

Institut für Phytopathologie Aschersleben der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR

Heribert Egon SCHMIDT und Heidelore WÖLBING

Stand und Perspektive der Produktion von virusfreiem Hopfen

Zur Deckung des wachsenden Bedarfs der Brauindustrie mit dem Rohstoff Hopfen ist die Erhöhung der Hopfenproduktion bei guter Qualität unerlässlich. Übereinstimmend mit internationalen Erfahrungen über die Schädwirkungen von Virusinfektionen des Hopfens (SPAAR und SCHMIDT, 1981) ist erwiesen, daß gesundes, virusgetestetes Pflanzgut zu den Grundvoraussetzungen hoher Produktionsleistungen im Hopfenbau zählt.

1. Anerkennung von Vermehrungsbeständen

Wie in anderen Ländern unterliegt die Fehserzeugung in der DDR der staatlichen Kontrolle. Bis zum Zeitpunkt der Anerkennung von Vermehrungsflächen müssen diese jährlich von sichtbar erkrankten Hopfenpflanzen bereinigt sein. Diese Maßnahme wurde in der TGL Nr. 12149 (o. V., 1979) festgelegt. Rationelle Methoden der negativen Selektion wurden teils in Kooperation mit der ČSSR entwickelt. In der Praxis erfolgt die

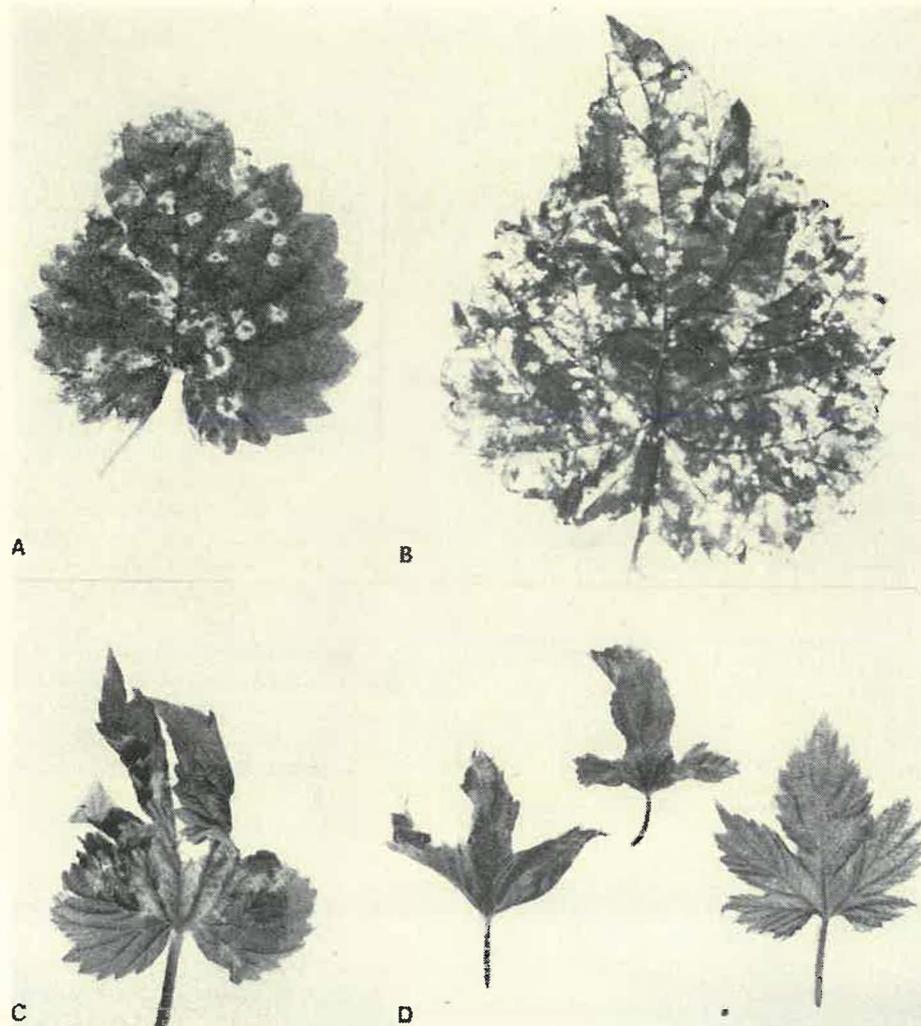


Abb. 1: Symptome von Hopfenviren
A: Ring- und Bandmosaik
B: Hopfenmosaik
C: Blattrißfleckigkeit
D: Nesselkrankheit

Bestandesbereinigung auf Grund der Sichtbonitur von Krankheitssymptomen (Abb. 1). Die Vernichtung erkrankter Pflanzen trug zur Verbesserung des Gesundheitszustandes und des Ertragspotentials von Hopfenbeständen bei. Infolge der Symptommaskierung bzw. des Totalbefalls der in der DDR zugelassenen Sorten durch latente Viren sind diesem Verfahren Grenzen gesetzt. Zu den Viren gehören Hopfenstämme des Virus der Nekrotischen Ringfleckenkrankheit der Kirsche (*Prunus necrotic ringspot virus*, PNRSV), das Rosenmosaik-Virus (rose mosaic virus, RMV, syn. apple mosaic virus), das Hopfenmosaik-Virus (hop mosaic virus, HMV) und ein stäbchenförmiges, latentes Hopfen-Virus (hop latent virus, HLV) aus der Carla-Virusgruppe.

2. Erzeugung virusfreien Hopfenpflanzgutes

Aus vollständig befallenen Hopfensorten kann man virusfreie Mutterpflanzen gewinnen. Diese müssen zukünftig die Grundlage zur Fehserproduktion bilden. Am Institut für Phytopathologie Aschersleben (IfP Aschersleben) wurde die erforderliche Technologie erprobt (SCHMIDT u. a., 1975). Die Verfahrensschritte sind in Abbildung 2 dargestellt.

Durch Warmluftbehandlung (Abb. 3A) und Triebspitzenbewurzelung gelang bisher die Eliminierung des RMV, PNRSV, Arabis-Mosaik-Virus (Arabid mosaic virus, AMV) und mit geringerem Erfolg des HMV bzw. äußerst selten des HLV aus befallenen Hopfenpflanzen. Die Ergebnisse wurden an 21 Sorten einschließlich Klonen erzielt. Die 2 letztgenannten Viren können jedoch wirksamer mit Hilfe der Spitzenmeristemkultur-Technik ausgeschaltet werden. Diese erstmalig in Großbritannien erfolgreich beim Hopfen angewandte Methode (VINE und JONES, 1969) bildet neben der Wärmetherapie das Standardverfahren für die Produktion virusfreien Hopfens. Der Kulturerfolg hängt von der Zusammensetzung des Nährmediums und von Umweltfaktoren ab. Sogar die Materialbeschaffenheit der Kulturgefäße hat einen Einfluß auf das Wachstum der Spitzenmeristeme (EPPLER, 1980).

Der Anteil gesunder Hopfenjungpflanzen ist am höchsten, wenn die möglichst langfristige Wärmeeinwirkung (35 bis 37 °C, 2 bis 4 Wochen, Temperatur und Einwirkungszeit rich-

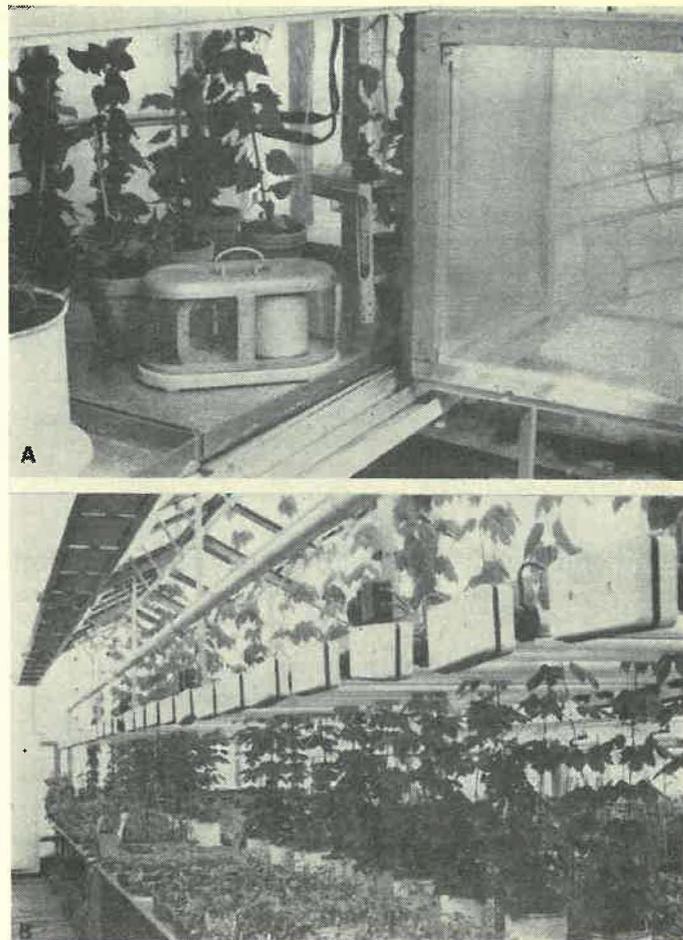


Abb. 3: Gewinnung virusfreien Hopfens
A: Wärmekammer B: Vermehrung unter Ausschluß von Vektoren

ten sich nach der Wärmeverträglichkeit der Hopfensorten) mit der Spitzenmeristemkultur kombiniert wird. Unsere am Beispiel der Hopfensorten 'Brewers Gold', 'Northern Brewer', 'Bullion', 'Fuggle N', 'Petham Golding', 'Wye Cobb' und mit anderen Sorten gesammelten Erfahrungen wurden durch weitere Versuchssteller (ADAMS 1975; BODE u. a., 1975) bestätigt. Selten auftretende Viren oder ein in Japan verbreitetes Hopfenstauche-Viroid (SASAKI und SHIKATA, 1978) sind im Rahmen der Fehserproduktion durch Vernichtung infizierter oder auf dem Wege der Auslese gesunder Hopfenstöcke einzuschränken.

Die Selektion virusfreier oder solcher virusarmer Hopfenpflanzen, welche lediglich noch das HLV enthalten, wird auf der Grundlage spezieller Testverfahren (TGL Nr. 22800/03; o. V., 1973) vorgenommen. Die Sicherheit der serologischen Diagnose von Hopfenviren wurde inzwischen mit Hilfe des ELISA-Tests verbessert (THRESH u. a., 1977). Der Weltstand an Erkenntnissen über spontan auftretende und eliminierbare Hopfenviren ist in Tabelle 1 zusammengefaßt. Erwähnt sei, daß die Abgrenzung des in der Sowjetunion beschriebenen Mosaikchlorose-Virus des Hopfens (hop mosaic chlorosis virus, HMCV) von anderen Carlaviren nicht gesichert ist. Mit sporadisch am Hopfen vorkommenden Viren, die bereits durch Virustestung und negative Auslese bekämpft werden können, wurden Wärmetherapie- oder Spitzenmeristemversuche bisher nicht durchgeführt.

3. Aufbau virusgetesteter Mutterpflanzenbestände

Die Anzucht virusfreien Hopfens des Mutterpflanzenkernbestandes erfolgt unter Ausschluß von Vektoren (Abb. 3B). Zur Massenvermehrung eignen sich Methoden der Stecklingsbewurzelung (SCHMIDT u. a., 1975b; GMELCH, 1981).

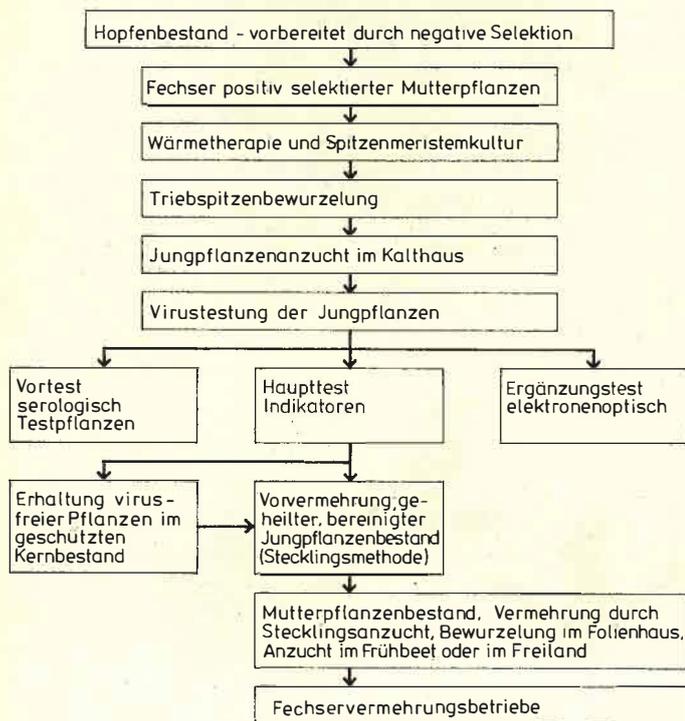


Abb. 2: Schema der Sanierung virusverseuchter Hopfensorten durch negative Selektion und Therapiemaßnahmen

Tabelle 1

Methoden zur Eliminierung von 14 Hopfenviren

spontan auftretende Viren	Wärme-therapie	Spitzenmeristemkultur	Virus-testung	Quellennachweis
PNRSV	+	+	+	SCHMELZER und SCHMIDT (1977)
RMV	+	+	+	SCHMELZER und SCHMIDT (1977)
HMV	+	+	+	SCHMELZER und SCHMIDT (1977)
HLV	-	+	+	SCHMELZER und SCHMIDT (1977)
AMV	+	+	+	SCHMELZER und SCHMIDT (1977)
TRV	(-)	(-)	+	SCHMELZER und SCHMIDT (1977)
HMCV	(-)	(-)	+	SCHMELZER und SCHMIDT (1977)
HCV	(-)	(-)	+	SALMON und WARE (1930)
HYNV	(-)	(-)	+	LEGG und ORMEROD (1960)
RBDV	(-)	(-)	+	CADMAN (1963)
HYLBV	(-)	(-)	+	TALBOYS (1964)
ALMV	(-)	(-)	+	NOVAK und LANZOVA (1976)
TBSV	(-)	(-)	+	NOVAK und LANZOVA (1976)
TNV	(-)	(-)	+	ALBRECHTOVA u. a. (1979)

+ = eliminierbare Viren; +* = Sanierung gelingt bei geringer Befallshäufigkeit; -* = Pflanzen nur sehr selten heilbar; (-) = nicht geprüft

TRV = Tabakringfleck-Virus (tobacco ringspot virus); HCV = Chlorose-Virus des Hopfens (hop chlorotic disease virus); HYNV = Hopfengelbnetz-Virus (hop yellow net virus); RBDV = Himbeerzwergebush-Virus (raspberry bushy dwarf virus); HYLBV = Virus der Gelben Blattfleckung des Hopfens (hop yellow leaf blotch virus); ALMV = Luzernmosaik-Virus (alfalfa mosaic virus); TBSV = Tomatenzwergebush-Virus (tomato bushy stunt virus); TNV = Tabaknekrose-Virus (tobacco necrosis virus)

Nicht bei allen Hopfensorten oder -klonen führt die Stimulierung der Wurzelbildung mittels Indolylbuttersäure (200 ppm, 10 bis 20 min Einwirkungszeit) zum erwünschten Ergebnis. In diesen Fällen müssen andere Bewurzelungsvarianten geprüft werden. Die aus bewurzelten Hopfenstücken entstandene sogenannten Wurzelballenfechser werden in Fechserlieferbetrieben zu Mutterpflanzenbeständen aufgepflanzt. In den siebziger Jahren wurden mehrere derartiger Betriebe mit virusfreien und virusarmen Wurzelballenfechsern von in der DDR zugelassenen Sorten beliefert (Tab. 2). Das virusgetestete Material entstammte früheren Versuchen zur Wärmetherapie und Spitzenmeristemkultur, die mit ertragreichen, jedoch latent infizierten Hopfenpflanzen durchgeführt wurden. Die Vermehrung des Pflanzgutes und die Umstellung der Produktion auf gesunde Hopfenbestände erfolgten bisher im Vergleich mit anderen Ländern zu langsam.

Neuinfektionen virusfreien Hopfens durch das RMV, PNRSV oder durch das AMV wurden in einem 10jährigen Kulturversuch und in langjährig geprüften Mutterpflanzenbeständen, z. B. der Sorte 'Bullion', nur selten oder nicht festgestellt. So betrug die Reinfektionsrate nach 8jähriger Anbaudauer lediglich 3,2 % (SCHMIDT u. a., 1981). Hieraus resultiert die nachhaltige Wirkung der Virussanierung. Diese wird allerdings nur dann erreicht, wenn größere Flächenkomplexe in Größenordnungen von 1 bis 5 ha mit virusgetestetem Material bepflanzt werden. An den Hopfenstandorten Görtschen (Kr. Naumburg) und Prosigk (Kr. Köthen), wo virusfreie Mutterpflanzenquartiere in 2 oder 3 Pflanzreihen angelegt und von verseuchtem Hopfen im Isolierabstand von lediglich 3 m umsäumt wurden, betrug die Reinfektion durch das RMV nach 10jähriger Kulturdauer entsprechend den Ergebnissen der im Frühjahr 1982 vorgenommenen Testung bereits mehr als 50,0 Prozent. Weitaus höher ist die Infektionshäufigkeit virusfreien Hopfens durch das HMV und das HLV nach der Auspflanzung unmittelbar neben infizierten Beständen zu beziffern. Diese Viren werden nichtpersistent durch die Hopfenblattlaus (*Phorodon humuli* Schrk.), das HLV außerdem durch die Schwarze Bohnenlaus (*Aphis fabae* Scop.) übertragen. Jedoch unter den Bedingungen eines nur schwachen Infektionsdruckes, die beispielsweise durch die Anbauisolierung geschaffen werden, ist der Befall durch das HMV in vertretbar niedriger Grenze zu halten (SCHMIDT u. a., 1981).

Virusfreie Fechser wurden im letzten Jahrzehnt mit praktischem Nutzeffekt in Großbritannien, in den USA und in der BRD für die Hopfenproduktion erzeugt (SCHMIDT u. a.,

Tabelle 2

Für Vermehrungszwecke in der Praxis* übergebene Mutterpflanzenfechser

Mutterpflanzenbestand	Sorte	Anzahl übergebener Wurzelballenfechser
Prosigk	'Nordischer Brauer'	500
Görtschen	'Nordischer Brauer'	500
Gävernitz	'Nordischer Brauer'	500
Rehmsdorf	'Nordischer Brauer'	300
Rehmsdorf	'Bullion'	6 630
Rehmsdorf	'Saladin'	60
Heringen	'Saladin'	50
Heringen	'Bullion'	700
Aschersleben	'Bullion'	2 630
Luttewitz	'Bullion'	2 050
Kohren-Salis	'Bullion'	3 000
Kohren-Salis	'College Cluster'	300
Beesenstedt	'Bullion'	5 090
Großenehrich	'Bullion'	11 240
Striegnitz	'Bullion'	11 700
Schleinitz	'Bullion'	1 000

* frei vom Nesselkrankheitskomplex und von folgenden Viren:

AMV, PNRSV, RMV, HMV, ALMV sowie weiteren Viren, teilweise auch vom HLV

1975a). Die ökonomischen Vorteile rechtfertigen den Aufwand für das relativ leicht zu vermehrende Pflanzgut.

4. Schlussfolgerungen

- 4.1. Analog zu anderen vegetativ vermehrten landwirtschaftlichen oder gärtnerischen Kulturen bildet die Erzeugung virusfreien oder zumindest virusarmen Ausgangsmaterials eine wichtige Intensivierungsmaßnahme zur Erhöhung der Bitterstoffträge im Hopfenbau.
- 4.2. Entscheidend für die möglichst langfristige Gesunderhaltung von Mutterpflanzenbeständen ist die richtige Standortwahl:
 - Die zur Fechservermehrung vorgesehenen Flächen des Virussanierungsprogramms müssen frei sein von NEPO-Viren (z. B. AMV).
 - Der Isolierabstand zu verseuchten Hopfenbeständen und Wildhopfenpopulationen hat mindestens 1 000 m zu betragen, um die Reinfektion durch blattlausübertragbare Viren zu verringern.
 - Ein aus phytosanitärer Sicht noch besserer Lösungsweg sollte mit der Vermehrung getesteter Fechser in Gesundheitslagen von Spezialbetrieben angestrebt werden.
 - Über die Wirksamkeit der Vektorenbekämpfung bei der Gesunderhaltung von Mutterpflanzenbeständen des Hopfens müssen noch Erfahrungen gesammelt werden.
- 4.3. Im Zeitraum bis zum Jahre 1990 sollten nur noch getestete virusfreie oder virusarme Hopfensorten neu zum Anbau zugelassen werden. Letztere dürfen allenfalls latent durch die in der Praxis bisher schwer zu bekämpfenden Carlaviren infiziert sein.
- 4.4. Die Umstellung der Produktion auf virusgetesteten Hopfen muß beschleunigt werden. Durch die konsequente Nutzenanwendung moderner Methoden der Viruseliminierung, -testung und -prophylaxe sowie durch die Massenvermehrung in ausgewählten Pflanzgutproduktionsbetrieben soll zukünftig die bedarfsgerechte Versorgung der Praxis mit gesunden Hopfenfechsern gewährleistet sein.

5. Zusammenfassung

Durch Wärmetherapie, Spitzenmeristemkultur und Virustestung können 14 natürlich im Hopfen (*Humulus lupulus* L.) vorkommende Viren eliminiert werden. Im Hinblick auf zukünftige Aufgabenstellungen werden Schlussfolgerungen zur Vermehrung und Langzeitkultur virusfreien Hopfens gezogen.

Резюме

Состояние и перспективы производства безвирусной хмели

При помощи термотерапии, культур меристемы верхушек и тестирования вирусов можно ликвидировать 14 вирусов, встречающихся в насаждениях хмели. С учетом будущих заданий сделают заключения относительно размножения и длительной культуры безвирусной хмели.

Summary

State and perspective in producing virus-free hop plants

Using heat therapy meristem tip culture and virus indexing methods 14 viruses naturally occurring in hops (*Humulus lupulus* L.) can be eliminated. In view of futural aspects con-

clusions for the propagation and long time healthy cultivation of virus-free hop are given.

Das Literaturverzeichnis kann bei den Autoren angefordert werden

Anschrift der Verfasser:

Dr. H. E. SCHMIDT
H. WÖLBING
Institut für Phytopathologie Aschersleben der
Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR
DDR 4320 Aschersleben
Theodor-Roemer-Weg

Institut für die Gärungs- und Getränkeindustrie Berlin

Ursula SCHMIDT

Bedeutung und Auftreten von Pilzkrankheiten im Hopfen

1. Einleitung

Von den im Hopfenbau der DDR vorkommenden pilzlichen Schaderregern gelten nur zwei als wirtschaftlich bedeutsam, der Falsche und der Echte Mehltau, wobei dem Falschen Mehltau (*Pseudoperonospora humuli* Miyabe. et Tak.) die größere Bedeutung zukommt.

Bereits 1924 wurde der Falsche Mehltau erstmalig in Deutschland festgestellt und brachte 1926 den Hopfenbau in der Hallertau fast zum Zusammenbruch (KOHLMANN u. a., 1969). Seitdem kam es immer wieder trotz Anwendung vorbeugender Kupferspritzmittel zu *Peronospora*-Kalamitäten.

Mit dem Beginn des Hopfenbaus in der DDR 1950 trat der Falsche Mehltau vorwiegend als Sekundärinfektion an den Saazer Sortenherkünften auf. Die Einführung der gegen Pilzkrankheiten sehr anfälligen Sorte 'Nordischer Brauer' Mitte der 60er Jahre begünstigte die Verbreitung des Falschen Mehltaus, wobei an dieser Sorte bereits durch Primärinfektion erheblicher wirtschaftlicher Schaden entstehen kann.

Der in den 70er Jahren verstärkte Anbau von Sorten englischer Herkunft ('Nordischer Brauer', 'Bullion') sowie veränderte Anbautechnik trugen zur Verbreitung des Echten Mehltaus (*Sphaerotheca humuli* [D. C.] Burr.) bei. Dieser Schaderreger trat im Hopfenbau der DDR erstmalig 1973 auf und führte 1974 und 1975 auf einigen Standorten zu erheblichen Ertragseinbußen. Seitdem blieb er auf bestimmte Standorte beschränkt, auf denen er je nach Witterungsbedingungen immer wiederkehrt.

Als weitere Pilzkrankheit des Hopfens sei die Hopfenwelke genannt, die erstmalig 1966 in einem Hopfenbestand des Bezirkes Leipzig auftrat. Weitere Befallsherde wurden erst 1980 und 1981, bedingt durch feucht-kalte Witterung in den Monaten Juni und Juli, festgestellt.

Als Erreger der Hopfenwelke gelten die bodenbürtigen Pilze *Verticillium albo-atrum* (Reinke et Berth.) und *Verticillium dahliae* (Kleb.). Eine sofort eingeleitete stichprobenartige Untersuchung von Hopfenböden in allen hopfenbauenden Bezirken der DDR ergab einen allgemein verbreiteten latenten Befall mit *Verticillium*-Arten, jedoch zeigten sich nur vereinzelt

Welkeerscheinungen auf den Standorten, die günstige Entwicklungsbedingungen für den Pilz wie stauende Nässe, Bodenverdichtungen und eine anfällige Sorte (wie z. B. 'Saladin') aufwies. Die Hopfenwelke kann unter bestimmten Voraussetzungen zu einem gefährlichen Schaderreger im Hopfen werden. Die bereits angeführten Bodenuntersuchungsergebnisse weisen auf diese Möglichkeit hin. Eine ständige Kontrolle und Überwachung der Hopfenbestände erscheint deshalb unbedingt notwendig.

2. Charakterisierung des Falschen und des Echten Mehltaus

2.1. Schadbild und Biologie des Falschen Mehltaus

Die Primärinfektion des Falschen Mehltaus äußert sich bei der Hauptsorte 'Nordischer Brauer' bereits beim Austrieb des Hopfens durch eine deutliche Aufhellung bzw. Gelbfärbung der befallenen Triebe, eine Verkürzung der Internodien und damit Stauchung des gesamten Triebes, so daß es zur Bildung der sogenannten „Bubiköpfe“ kommt, die im Verlaufe der Infektion einen schwarzen Pilzrasen auf der Unterseite der Blätter entlang der Blattadern zeigen und ihr Wachstum einstellen. Tritt die Primärinfektion später auf, erscheinen die Haupt- und Seitentriebe gelblich gestaucht, die Triebspitzen verlieren ihr Windevermögen, so daß die befallenen Triebe starr vom Draht wegstehen. Später wird schwärzlicher Pilzrasen auf der Blattunterseite sichtbar. Bei der durch Sommersporen verursachten Sekundärinfektion verfärben sich die Blätter und Blüten braun, vertrocknen und fallen ab. Ein Befall der Zapfen führt zur Braunfärbung, Flattrigkeit und Verlust von Lupulin, dem bitternden Bestandteil des Hopfenzapfens.

Die Schadwirkung des Falschen Mehltaus kann sich also sowohl in einer Verminderung der ertragsbildenden Triebanzahl und damit Schwächung der Pflanze durch Primärinfektion als auch in einem Blatt- und Zapfenbefall durch Sekundärinfektion äußern. Beides führt zu starken Ertrags- und Qualitätsverlusten.

Die Primärinfektion der jungen Hopfentriebe im Frühjahr kann durch Wintersporen, die am oder im Boden überwintern,