich hinsichtlich der Sorte, aber auch hinsichtlich des Zeitpunktes der Behandlung bemerkenswerte Unterschiede: Von den in der Zeit vom 25. Mai bis 9. Juni in ungefähr wöchentlichem Abstand jeweils nur einmal durchgeführten Spritzungen mit 5 ppm Gibberellinsäure führte die Behandlung vom 9. Juni bei der Sorte WFT2 zu einer Ertragssteigerung von 22%

und bei der Sorte Bullion die Behandlung vom 25. Mai zu einer Steigerung von 9%. Der Gehalt an Alpha-Säuren wurde in den Versuchsreihen bei beiden Sorten nicht beeinflusst.

In weiteren Untersuchungen von ZIMMERMANN, BROOKS und LIKENS (1964) im Hopfenbau von Oregon (USA) an befruchtetem 'Fuggle'-Hopfen, wobei zu sechs verschiedenen Wachstumsstadien drei verschiedene Konzentrationen der Gibberellinsäure angewandt wurden, ergab sich bei frühzeitiger Behandlung im „5 foot stage“ eine Zunahme des Ertrages, verbunden mit einer Verkleinerung der Dolden. Die Art des Doldenbehanges war nicht so gedrängt, so daß es bei der mechanischen Pflücke im Vergleich zu den Kontrollpflanzen weniger beschädigte Dolden gab. Behandlungen zu Anfang der Blüte und bei beginnender Doldenbildung lieferten kleinere und schwerer pflückbare Dolden mit langen Doldenblättchen an den Zweigenden. In einer Versuchsreihe mit neun verschiedenen Anwendungszeiten führte die Behandlung während der Ausdoldung zu einer Vergrößerung der Dolden. Behandlungen bis zum allgemeinen Erntezeitpunkt beeinflussten den Gehalt an Alpha-Säuren und den Ölgehalt nicht, spätere Anwendungen bewirkten jedoch eine Zunahme.

Um die Wirkung der Gibberellinsäure (Kalisalz der Gibberellinsäure = „GA<sub>3</sub>“) auf wachsende Hopfenpflanzen unter unseren Bedingungen zu untersuchen und um eventuelle Sortenunterschiede zu erfassen, besprühten wir drei Hopfensorten: 'Saazer' (mittelfrüh, in der Hallertau sehr frühreifend), 'Hüller Anfang' (frühreif) und 'Hallertauer' (mittelfrüh). Die jeweils mehrjährigen Pflanzen standen in einem Versuchsgarten\* nahe beieinander, so daß die Umwelteinflüsse gleich waren.

\* Der bei Wolnzach im Hopfenanbaugebiet Hallertau gelegene Versuchsgarten gehört zum Hopfenversuchsgut Hüll der Deutschen Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.

Tabelle 1. Verabfolgung der Gibberellinsäurebehandlungen

	5 ppm	10 ppm
1 Hallertauer (Kontrolle)	—	—
2 Hallertauer	12.6.; 19.6.; 27.6.; 3.7.	—
3 Hallertauer	12.6.; 27.6.	—
4 Hallertauer	—	12.6.; 19.6.; 27.6.; 3.7.
5 Hallertauer	—	12.6.; 27.6.
6 Saazer (Kontrolle)	—	—
7 Saazer	12.6.; 19.6.; 27.6.; 3.7.	—
8 Saazer	12.6.; 27.6.	—
9 Saazer	—	12.6.; 19.6.; 27.6.; 3.7.
10 Saazer	—	12.6.; 27.6.
11 Hüller Anfang (Kontrolle)	—	—
12 Hüller Anfang	12.6.; 19.6.; 27.6.; 3.7.	—
13 Hüller Anfang	12.6.; 27.6.	—
14 Hüller Anfang	—	12.6.; 19.6.; 27.6.; 3.7.
15 Hüller Anfang	—	12.6.; 27.6.

Am 12. 6. 1963 (Pflanzen etwa  $\frac{3}{4}$  Gerüsthöhe = 5–6 m hoch) wurden 0,25 l, bei allen weiteren Behandlungsterminen 0,5 l Spritzflüssigkeit je Pflanze aufgewendet.

## 2. Material und Methode

Je fünf Pflanzen der Sorten 'Hallertauer', 'Saazer' und 'Hüller Anfang' wurden mit 5 bzw. 10 ppm zweimal bzw. viermal in Abständen von 8 und 14 Tagen behandelt. Die Spritzungen erfolgten, wie aus Tabelle 1 hervorgeht, vom 12.6.1963 bis zum 3.7.1963. Zu diesem Zeitpunkt wurde die Behandlung eingestellt, da bei den Pflanzen bereits die Doldenbildung einsetzte.

## 3. Beobachtungen während der Vegetationsperiode

Eine erste Beobachtung am 10. 7. 1963 ergab eine Verzögerung der Blütenbildung, die am deutlichsten bei den mit 10 ppm in 8tägigem Rhythmus gespritzten Pflanzen hervortrat. Die Blütenstandsachse war teilweise stark verlängert, so daß die Blüten einen flatterigen Eindruck machten. Bei der Sorte 'Hüller Anfang' trat bei den mit 10 ppm behandelten Pflan-



Abb. 1. Sorte: Hallertauer — phot. 27.8.1963.  
— Doldenverlaubung bei Anwendung von  
Gibberellinsäure 5 ppm, 4 x

zen ein Wechsel von der für *Humulus lupulus* normalerweise charakteristischen Diözie zur Monözie ein, wobei die ♀ und ♂ Blütenstände dicht nebeneinander gebildet wurden. Am stärksten war diese Erscheinung bei den in 8tägigem Turnus behandelten Pflanzen wahrnehmbar.

Die Seitenarme waren entsprechend den einzelnen Konzentrationen verlängert; das Laub war heller grün, gleichzeitig aber waren deutlich mehr Blattanlagen zur Entwicklung gekommen als bei den unbehandelten Kontrollen, so daß die behandelten Pflanzen einen buschigen Eindruck machten. Die zahlreicher gebildeten Blätter wiesen größtenteils die ungeteilte,

herzförmige Jugendform auf.

Bei einer zweiten Beobachtung am 17. 8. 1963 zeigten sich im Vergleich zu den Kontrollpflanzen beim 'Hallertauer' folgende Erscheinungen: Die Anzahl der Laubblätter hatte sich vermehrt, während die Dolden kleiner und weniger ausgereift waren als Folge einer Verzögerung der Blütenbildung und gleichzeitigen Verlängerung der vegetativen Wachstumsphase. Bei allen behandelten Pflanzen traten Doldenverlaubungen auf, die teilweise bis zur Unterdrückung der Doldenblätter führten. Bei den Doldenverlaubungen wurden immer nur herzförmige Blätter (Jugendform) gebildet (Abb. 1).

Beim 'Saazer' sind die Blätter nicht in dem Maße vermehrt wie beim 'Hallertauer'. Die Blütenstandsachsen waren teilweise bis zu 15 cm in die Länge gezogen, wobei die Doldenblätter in der Entwicklung stark gehemmt und die Spindelinternodien sehr verlängert erschienen.

Am stärksten auf die Behandlung mit Gibberellinsäure hat die Sorte 'Hüller Anfang' angesprochen. Die Störung der Blüten- und Doldenbildung umfaßte alle möglichen Stadien bis zur völligen Auflösung der Blüte; im Endstadium entwickelten sich an den Blütenstandsachsen nur noch die Laubblattanlagen (Abb. 2). Unter dem Einfluß der Gibberellinsäure vollzieht sich also interessanterweise eine ± deutliche Rückführung des weiblichen Blütenstandes und seiner einzelnen Blütenorgane in den ursprünglichen beblätterten Sproß. (Über den weiblichen Blütenstand des Hopfens siehe W. KUPPER, 1933.) Bei den Konzentrationen 5 ppm in 8tägigem und 10 ppm in 8- und 14tägigem Rhythmus gespritzt, trat in starkem Maße Monözie auf, wobei zunächst nur männliche Blüten auftraten und die weiblichen jeweils erst am Ende der Blütenrispe erschienen (Abb. 3). Die männlichen Blüten enthielten Antheren, deren Pollenkörner sich nach der Reduktionsteilung nicht weiter entwickelten und nicht zur Reife gelangten; dagegen waren alle anderen Zellen der Antheren voll ausgebildet. Die weiblichen Blüten wiesen befruchtungsfähige Samenanlagen auf. Die Zeitdauer der Blüte erstreckte sich über fast acht

Wochen und war gegenüber den unbehandelten Versuchspflanzen mehr als verdoppelt. Durch die Gibberellinsäure war bei 'Hüller Anfang' schließlich auch noch die Doldenverlaubung besonders augenfällig; fast jede zweite Dolde war von dieser Erscheinung betroffen.

#### 4. Beobachtungen bei der Ernte und Untersuchungen am Erntegut

##### a) Ernteergebnisse

Am 21. 8. 1963 wurde aus den einzelnen Versuchsreihen je eine vergleichbare Pflanze geerntet. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 2 enthalten.

Wie aus der Tabelle hervorgeht, ist die *Anzahl der Dolden je Pflanze* durch die Behandlung zumeist angestiegen; bei der Sorte 'Hallertauer' war dies stets der Fall, wobei sich im Versuchsglied 2 (5 ppm; 4 x) die Doldenzahl fast um das Dreifache erhöhte. Der 'Saazer' dagegen reagierte im allgemeinen am schwächsten, und hier rief die Dosierung 10 ppm eine Verminderung der Doldenzahl hervor.

Das 1000-Doldengewicht ist bei allen behandelten Pflanzen abgesunken, am stärksten beim 'Hallertauer' und beim 'Saazer', wodurch die Verkleinerung der Dolden unter dem Einfluß von Gibberellinsäure zum Ausdruck kommt.

Eine Zunahme des *Gewichtes der ganzen Pflanze* — vor allem durch die Vermehrung der Blattmasse — trat beim 'Hallertauer' und 'Hüller Anfang' durch die Dosierung 5 ppm, 4 x ein; die höhere Konzentration und häufigere Anwendung führte aber zu einer deutlichen Verminderung. Hervorzuheben ist, daß bei der unter den Witterungsbedingungen der Hallertau besonders früh reifenden Saazer Sorte stets eine starke Verminderung des Pflanzengewichtes eintrat.

##### b) Handbonitierung

Die Handbonitierung der Dolden nach Punkten erfolgte nach der Standardmethode der Wissenschaftlichen Kommission des Europäischen Hopfenbaubüros (erreichbare Höchstpunktezahl = 100 Punkte), wobei folgende Eigenschaften beurteilt werden: Pflücke, Trockenheitszustand, Farbe und Glanz, Zapfenwuchs, Lupulingehalt und Lupulinbeschaffenheit sowie Aroma. Von der Punktsomme dieser „wertgebenden Eigenschaften“ werden gegebenenfalls Minuspunkte für bestimmte Mängel abgezogen, wobei im vorliegenden Falle nur die Doldenverlaubung in Betracht kam. Das Ergebnis der Handbeurteilung zeigte, daß in keinem Falle ein Versuchsglied die Punktzahl der unbehandelten Kontrollen erreichte. Die Wertminderung durch die Gibberellinsäurebehandlung wird vor allem beim Zapfenwuchs und Lupulingehalt sowie durch die Verschlechterung des Aromas herbeigeführt. Besonders hoch ist der Wertabfall bei der frühen Sorte 'Hüller Anfang' (mit Minuspunkten für die starke Doldenverlaubung) sowie fer-



Abb. 2. Sorte: Hüller Anfang — phot. 8.8.1963. — Zunehmende Auflösung der weiblichen Blütenstände; im Endstadium entwickeln sich an den Blütenstandsachsen nur noch die Laubblattanlagen. Gibberellinsäure 10 ppm, 4 x

ner bei der unter den örtlichen Bedingungen besonders frühen Saazer Sorte.

##### c) Bestimmung der Alpha-Hopfenbittersäuren

Die Bestimmung der Alpha-Säuren erfolgte zunächst am 19. 8. 1963 an drei Proben von *Grünhopfen* aus den Versuchsgliedern des 'Hallertauer' (Tabelle 3) nach der konduktometrischen Methode von HARTONG (HARTONG, JANSEN und MENDLIK 1956/57). Schon diese informatorische Untersuchung zeigt, daß der Gehalt an Alpha-Säuren durch die Gibberellinsäurebehandlung absinkt, am stärksten bei der höchsten Konzentration.

Die Bestimmung der Alpha-Säuren beim *Trockenhopfen* wurde am 5. 12. 1963 für alle Versuchsglieder



Abb. 3. Sorte: Hüller Anfang — phot. 8. 8. 1963. — Monözie bei Anwendung von Gibberellinsäure 10 ppm, 4 x

Tabelle 2. *Ergebnisse der Ernte der einzelnen Versuchsreihen*

	Gewicht der Pfl. in kg	% von unbeh.	1000- Dolden- gewicht in g	% von unbeh.	Anzahl Dolden je Pfl.	% von unbeh.	Gewicht der Dolden je Pfl. kg	% von unbeh.
1 Hallertauer unbehandelt	5,950	100,0	697	100,0	3833	100,0	2,400	100,0
2 Hallertauer 5 ppm; 4 x	7,130	120,0	247	35,4	10265	267,8	3,040	126,7
3 Hallertauer 5 ppm; 2 x	5,800	97,4	450	64,8	5551	144,8	2,420	100,8
4 Hallertauer 10 ppm; 4 x	6,070	102,0	292	41,9	6190	161,5	1,850	77,1
5 Hallertauer 10 ppm; 2 x	5,030	84,5	356	51,1	4415	115,2	1,870	77,9
6 Saazer unbehandelt	7,400	100,0	633	100,0	4170	100,0	2,620	100,0
7 Saazer 5 ppm; 4 x	6,240	84,3	281	44,4	5080	121,8	1,480	56,5
8 Saazer 5 ppm; 2 x	6,970	92,8	408	64,5	4363	104,6	1,815	69,3
9 Saazer 10 ppm; 4 x	5,830	78,8	390	61,6	3104	74,4	1,140	43,5
10 Saazer 10 ppm; 2 x	5,570	75,3	467	73,8	3778	90,6	1,690	64,5
11 Hüller Anfang unbehandelt	5,250	100,0	690	100,0	2493	100,0	1,730	100,0
12 Hüller Anfang 5 ppm; 4 x	5,970	113,7	644	93,3	2858	110,6	1,770	102,3
13 Hüller Anfang 5 ppm; 2 x	4,800	91,4	636	92,2	2269	91,0	1,470	85,0
14 Hüller Anfang 10 ppm; 4 x	6,130	116,8	458	66,4	2546	102,1	1,095	63,9
15 Hüller Anfang 10 ppm; 2 x	6,250	119,0	602	87,2	3128	125,5	1,700	98,3

Die Gewichtsangaben (1000-Doldengewicht und Gewicht der Dolden je Pflanze) beziehen sich auf das Grüngewicht.

Tabelle 3. *Alpha-Säuren im Grünhopfen*  
(Bestimmung nach HARTONG)

	Alpha-Säuren
Hallertauer unbehandelt	6,1
Hallertauer 5 ppm; 2 x	5,6
Hallertauer 10 ppm; 4 x	4,8

Tabelle 4. *Alpha-Säuren im Trockenhopfen* (Bestimmung  
nach HARTONG)

	Proben-Nr.	% Alpha- Säuren wfr.
Hallertauer	1 Kontrolle	4,8
	2 5 ppm; 4 x	3,7
	3 5 ppm; 2 x	4,1
	4 10 ppm; 4 x	2,8
	5 10 ppm; 2 x	3,5
Saazer	6 Kontrolle	4,4
	7 5 ppm; 4 x	4,4
	8 5 ppm; 2 x	4,3
	9 10 ppm; 4 x	4,3
	10 10 ppm; 2 x	5,1
Hüller-Anfang	11 Kontrolle	4,3
	12 5 ppm; 4 x	2,9
	13 5 ppm; 2 x	3,4
	14 10 ppm; 4 x	3,0
	15 10 ppm; 2 x	3,7

durchgeführt. Tabelle 4 zeigt die Abnahme der Alpha-Säuren beim 'Hallertauer' und 'Hüller Anfang' in eindeutiger Weise auf; am klarsten sind hier die Ergebnisse beim 'Hallertauer': stärkste Abnahme bei 5 ppm und 10 ppm je 4 x gespritzt, schwächere Abnahme bei 5 und 10 ppm je 2 x gespritzt. In gleicher Weise, doch nicht ganz so regelmäßig, ist die Abnahme beim 'Hüller Anfang' abhängig von der Konzentration und der Häufigkeit der Behandlung.

Ganz anders dagegen liegen die Ergebnisse beim 'Saazer'. Hier ist keine Verminderung des Gehaltes an Alpha-Säuren aufgetreten, wohl aber eine Zunahme bei 10 ppm 2 x gespritzt.

### 5. Diskussion der Ergebnisse

Die vorstehend dargelegten Untersuchungen zur Wirkung der Gibberellinsäure auf die Blüten- und Doldenbildung der drei Hopfensorten 'Hallertauer', 'Saazer' und 'Hüller Anfang' zeigen Übereinstimmung sowohl mit den Ergebnissen von NASH und MULLANEY (lit. cit.) als auch mit den davon abweichenden von STEVENS, ROBERTS und WILLIAMS (lit. cit.) sowie ferner mit den Untersuchungen von ZIMMERMANN, BROOKS und LIKENS.

NASH und MULLANEY erhielten bei der Sorte 'Pride of Ringwood' eine Abnahme des Gehaltes an

Alpha-Säuren und Gesamtweichharzen. Eine Abnahme des Gehaltes an Alpha-Säuren konnten wir beim 'Hallertauer' und beim 'Hüller Anfang' ebenfalls feststellen, dagegen verringerte sich bei unseren Versuchen das Gewicht der Dolden im Gegensatz zu den Untersuchungen von NASH und MULLANEY.

Übereinstimmend mit den Ergebnissen von STEVENS, ROBERTS und WILLIAMS und zum Teil auch mit denen von ZIMMERMANN, BROOKS und LIKENS bei den Sorten 'Bullion' und 'Fuggle' fanden wir ein Gleichbleiben oder eine leichte Zunahme des Gehaltes an Alpha-Säuren bei unseren Versuchen an der Sorte 'Saazer'. Außerdem konnten wir gleichfalls eine Abnahme des Doldengewichtes und des Ertrages, und zwar bei allen unseren Versuchssorten, feststellen.

Auf Grund unserer Ergebnisse dürften die unterschiedlichen Befunde der genannten Autoren weniger auf klimatischen Faktoren beruhen als vielmehr durch die sortenmäßige Verschiedenartigkeit des Versuchsmaterials bedingt sein, worauf auch ZIMMERMANN und Mitarbeiter hinweisen.

Bei den drei hier verwendeten Versuchssorten, dem bei uns sehr frühreifenden 'Saazer', dem frühen 'Hüller Anfang' und dem mittelfrühen 'Hallertauer', sind die Unterschiede im 1000-Doldengewicht und im Gehalt an Alpha-Säuren durch die Verzögerung der Entwicklung unter dem Einfluß der Gibberellinsäure unter Berücksichtigung der Verschiedenheit der Reifezeit der einzelnen Sorten zu erklären.

Der 'Saazer' und auch der 'Hallertauer' blühte unter unseren Klimabedingungen etwas später als der 'Hüller Anfang'. Bei der ersten Behandlung am 12. 6. 1963 war also 'Hüller Anfang' entwicklungsmäßig am weitesten. Bei dieser Sorte wurde das 1000-Doldengewicht am wenigsten vermindert, d.h. je weiter zur Blüte hin die Pflanzen bei unserer Behandlung mit Gibberellinsäure entwickelt waren, desto längere Zeit hatten sie danach zur Reife, wodurch ein schädlicher Einfluß der Behandlung ausgeglichen werden konnte. Lediglich die hohe Konzentration (10 ppm, 4 x gespritzt) verursachte stärkere Schäden. Die Verminderung des 1000-Doldengewichtes ist beim 'Hallertauer' am höchsten: diese Sorte blüht länger als der 'Saazer' und braucht für die Reife ebenfalls längere Zeit. Zum Zeitpunkt der Ernte war daher offenbar die Ausbildung der Dolden noch nicht vollendet.

Von der Blüte zur Reife braucht der 'Saazer' die kürzeste Zeit; ihm folgt der 'Hüller Anfang' und dann erst der 'Hallertauer'. Gleichsinnig verläuft die prozentuale maximale Abnahme des Gehaltes an Alpha-Säuren bei den drei Versuchssorten: der 'Saazer' hatte bis zur Ernte am 21. 8. 1963 soweit aufgeholt, daß nur noch ein maximaler Verlust an Alpha-Säuren von 2,3% resultierte; beim 'Hüller Anfang' machte die Reifeverzögerung dagegen schon einen Verlust von 32,6% aus und beim 'Hallertauer' sogar 41,7%.

Durch die Gibberellinsäurebehandlung werden beim Hopfen aus frühen und mittelfrühen also mittelfrühe bzw. späte Sorten.

In diese Richtung zeigen auch die Ergebnisse von STEVENS, ROBERTS und WILLIAMS, bei deren Versuchen 43 Tage nach der Anwendung der Gibberellinsäure die behandelten Pflanzen den gleichen Gehalt an Alpha-Säuren aufwiesen wie die Kontrollpflanzen. Nach 57 und 72 Tagen fanden sie einen höheren Gehalt an Alpha-Säuren bei den behandelten Pflan-

zen. Hier kommt wohl schon die Wirkung einer Überreife der unbehandelten Pflanzen hinzu, wodurch der Gehalt an Alpha-Säuren wieder absinkt (ZATTLER 1964). Auch bei unseren Versuchen mit der Sorte 'Saazer' steigt der Gehalt an Alpha-Säuren bei den Pflanzen, die mit 10 ppm 2 x behandelt wurden, bis zur Ernte über den Wert der unbehandelten Pflanzen.

Die Frage, warum die experimentelle Monözie nur bei der Kreuzungssorte 'Hüller Anfang', nicht aber bei den beiden anderen Sorten auftrat, bedürfte weiterer Versuche zur Klärung. Es wäre denkbar, daß unter dem Einfluß der Gibberellinsäure die weiblichen Blütenanlagen gehemmt und dafür die männlichen in der Entwicklung gefördert werden, wie dies von anderen Wuchsstoffen bekannt ist (SÖDING 1952, HESLOP-HARRISON 1956).

HESLOP-HARRISON konnte bei den ebenfalls diözischen Hanfpflanzen (*Cannabis sativa*) durch Behandlung mit Naphthylselessigsäure die Ausbildung männlicher Blüten an männlichen Pflanzen zugunsten weiblicher unterdrücken. Der Autor folgert daraus, daß das Optimum an Wuchsstoffen für die Ausbildung weiblicher Blüten höher ist als das zur Entwicklung männlicher Blüten. Bei unseren Versuchen mit Gibberellinsäure zu Hopfen fanden wir das Gegenteil: Ausbildung männlicher Blüten an rein weiblichen Pflanzen. SHANMUGAVELU (1965) berichtet über eine Steigerung des Auxingehaltes in den Pflanzen durch Gibberellinsäure, und auch AUDUS (1959, S. 44 ff.) erörtert das Zusammenspiel von Wuchsstoffen und Gibberellinsäure in der Pflanze. Trifft Gleiches auch für *Humulus lupulus* zu, dann würde hier — umgekehrt wie bei *Cannabis sativa* — durch einen höheren, durch die Gibberellinsäurebehandlung entstandenen Wuchsstoffgehalt die Ausbildung der männlichen Blüten begünstigt.

Beim Hopfen werden die männlichen Blüten stets früher gebildet als die weiblichen; die an männlichen Pflanzen gelegentlich auftretenden weiblichen Blütenstände werden jeweils zuletzt angelegt, wenn die Bildung der männlichen Blüten bereits abgeschlossen ist. Die Ausbildung der männlichen Blüten beim Hopfen trägt also ein höheres Wuchsstoffniveau als die Ausbildung der weiblichen, da ganz allgemein beim Übergang von der vegetativen in die generative Phase (also mit zunehmendem Alter der Pflanze) der Gehalt an abfingbarem Wuchsstoff in der Pflanze absinkt (SÖDING, S. 31).

Eingehendere Untersuchungen über die Geschlechtsänderung bei *Cannabis sativa* unter dem Einfluß von Gibberellinsäure teilt KÖHLER (1964) mit. Nach seinen Angaben werden nur die geschlechtlich labilen, für den männlichen Charakter heterozygoten Weibchen (also Pflanzen, die statt mit XX mit XX<sub>M</sub> ausgestattet sind) des invers diözischen Hanfes zu einer Geschlechtsänderung veranlaßt.

Da beim Anbau unserer Kreuzungssorten gelegentlich, wenn auch selten, monözische Pflanzen, aber mit überwiegend weiblichem Charakter auftreten, wäre es denkbar, daß die Sorte 'Hüller Anfang' eine derart geschlechtlich labile Kreuzungssorte darstellt, die unter dem Einfluß eines höheren Wuchsstoffniveaus (wie es durch die Anwendung von Gibberellinsäure in der Pflanze entstanden ist) zur Monözie neigt.

Über die Beeinflussung des Geschlechtes der Blüten bei monözischen Pflanzen berichten GALUN (1959) und SHIFRIS (1961). GALUN erzielte an Gurkenpflanzen durch Behandlung mit Gibberellinsäure eine Zunahme der männlichen Blüten, SHIFRIS konnte den Anteil der weiblichen Blüten bei *Ricinus communis* durch Gibberellinsäurebehandlung steigern. Die Wirkung eines höheren Wuchsstoffniveaus in der Pflanze auf die Ausbildung männlicher oder weiblicher Blüten ist demnach artspezifisch, worauf auch die Unterschiede in der Reaktion auf die Gibberellinsäureanwendung zwischen dem Hopfen und dem Hanf hinweisen.

Auch die Entstehung von verlaubten Dolden, die Auflockerung der Blüten und die Auflösung der Blütenstände bis zur völligen Unterdrückung der Blütenblätter wird durch die Wirkung der Gibberellinsäure als Streckungswuchsstoff hervorgerufen, wodurch die vegetative Phase (Streckungswuchs) gefördert, die generative Phase (Blütenbildung) verzögert wird. Durch die Verzögerung der Blütenbildungsphase aber gewinnt die Pflanze Zeit zur Ausbildung weiterer Blütenanlagen, wodurch die Zunahme der Dolden gegenüber den unbehandelten Kontrollen zu erklären wäre. ZIMMERMANN und Mitarbeiter denken an eine Steigerung der Mitosen während der Blütendifferenzierung und versuchen, damit eine Erklärungsmöglichkeit für die Zunahme der weiblichen Blüten zu finden. BERNIER, BRONCHART and JACQMARD (1964, dort auch weitere Literatur) konnten in der Tat unter dem Einfluß von Gibberellinsäure eine Zunahme der Mitosen bei *Perilla nankinensis* und in schwächerem Maße bei *Rudbeckia bicolor* feststellen, woraus bei *Rudbeckia* das anschließende Blühen der Pflanze resultierte. Diese Autoren erwähnen indes nichts über eine Zunahme der Blütenbildung unter dem Einfluß der Gibberellinsäure und stellen außerdem fest, daß jede Pflanzenart eine unterschiedliche Reaktion auf die Gibberellinsäurebehandlung zeigen könne. Eine Erklärung für die Zunahme der Blüten und damit der Dolden bei der Anwendung von Gibberellinsäure zu Hopfen in der Vorblütenphase wird daher nicht allein in einem Ansteigen der Mitosehäufigkeit zu suchen sein; auch die Verlängerung der Blütenbildungszeit durch Hinauszögern der vegetativen Phase wird eine Rolle spielen, wobei zu diesem Zeitpunkt die gesteigerte Mitosehäufigkeit blütenbildenden Einfluß haben kann.

Die Ergebnisse von ZIMMERMANN und Mitarbeitern, die durch eine Behandlung mit  $GA_3$  im Doldenstadium eine Vergrößerung der Dolden erzielten, sind wohl ebenso durch die Wirkung der Gibberellinsäure als Streckungswuchsstoff zu erklären. SÖDING (S. 38 ff.) berichtet ausführlich über die Wirkung von Wuchsstoffen aus Pollen, Samenanlagen und befruchteten Samen, wodurch eine Förderung des Streckungswachstums von Blütenteilen in fast allen Fällen stattfindet. Diese Wirkung kann durch künstliche Wuchsstoffzufuhr ersetzt werden (künstliche stimulative Parthenokarpie).

### Zusammenfassung

Die Behandlung der drei Hopfensorten 'Saazer', 'Hüller Anfang' und 'Hallertauer' mit Gibberellin-

säure ergab eine Verminderung des 1000-Doldengewichtes, aber eine Zunahme der Dolden je Pflanze.

Beim 'Hüller Anfang' und beim 'Hallertauer' nahm der Gehalt an Alpha-Säuren durch die Behandlung ab; bei der Saazer Sorte blieb er gleich bis auf die Dosierung 10 ppm, 2 x, wodurch eine Erhöhung eintrat.

Bei der Handbonitierung der Dolden ergab sich eine Wertminderung besonders hinsichtlich Zapfenwuchs, Lupulingehalt und Feinheit des Aromas, wozu beim 'Hüller Anfang' noch eine starke Doldenverlaubung hinzukommt.

Die Entwicklungsdauer der ganzen Pflanze wird unter dem Einfluß von Gibberellinsäure in die Länge gezogen, so daß die Doldenreife verzögert wird. Aus frühen und mittelfrühen werden dadurch mittelfrühe bzw. späte Hopfensorten.

Die weibliche Blüte wird in ihrer Ausbildung teilweise gehemmt; im Extremfall führt dies zu einer Unterdrückung aller Blütenorgane mit der Tendenz zur Rückführung des ♀ Blütenstandes in den ursprünglichen beblätterten Laubspieß. Die Kreuzungssorte 'Hüller Anfang' reagierte außerdem mit der Bildung monözischer Blütenstände. Die Entstehung der Monözie wird diskutiert.

Die unterschiedlichen Reaktionen auf die Gibberellinsäurebehandlung bei den einzelnen Sorten sind auf die verschiedenen Entwicklungszustände zum Zeitpunkt der Behandlung zurückzuführen.

### Literatur

1. AUDUS, L. J.: Plant Growth Substances. London: Leonard Hill 1959. — 2. BERNIER, G., R. BRONCHART and A. JACQMARD: Action of gibberellic acid on the mitotic activity of the different zones of the shoot apex of *Rudbeckia bicolor* and *Perilla nankinensis*. *Planta* (Berl.) **61**, 236—244 (1964). — 3. GALUN, E.: Effects of gibberellic acid and naphthalene-acetic acid on sex expression and some morphological characters in the cucumber plant. *Phyton* **13**, 1—8 (1959). — 4. HARTLEY, R. D.: The Year's Work: Chemistry. In: Department of Hop Research, Annual Report, 1965, 1966. Wye College (University of London), 1966, 1967. — 5. HARTONG, B. D., H. E. JANSEN and F. MENDELIK: Int. Tijdschr. voor Brouw. en Mout. (1956/57). Siehe auch: Pawlowski-Schild: Die brautechnischen Untersuchungsmethoden. 8. Aufl. Nürnberg: Verlag Hans Carl (1961). — 6. HESLOP-HARRISON J.: Auxin and Sexuality in *Cannabis sativa*. *Physiol. Plant.* **9**, 588—597 (1956). — 7. KÖHLER, D.: Veränderung des Geschlechts von *Cannabis sativa* durch Gibberellinsäure. *Ber. dtsch. bot. Ges.* **77**, 275—278 (1964). — 8. KUPPER, W.: Der Hopfen (*Humulus lupulus* L.). *Pharma-Medico* **2**, Nr. 3, 63—71 (1933). — 9. NASH, A. S., and P. D. MULLANEY: Commercial application of gibberellic acid to hops. *Nature* (London) **185**, 25 (1960). — 10. ROBERTS, J. B., and R. STEVENS: The effect of gibberellic acid on the growth of hops. *Journ. Inst. Brewing* **68**, 247—250 (1962). — 11. SHANMUGAVELU, K. G.: Effect of gibberellic acid on endogenous auxins in plants. *Curr. Sci.* **34**, 186—187 (1965). — 12. SHIFRIS, O.: Gibberellin as sex regulator in *Ricinus communis*. *Science* **133**, 2061—2062 (1961). — 13. SÖDING, H.: Die Wuchsstofflehre. Stuttgart: Georg Thieme-Verlag 1952. — 14. STEVENS, R., J. B. ROBERTS and I. H. WILLIAMS: Treatment of hops (*Humulus lupulus* L.) with gibberellic acid. *Nature* (London) **191**, 360—362 (1961). — 15. ZATTLER, F.: Neue Untersuchungen während der Reifung des Hopfens über seinen Gehalt an Alpha-Bittersäuren. *Brauwissenschaft* **14**, 233—240 (1961). — 16. ZIMMERMANN, C. E., S. N. BROOKS and S. T. LIKENS: Gibberellin  $A_3$ -induced growth responses of Fuggle hops (*Humulus lupulus* L.). *Crop Science* **4**, 310—313 (1964).