

Laufende Forschungsvorhaben

1. Steigerung der Trocknungsleistung und Qualitätsverbesserung von Hopfen in Bandtrockner (ID 5382)

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung , AG Hopfenbau, Produktionstechnik (IPZ 5a)
Finanzierung:	Erzeugergemeinschaft HVG e. G.
Projektleitung:	J. Portner
Bearbeitung:	J. Münsterer
Kooperation:	Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Christian Euringer, Geisenfeld-Gaden Hopfenbaubetriebe in der Hallertau
Laufzeit:	2015 – 2017

Ziel

Beim Bandtrockner soll durch eine gezielte Regelung der Luftgeschwindigkeit und der Trocknungstemperatur im vorderen Drittel des oberen Trocknungsbandes die Trocknungsleistung deutlich gesteigert und häufig auftretende Qualitätsbeeinträchtigungen vermieden werden. Dazu sind technische Umrüstungen bzw. Optimierungen der Luftführungssysteme notwendig.

Anhand einer Strömungssimulation konnten die Strömungsverhältnisse im Bandtrockner aufgezeigt werden. Die Auswertung ergab, dass durch den Einbau von Lochblechen zwischen den Trocknungsbändern eine gleichmäßigere Luftverteilung über die Trocknungsflächen auch bei höheren Luftgeschwindigkeiten erreicht werden könnte. Dies soll durch den Einbau und die Erprobung in einem bestehenden Bandtrockner unter Praxisbedingungen untersucht werden.

Methode

Auf der Grundlage von technischen Zeichnungen von Originalplänen sowie den Daten zu den installierten Heiz- und Gebläseleistungen simulierte die Firma HTCO GmbH aus Freiburg die Strömungsverhältnisse in einem praxisüblichen Bandtrockner. Entsprechend wurden in einem Praxisbandtrockner Lochbleche nach Vorgabe aus den Ergebnissen der Strömungssimulation zwischen den Bändern eingebaut. Mit Wärmebildtechnik und Data-Loggern wurde die Luft- und Temperaturverteilung im Bandtrockner während der Trocknung dokumentiert.

Ergebnis

Nach Einbau der Lochbleche erhöhte sich der Strömungswiderstand der eingeblasenen Trocknungsluft und es konnte eine gleichmäßigere Verteilung aus den seitlichen Luftzuführungen festgestellt werden. Dadurch war auch bei höheren Luftgeschwindigkeiten eine gleichmäßigere Luftverteilung gegeben. Durch die höheren Luftgeschwindigkeiten konnte in dem Bandtrockner mit den eingebauten Lochblechen zum Zeitpunkt der höchsten Wasserabgabe das freiwerdende Wasser schneller abgeführt werden als bei baugleichen Bandtrocknern ohne Lochbleche.

2. Modellvorhaben: „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“, Teilvorhaben „Hopfenanbau in Bayern“ (ID 5108)

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung , AG Hopfenbau, Produktionstechnik (IPZ 5a)
Finanzierung:	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Projektleitung:	J. Portner
Bearbeitung:	M. Lutz
Kooperation:	Julius Kühn-Institut (JKI) Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP) 5 Demonstrationsbetriebe (mit Hopfenbau) in der Hallertau
Laufzeit:	01.03.2014 – 31.12.2018

Ziel

Im Rahmen des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln wurde das bundesweit laufende Modellvorhaben „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ auf den Hopfenbau erweitert und 2014 in der Hallertau ein „Teilvorhaben Hopfenanbau in Bayern“ eingerichtet.

Ziel ist den chemischen Pflanzenschutzmitteleinsatz in Hopfen durch regelmäßige Bestandskontrollen und intensive Beratung auf das notwendige Maß zu begrenzen. Dabei sind die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes zu beachten und nichtchemische Pflanzenschutzmaßnahmen, soweit vorhanden und praktikabel, vorrangig anzuwenden.

Methodik und Maßnahmen

Auf fünf konventionellen Hopfenbaubetrieben in der Hallertau (Standorte: Geibenstetten, Buch, Einthal, Dietrichsdorf und Mießling) wurden je drei Demoschläge betreut, die eine durchschnittliche Fläche von 1-2 ha aufweisen. Die ausgewählten Sorten sind HA, HE, HM, HS, HT, PE und SR. Jeder Schlag wurde während der Vegetationsperiode wöchentlich bonitiert und der Befall mit Krankheiten und Schädlingen exakt ermittelt. Bei Bedarf wurde der Befall von Teilflächen extra erfasst. Die Projektbearbeiterin orientierte sich bei ihren Bekämpfungsempfehlungen an Schadschwellen, Warndiensthinweisen und Prognosemodellen.

Waren nichtchemische Behandlungen als mögliche Alternativen zum chemischen Pflanzenschutzmitteleinsatz vorhanden, wurden diese bevorzugt eingesetzt. Die gewonnenen Boniturdaten und der dafür benötigte Zeitaufwand sowie die durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen werden auf einer speziellen App oder in Online-Programmen erfasst und zur Auswertung ans JKI übermittelt.

Zur Veranschaulichung der Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes wurde ein Feldtag für interessierte Hopfenpflanzer auf dem Betrieb Kronthaler in Dietrichsdorf durchgeführt. Dabei wurden an verschiedenen Stationen die Einsatzmöglichkeiten der Sensortechnik im Pflanzenschutz und verschiedene Geräte zur Einarbeitung von Zwischenfrüchten vorgestellt. Zum Thema Bodenschutz wurde ein Regensimulator vorgeführt und die Mulchabdeckung im Feld bestimmt.

Die jährlich zu Erntebeginn stattfindende Pflanzenschutztagung für die Vertreter der Pflanzenschutzindustrie, Hopfenorganisationen und Fach- bzw. Zulassungsbehörden fand letztes Jahr auf dem Demonstrationsbetrieb Obster in Buch statt. Neben Fachvorträgen beeindruckte die Vorführung von Sprühgeräten im Hopfen mit und ohne Abdriftminderung.

Ergebnis

Die Beratung und Umsetzung der nicht chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen waren durchwegs erfolgreich. Die notwendigen chemischen Pflanzenschutzbehandlungen waren ebenfalls ausreichend mit einer Ausnahme: Bei einem Demonstrationsbetrieb wurde bei der Ernte ertragswirksamer Blattlausbefall in den Hopfendolden festgestellt, der durch eine zusätzliche Pflanzenschutzbehandlung zum Zeitpunkt der Blüte verhindert werden hätte können.

Der Feldtag und die Pflanzenschutzfachtagung fanden bei den Hopfenpflanzern und in Fachkreisen große Beachtung und waren eine überzeugende Demonstration des integrierten Pflanzenschutzes.

Auswertungen der Datenerfassungen liegen derzeit noch nicht vor. Damit können Aussagen zu möglichen Pflanzenschutzmitteleinsparungen durch die intensive Kontrolle und gezielte Beratung zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht gemacht werden.

3. Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettnanger

- Träger:** Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c) und AG Hopfenqualität/Hopfenanalytik (IPZ 5d)
- Finanzierung:** Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Baden-Württemberg
Hopfenpflanzerverband Tettnang; Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. (2011-2014)
- Projektleitung:** Dr. E. Seigner, A. Lutz
- Bearbeitung:** A. Lutz, J. Kneidl, D. Ismann und Züchtungsteam (alle IPZ 5c)
Dr. K. Kammhuber, C. Petzina, B. Wyschkon, M. Hainzmaier und S. Weihrauch (alle IPZ 5d)
- Kooperation:** Hopfenversuchsgut Straß des Landwirtschaftlichen Technologie-zentrums (LTZ), Baden-Württemberg, F. Wöllhaf
- Laufzeit:** 01.05.2011 - 31.12.2019

Ziel

Durch klassische Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettnanger soll eine Sorte entwickelt werden, die ein klassisch feines, dem Tettnanger ähnliches Aroma aufweist. Zugleich soll in den Neuzüchtungen Ertragspotenzial und Pilzresistenz im Vergleich zum ursprünglichen Tettnanger deutlich verbessert werden.

4. Entwicklung von leistungsstarken, gesunden Hopfen mit hohen Alphasäuregehalten und besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c)
Finanzierung:	Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
Projektleitung:	Dr. E. Seigner, A. Lutz
Bearbeitung:	A. Lutz, J. Kneidl, H. Grebmair und Züchtungsteam (alle IPZ 5c) Dr. K. Kammhuber, C. Petzina, B. Wyschkon, M. Hainzmaier und S. Weihrauch (alle IPZ 5d)
Kooperation:	Hopfenpflanzerverband Elbe-Saale e.V. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) Hopfenbetrieb Berthold
Laufzeit:	01.01.2016 - 31.12.2019

Ziel

Neue leistungsfähige und robuste Hopfenstämme sollen gezüchtet und getestet werden, die durch ihre hohen Alphasäuregehalte und ihre breiten Widerstandsfähigkeiten, insbesondere gegenüber Stockfäuleerregern, auch unter den speziellen Bedingungen des Anbaugebietes Elbe-Saale produziert werden können. Zur Umsetzung dieses Zieles werden zum einen Hoch-alpha-Zuchtstämme neu entwickelt und zum anderen bereits vorselektierte Stämme aus dem laufenden Hüller Hochalpha-Züchtungsprogramm im Elbe-Saale-Anbaugebiet von einem Pflanzler auf ihre Standorteignung geprüft.

5. Mehлтаuisolate und ihr Einsatz in der Mehлтаuresistenzzüchtung bei Hopfen

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c)
Finanzierung:	Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. (2013 – 2014; 2017-2018) Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G. (2015 - 2016)
Projektleitung:	Dr. E. Seigner, A. Lutz
Bearbeitung:	A. Lutz, J. Kneidl S. Hasyn (EpiLogic)
Kooperation:	Dr. F. Felsenstein, EpiLogic GmbH, Agrarbiologische Forschung und Beratung, Freising
Laufzeit:	01.01.2013 – 31.12.2018

Ziel

Gesteigerte Resistenz gegenüber Krankheiten, insbesondere gegenüber Echtem Mehltau ist nach wie vor oberste Priorität bei der Entwicklung neuer Zuchtsorten. Deshalb werden jedes Jahr Sämlinge aus allen Züchtungsprogrammen im Gewächshaus in Hüll und nachfolgend im Labor unter Nutzung eines Blatt-Testsystems auf Mehltairesistenz geprüft. Von EpiLogic, Agrarbiologische Forschung und Beratung, Freising, werden dazu Mehltairesolate mit allen aktuell bekannten Virulenzgenen für die verschiedenen Arbeiten rund um die Mehltairesistenzzüchtung bereitgestellt.

Beschreibung der Arbeiten

11 charakterisierte Einzelspor-Isolate von *Sphaerotheca macularis*, dem Echten Mehltaupilz bei Hopfen, werden alljährlich zusammen mit den Resistenztestsystemen im Gewächshaus und Labor für folgende Fragestellungen bzw. Untersuchungen eingesetzt:

- **Erhaltung der Mehltairesolate und Charakterisierung ihrer Virulenzeigenschaften**
- **Prüfung alle Sämlinge auf Mehltairesistenz im Gewächshaus in Hüll**
- **Prüfung der Mehltairesistenz mit dem Blatt-Testsystem im Labor von EpiLogic**
- **Beurteilung der Virulenzsituation im Anbaugebiet und Bewertung der Resistenzquellen mit dem Blatt-Testsystem**

Details zur Mehltairesistenzzüchtung unter

<http://www.lfl.bayern.de/ipz/hopfen/116878/index.php>



Resistenztest im Gewächshaus in Hüll mit Sämlingen aus den verschiedenen Züchtungsprogrammen. Hochanfällige Hopfen, sog. Inokulatorpflanzen, die mit für die Hallertau typischen Mehltairesstämmen infiziert sind, dienen als kontinuierliche Infektionsquelle für die jungen Sämlinge. Hier können die Sämlinge beweisen, wie widerstandsfähig sie gegenüber Echtem Mehltau sind.



Im Gewächshaus als mehltairesistent eingestufte Sämlinge werden bei EpiLogic im Labortest weiter geprüft. Dabei werden die Blätter mit weiteren Mehltairesolaten definierter Virulenzen beimpft und die Reaktion der Blätter im Vergleich zur hochanfälligen Sorte Northern Brewer begutachtet.

Tab. 0.1: Überblick zur Mehltaresistenztestung 2016 mit Mehltausisolaten definierter Virulenz

2016	Testung im Gewächshaus		Blatt-Test im Labor EpiLogic	
	Pflanzen	Boniturdaten	Pflanzen	Boniturdaten
Sämlinge aus 91 Kreuzungen	ca. 100.000 bei Massenselektion		-	-
Zuchtstämme	120	182	120	734
Sorten	18	44	7	50
Wildhopfen	3	6	3	17
Virulenzen Mehltausolate	-	-	11	603
Gesamt (Einzeltestungen)	141	232	141	1 404

Massenselektion in Pflanzschalen; Einzeltestungen = Selektion als Einzelpflanzen in Töpfen

6. Meristemkulturen zur Eliminierung von Viren – Schnellere Bereitstellung von virus-freiem Pflanzmaterial

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c)
Finanzierung:	Wissenschaftliche Station für Brauerei in München e.V.
Projektleitung:	Dr. E. Seigner und A. Lutz
Bearbeitung:	B. Haugg
Kooperation:	Dr. L. Seigner und Team IPS 2c (Virusdiagnostik)
Laufzeit:	01.07.2014 – 31.12.2016

Ziel

Als Teil der Qualitätsoffensive bei Hopfen hat virusfreies Pflanzmaterial seit Jahren große Bedeutung. Die Ergebnisse aus dem Virus- und Viroid-Monitoring der deutschen Hopfenbau-regionen und der Hüller Zuchtgärten (Seigner et al., 2014) belegen ganz klar, wie wichtig es ist, mit der Meristemkultur eine Technik zur Verfügung zu haben, über die Viren aus Pflanzmaterial eliminiert werden können. Ziel dieser Arbeiten ist es, diese biotechnologische Methode zur Bereitstellung von virusfreiem Hopfen deutlich zu beschleunigen.

Referenz

Seigner, L., Lutz, A. and Seigner, E. (2014): Monitoring of Important Virus and Viroid Infections in German Hop (*Humulus lupulus* L.) Yards. *BrewingScience - Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 67 (May/June 2014), 81-87.

7. Forschung und Arbeiten zur *Verticillium*-Problematik bei Hopfen

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen und (IPZ 5c) AG Hopfenbau/Produktionstechnik (IPZ 5a)
Finanzierung:	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
Projektleitung:	Dr. E. Seigner
Bearbeitung:	P. Hager, R. Enders (seit 01.04.2016), A. Lutz (alle IPZ 5c)
Kooperation:	Dr. S. Radišek, Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Slowenien Prof. B. Javornik, Universität Ljubljana, Slowenien Hopfenbau und Produktionstechnik, IPZ 5a
Laufzeit:	seit 2008 – 30.05.2020



Mit *Verticillium* infizierte Hopfenreben sterben ab. Im unteren Teil der mit dem Welkepilz infizierten Reben zeigen sich oft braunefarbte Wasserleitungsbahnen.

Ziel

Seit etwa 10 Jahren tritt in einigen Regionen der Hallertau verstärkt die *Verticillium*-Welke auf, die durch die Bodenpilze *Verticillium albo-atrum* (= *Verticillium nonalfalfae*) und in wenigen Fällen auch durch *Verticillium dahliae* verursacht wird. 2009 wurden erstmals aggressivere Welkepilze nachgewiesen (Seefelder et al., 2009), die auch bei früher als Welketolerant eingestuften Hopfensorten zu deutlichen Welkesymptomen und zum Absterben der Reben führen.

Da es keine direkte Bekämpfungsmöglichkeit von *Verticillium* über Pflanzenschutzmittel gibt, stellt der Welkepilz die Hopfenpflanzer wie auch die Hopfenforschung der LfL vor große Herausforderungen.

Ein entscheidender Baustein, um eine weitere Verbreitung des *Verticillium*-Welkepilzes zu verhindern, ist neben der Umsetzung von pflanzenbaulichen und phytosanitären Maßnahmen (siehe „Grünes Heft“) die Bereitstellung von *Verticillium*-freiem Pflanzgut.

8. Monitoring von gefährlichen Viroid-Infektionen an Hopfen in Deutschland

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz, AG Virologie (IPS 2c) und Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c)
Finanzierung:	Wissenschaftliche Station für Brauerei in München e.V.
Projektleitung:	Dr. L. Seigner, Institut für Pflanzenschutz (IPS 2c); Dr. E. Seigner, A. Lutz (IPZ 5c)
Bearbeitung:	L. Keckel, J. Hüttinger (IPS 2c); A. Lutz, J. Kneidl (IPZ 5c)
Kooperation:	Dr. S. Radišek, Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Slowenien AG Hopfenbau und Produktionstechnik, IPZ 5a AG Pflanzenschutz im Hopfenbau, IPZ 5b Hopfenberater vor Ort Hopfenring e.V. Praxisbetriebe Vermehrungsbetrieb Eickelmann, Geisenfeld
Laufzeit:	März - Dezember 2016

Ziel

Mit der Zielsetzung die deutsche Hopfenproduktion von Viroidinfektionen frei zu halten, wird in einem von der Wissenschaftlichen Station für Brauerei in München e.V. seit 2011 geförderten Projekt ein breitangelegtes Monitoring auf gefährliche Viroidinfektionen im deutschen Hopfenbau durchgeführt. Seit 2014 wird nicht nur auf das gefürchtete, in anderen Ländern wie USA, Slowenien, Japan, Korea, China bereits auftretende Hopfenstauche-Viroid (HpSVd), sondern auch auf das in Slowenien 2013 erstmals an Hopfen nachgewiesene, nicht weniger gefährliche Citrus viroid IV (CVd IV = Citrus bark cracking viroid, CBCVd) (Radišek et al. 2013) getestet.

Durch den weltweiten Austausch von Hopfenfechsern besteht die reelle Gefahr, dass die beiden Viroide in den deutschen Hopfenanbau eingeschleppt werden und erheblichen wirtschaftlichen Schaden verursachen. Die Viroide werden mechanisch sehr leicht innerhalb eines Bestandes sowie von Bestand zu Bestand verbreitet und sind durch Pflanzenschutzmaßnahmen nicht zu bekämpfen. Unser Monitoring zur Aufdeckung und Eliminierung primärer Befallsherde sowie zur Abklärung der Verbreitung dieser Pathogene ist daher als Vorbeugemaßnahme essenziell.

Methode

Die Proben stammten aus verschiedenen Anbauregionen Deutschlands von Praxisflächen wie auch von den Züchtungsgärten der LfL und einem Vermehrungsbetrieb. Auch Wildhopfen der Hüller Wildhopfensammlung wurden beprobt. Bevorzugt wurden dabei Pflanzen mit verdächtigem Erscheinungsbild ausgewählt. Zudem wurden ausländische Sorten sowie unter Quarantänebedingungen gehaltene Pflanzen aus dem Ausland getestet. Die Untersuchungen der Proben auf HpSVd und CVd IV erfolgten über RT-PCR. Zusätzlich wurde bei der RT-PCR eine interne RT-PCR-Kontrolle auf Hopfen-mRNA mitgeführt.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 327 Proben im Rahmen des deutschlandweiten Viroidmonitorings auf HpSVd und CVd IV analysiert. In keiner Probe konnte ein Befall mit HpSVd oder CVd IV bestätigt werden. Offensichtlich sind beide Viroide noch nicht im deutschen Hopfenbau angekommen. Dennoch muss das Monitoring weiterhin fortgesetzt werden und insbesondere Einfuhren von Pflanzgut müssen intensiv kontrolliert werden, um erste Befallsherde konsequent tilgen zu können. Eine Einschleppungsgefahr besteht insbesondere durch den Import von Hopfenpflanzgut aus den USA, da in den USA Befall mit HpSVd verbreitet ist (Seigner et al. 2016: Hopfenviroide eine andauernde Gefahr. Hopfenrundschau 09/2016, 238-239).

Tab. 0.2: Viroide, die bei Hopfen gravierende Schäden verursachen können

Viroid deutsche Bezeichnung	Viroid englische Bezeichnung	Abkürzung	Nachweis- methode
Hopfenstauche-Viroid	Hop stunt viroid	HpSVd	RT-PCR*
Zitrusviroid IV	Citrus viroid IV	CVd IV = CBCVd	RT-PCR#

* unter Nutzung der Primer von Eastwell und Nelson (2007) bzw. von Eastwell (pers. Mitteilung, 2009); # Primer publiziert von Ito et al. (2002)

Bei der RT-PCR wurde stets eine interne Kontrolle auf Hopfen-mRNA (Seigner et al., 2008) mitgeführt, um das Funktionieren der RT-PCR zu überprüfen.

Referenzen

- Eastwell, K.C. and Nelson, M.E., 2007: Occurrence of Viroids in Commercial Hop (*Humulus lupulus* L.) Production Areas of Washington State. Plant Management Network 1-8.
- Ito, T., Ieki, H., Ozaki, K., Iwanami, T., Nakahara, K., Hataya, T., Ito, T., Isaka, M., Kano, T. (2002): Multiple citrus viroids in citrus from Japan and their ability to produce exocortis-like symptoms in citron. *Phytopathology* **92**(5). 542-547.
- Jakše, J., Radišek, S., Pokorn, T., Matousek, J. and Javornik, B. (2014): Deep-sequencing revealed Citrus bark cracking viroid (CBCVd) as a highly aggressive pathogen on hop. *Plant Pathology* DOI: 10.1111/ppa.12325
- Radišek, S., Oset, M., Čerenak, A., Jakše, J., Knapič, V., Matoušek, J., Javornik, B. (2013): Research activities focused on hop viroid diseases in Slovenia. *Proceedings of the Scientific Commission, International Hop Growers` Convention, Kiev, Ukraine*, p. 58, ISSN 1814-2206, urn:nbn:de:101:1-201307295152.
- Seigner, L., Kappen, M., Huber, C., Kistler, M., Köhler, D., 2008: First trials for transmission of *Potato spindle tuber viroid* from ornamental *Solanaceae* to tomato using RT-PCR and an mRNA based internal positive control for detection. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 115 (3), 97–101.
- Seigner, L., Lutz, A. and Seigner, E. (2014): Monitoring of Important Virus and Viroid Infections in German Hop (*Humulus lupulus* L.) Yards. *BrewingScience - Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 67 (May/June 2014), 81-87.
- Seigner, E., Seigner, L., Lutz, A. (2015): Monitoring von gefährlichen Viren und Viroiden in deutschen Hopfengärten. *Brauwelt Wissen*, Nr. 26, 757-760.
- Seigner, L., Seigner, E., Lutz, A. (2015): Monitoring of dangerous virus and viroids in German hop gardens. *Brauwelt International*, VI, Vol. 33, 376-379.

Dank

Wir danken Dr. Sebastjan Radišek, Slowenien, für seine Unterstützung bei diesen Arbeiten.

9. Präzisionszüchtung für Hopfen

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Universität Hohenheim Pflanzenbiotechnologie und Molekularbiologie Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie
Finanzierung:	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Baden-Württemberg Hopfenpflanzerverband Tettngang; Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G. Universität Hohenheim.
Projektleitung:	Dr. M. H. Hagemann, Universität Hohenheim (Gesamtprojekt) Dr. E. Seigner (LfL)
Bearbeitung:	AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c): A. Lutz, J. Kneidl, E. Seigner und Züchtungsteam AG Hopfenqualität/Hopfenanalytik (IPZ 5d): Dr. K. Kammhuber, C. Petzina, B. Wyschkon, M. Hainzmaier und S. Weihrauch AG Genom-orientierte Züchtung (IPZ 1d), Prof. Dr. V. Mohler AG Züchtungsforschung Hafer und Gerste (IPZ 2c), Dr. Th. Albrecht
Kooperation:	Universität Hohenheim: Dr. M. H. Hagemann; Prof. Dr. J. Wünsche, Prof. Dr. Piepho; Dr. Möhring; Pflanzenbiotechnologie und Molekularbiologie: Prof. Dr. G. Weber Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie: Prof. Dr. D. Weigel Hopfenpflanzerverband Tettngang
Laufzeit:	01.07.2015 - 31.03.2017

Ziel

Das Ziel des Projektes ist es, der deutschen Hopfenzüchtung mit der Präzisionszüchtung ein innovatives Werkzeug bereitzustellen, um hochwertige und robuste Sorten für die Hopfen- und Brauwirtschaft schneller züchten zu können. So kann auf neue Klima-, Anbau- und Verbraucheranforderungen effizienter reagiert werden. In der ersten Projektphase (2015 – 2017) wird dazu eine genetische Karte für Hopfen entwickelt. Phänotypische Daten und genetische Daten werden dann in der zweiten Projektphase (2017-2019) mittels Assoziationskartierung verrechnet und zur anwendungsorientierten Präzisionszüchtung ausgebaut. Mit der Präzisionszüchtung kann das Zuchtpotenzial zukünftiger Züchtungspopulationen schneller beurteilt werden und erstmals auch das Zuchtpotenzial für männliche Pflanzen vorhergesagt werden.

Methode

- Erstellung einer Kartierpopulation
- Erfassung phänotypischer Daten: Bonituren agronomischer Merkmale und chemische Analyse der Inhaltsstoffe
- Assoziations- und QTL-Kartierung

10. Präzisionszüchtung für Hopfen – Teilprojekt Mehlttauresistenz für die genomweite Assoziationskartierung

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c)
Finanzierung:	Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft (Wifö)
Projektleitung:	Dr. E. Seigner, A. Lutz
Bearbeitung:	A. Lutz, J. Kneidl, E. Seigner und Züchtungsteam
Kooperation:	EpiLogic Agrarbiologische Forschung und Beratung, Freising Dr. F. Felsenstein und Stefanie Hasyn
Laufzeit:	01.01.2016 - 31.12.2017

Ziel

Mit den zuverlässigen Prüfsystemen zur Mehlttauresistenztestung im Gewächshaus und im Labor unter Nutzung des Blatt-Testsystems ist es möglich, auch für Einzelindividuen einer Kartierpopulation aussagekräftige Einschätzungen zu bekommen. Diese phänotypischen Daten werden nachfolgend zusammen mit den Sequenzdaten aus dem Projekt „Präzisionszüchtung für Hopfen“ verrechnet, um eine vorläufige QTL-Kartierung für verschiedene Mehlttauresistenzgene zu entwickeln.

Methode

- Mehlttauresistenz-Prüfsystem im Gewächshaus
- Blatt-Testsystem im Labor von EpiLogic (siehe Seigner et al., 2002)

Ergebnis

Im Frühjahr 2016 wurden 300 F1-Individuen einer speziellen Kartierpopulation im Gewächshaus mit Mehlttauisolaten definierter Virulenzen auf ihre Resistenz hin untersucht. Die Blätter von Sämlingen, die im Gewächshaus keine Mehlttauinfectionen zeigten, wurden mit zwei speziellen Mehlttaustämmen über das Blatt-Testsystem von EpiLogic differenziert. Zur Verifizierung der bisherigen Bonituren wird 2017 ein großer Teil der F1-Hopfen nochmals im Gewächshaus dem Mehlttauresistenzscreening unterzogen. Des Weiteren werden durch den nachfolgenden Blatttest die Reaktionen auf definierte Virulenzeigenschaften der beiden im Blatt-System eingesetzten Mehlttauisolate nochmals konkretisiert.

Referenz

Seigner, E., S. Seefelder und F. Felsenstein (2002): Untersuchungen zum Virulenzspektrum des Echten Mehlttaus bei Hopfen (*Sphaerotheca humuli*) und zur Wirksamkeit rassen-spezifischer Resistenzgene. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 54 (6), 147-151.

11. Einfluss der Erntezeitpunkte auf die Schwefelverbindungen der Flavor Hops Sorten Cascade, Hallertau Blanc, Huell Melon, Mandarina Ba-va-ria und Polaris (Diplomarbeit)

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenqualität und -analytik (IPZ 5d)
Projektleitung:	Dr. K. Kammhuber
Bearbeitung:	Maximilian Hundhammer
Kooperation:	Prof. M. Rychlik, Dr. Gerold Reil, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt
Laufzeit:	01.10.2015 - 01.02.2016

Ziel

Schwefelverbindungen haben sehr geringe Geruchsschwellenwerte und spielen deshalb bei den Special Flavor-Hopfen eine Rolle. In dieser Arbeit sollte untersucht werden, ob der Erntezeitpunkt einen Einfluss auf den Gehalt einiger ausgewählter Schwefelverbindungen hat.

Methode und Ergebnis

Folgende geruchsaktive Substanzen wurden untersucht: Dimethyldisulfid, S-Methyl-thioisovalerat, 4-Mercapto-4-methyl-2-pentanon (4-MMP), S-Methyl-thiohexanoat. Diese Substanzen sind kommerziell erhältlich und stellen die Hauptschwefelverbindungen des Hopfens dar. Die Analyse und quantitative Auswertung erfolgte mit dem neuen Headspace-Gaschromatographie-Massenspektrometersystem des Hüller Labors. 4-MMP ließ sich mit dem Massenspektrometer nicht nachweisen, da die Empfindlichkeit zu gering war. Die anderen Substanzen wurden ausgewertet und es hat sich gezeigt, dass die Schwefelverbindungen bei späteren Erntezeitpunkten stark zunehmen. Spät geerntete Hopfen haben oft zwieblige und knoblauchartige Aromen, dies wurde mit dieser Arbeit auch analytisch bestätigt.

12. Einsatz und Etablierung von Raubmilben zur nachhaltigen Spinnmilbenkontrolle in der Sonderkultur Hopfen

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Pflanzenschutz Hopfen (IPZ 5b)
Finanzierung:	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN-Projekt 2812NA014)
Projektleitung:	Dr. F. Weihrauch
Bearbeitung:	M. Jereb, A. Baumgartner, D. Eisenbraun, M. Felsl, L. Wörner
Laufzeit:	01.05.2013 - 31.05.2016

Ziel

Zur Bekämpfung der Gemeinen Spinnmilbe *Tetranychus urticae* stehen dem ökologischen Anbau derzeit keine effektiven Pflanzenschutzmittel zur Verfügung, einzig die Ausbringung von Raubmilben stellt eine vielversprechende Alternative dar. Eine nachhaltige Spinnmilbenkontrolle durch etablierte Populationen von Raubmilben im Bestand (wie sie in Deutschland z.T. im Wein- oder Obstbau praktiziert wird) ist im Hopfen nicht möglich, da bei der Ernte die oberirdischen Pflanzenteile und somit auch die potentiellen Überwinterungsmöglichkeiten komplett vom Feld entfernt werden.

Ziel dieses Projektes war es, durch Untersaaten in den Fahrgassen, geeignete Überwinterungsquartiere zu schaffen, die es ermöglichen eine konstante Population der Raubmilben über mehrere Vegetationsperioden hinweg zu etablieren. Hierzu wurden v.a. Rohrschwingel *Festuca arundinacea*, aber auch andere Einsaaten in den Fahrgassen getestet. Daneben sollte der Einsatz gezüchteter Raubmilben hinsichtlich der Freilassungsmenge und des Einsatzzeitpunktes optimiert und eine Standardmethode der Ausbringung entwickelt werden, die eine funktionierende und wirtschaftlich akzeptable Alternative zum Akarizideinsatz darstellt.

Ergebnis und Schlussfolgerung

Während der dreijährigen Projektarbeiten mit insgesamt 15 einzelnen Versuchen lieferten nur zwei Versuche eindeutige Ergebnisse mit signifikanten Unterschieden zugunsten Varianten mit Raubmilbeneinsatz gegenüber der Kontrolle. In zwei Fällen verzeichneten Raubmilbenparzellen bei sehr hohem Spinnmilbendruck zur Ernte ähnliche Schäden wie die unbehandelte Kontrolle und in den 11 anderen Einzelversuchen blieb das Befallsniveau generell so gering, dass die potentielle Prädationsleistung der Raubmilben nicht ermittelt werden konnte.

Im Frühjahr 2014 wurden vor einer Ausbringung neuer Raubmilben in Hüll und Oberulrain erstmals Raubmilben im Bestand gefunden, die sich offenbar im Garten halten und verbreiten konnten. Bei Beprobungen des Rohrschwingels an diesen Standorten im Frühling 2015 und 2016 wurden ebenfalls einzelne Raubmilben identifiziert.

Es stellte sich heraus, dass die 2015 erprobte Methode der Bekämpfung von *T. urticae* über das Anbringen von Rebschnitt (einjährige Bugruten von Weinreben) früh im Jahr im Hopfenbestand sehr effektiv war. Damit wurden die Spinnmilben in einem starken Befallsjahr signifikant unter der Schadschwelle gehalten. Ein weiterer Vorteil des Rebschnitts sind die geringen Kosten, da die Bugruten bei den Frühjahrsarbeiten im Weinbau praktisch ein Abfallprodukt darstellen und nur die Transportkosten anfallen. In Benzendorf 2015 erwies sich auch der Mix aus *P. persimilis* und *N. californicus* als effektive Bekämpfungsmethode, wobei diese beiden allochthonen Arten allerdings in Mitteleuropa nicht überwintern können und alljährlich neu gekauft und eingesetzt werden müssen.

Von den geprüften Untersaaten scheint tatsächlich der im spanischen Mandarinenbau gut geeignete Rohrschwingel auch im Hopfen eine Option für die Etablierung einer autochthonen Population von *T. pyri* darzustellen. Defizite bei dieser Untersaat bestehen noch in der Umsetzung eines Managementsystems, das mit den Routinearbeiten der Hopfenbau-Praxis in Einklang zu bringen ist.

13. Minimierung des Einsatzes kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen und integrierten Hopfenbau

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
Finanzierung:	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
Projektleitung:	Dr. F. Weihrauch
Bearbeitung:	Dr. F. Weihrauch, A. Baumgartner, D. Eisenbraun, M. Felsl, O. Ehrenstraßer
Kooperation:	Naturland-Hof Pichlmaier, Haushausen; Agrolytix GmbH, Erlangen Hopsteiner (Hallertauer Hopfenveredelungsgesellschaft m.b.H.), Mainburg
Laufzeit:	01.03.2014 - 28.02.2019

Ziel

Nach umwelt- und anwendertoxikologischer Beurteilung u.a. durch das Umweltbundesamt sollten kupferhaltige Pflanzenschutzmittel generell nicht mehr eingesetzt werden.

Ökobetriebe praktisch aller Kulturen können zum derzeitigen Stand allerdings nicht auf diesen Wirkstoff verzichten. Es sollte deshalb in einem vierjährigen, von der BLE über das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖLN) installierten Versuchsprogramm von 2010 bis 2013 überprüft werden, wie weit die Kupfermengen im Hopfen pro Saison reduziert werden können, ohne den Ertrag und die Qualität des Erntegutes zu verschlechtern.

Die derzeit erlaubte Aufwandmenge von 4,0 kg Cu/ha/Jahr sollte zumindest um ein Viertel auf 3,0 kg Cu/ha/Jahr reduziert werden. Nach dem erfolgreichen Abschluss dieses Projektes hat es sich das aktuelle Nachfolgeprojekt zur Aufgabe gestellt, die erreichten 3,0 kg Cu/ha/Jahr kritisch zu prüfen und, soweit möglich, eine weitergehende Reduzierung des Kupfereinsatzes zu untersuchen.

Ergebnis

Das Versuchsjahr 2016 war das genaue Gegenteil des praktisch befallsfreien Vorjahres und wird durch einen extremen Befallsdruck (der auch in allen anderen Kulturen, insbesondere beim Weinbau, zu verzeichnen war) in dauerhafter Erinnerung bleiben. Dies führte auch bei diesem Kupferminimierungsversuch zu inakzeptablem Doldenbefall, der fast durchgängig über 70 % lag, und hohen Ertragseinbußen in allen Parzellen. Die relativ besten Ergebnisse wurden mit Mischungen (Funguran progress + Kumar; CuCaps + Hopfenextrakt-Kapseln; CuCaps + Flavonin AgroComplete) erzielt. Die Ergebnisse aus 2016 demonstrieren, dass in einem derartigen Extremjahr die für die Peronosporabekämpfung zur Verfügung stehende Kupfermenge ausnahmsweise höher liegen muss als 3 kg/ha, wozu die Etablierung eines fünfjährigen ‚Kupferkontos‘ für jeden Betrieb über alle Sorten eine essentielle Maßnahme darstellen würde.

14. Entwicklung von Methoden zur Bekämpfung des Hopfen-Erdflöhs *Psylliodes attenuatus* im Ökologischen Hopfenbau

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
Finanzierung:	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BioRegio 2020 – Landesprogramm Ökologischer Landbau)
Projektleitung:	Dr. F. Weihrauch
Bearbeitung:	Dr. F. Weihrauch, A. Baumgartner, D. Eisenbraun, M. Felsl
Kooperation:	Wageningen University & Research, NL; Julius-Kühn-Institut, Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt
Laufzeit:	01.03.2015-28.02.2018

Ziel

Der Hopfen-Erdfloh *Psylliodes attenuatus* wird im Ökologischen Hopfenbau in zunehmendem Maße zu einem gravierenden Problem für die Pflanze. Der angerichtete Schaden ist dabei in zwei Phasen zu unterteilen: Im zeitigen Frühjahr fressen die überwinterten Käfer an den austreibenden Jungpflanzen als erster Nahrungsquelle. Bei stärkerem Befall werden die jungen Blätter fast skelettiert und das Wachstum der Pflanzen wird signifikant verzögert. Noch beträchtlicher ist jedoch der Schaden durch die ab Juli wieder auftretende neue Generation adulter Käfer: Diese Tiere fressen in Hoch- und Spätsommer an den Blüten und sich entwickelnden Dolden bis in 5-6 m Gerüsthöhe und können dabei bei stärkerem Befall zu signifikanten Ertragsverlusten führen. Im Öko-Hopfenbau gibt es derzeit keine wirksame Praxis- oder biologische Methode der Erdflöhbekämpfung und die entstehenden Schäden werden gezwungenermaßen hingenommen. Da der Schädlingsdruck in den vergangenen zehn Jahren deutlich zugenommen hat, ist eine für den Ökolandbau taugliche Methode der Kontrolle von Erdflöhen im Hopfen zudem auch ein essentieller Baustein des integrierten Pflanzenschutzes.

Methoden und Ergebnisse

Im zweiten Versuchsjahr wurden die erfolgversprechendsten mechanischen Methoden wiederum auf ihre Wirksamkeit geprüft. Auch 2016 zeigte, dass der Fang über Gelbschalen die effektivste Fangmethode darzustellen scheint. Als Lockstoffe wurden diesmal β -Caryophyllen, Ocimene und cis-3-Hexenyl-Acetat (allesamt Stoffe, die die Hopfentriebe im Frühjahr in hohen Mengen ausströmen) getestet. Keiner dieser volatilen Stoffe zeigte jedoch signifikant höhere Fangzahlen gegenüber der unbehandelten Kontrolle. Die mechanische Methode über Leimklappen ergibt zwar wiederum gute Fängigkeit (durchschnittlicher Fang von vier Erdflöhen pro Stock und Durchgang), ist aber auch sehr arbeitsintensiv. Erstaunliche Ergebnisse lieferte die quantitative Ermittlung des Schlupfes der neuen Erdflöhgeneration im Hochsommer aus den Puppen über Photoektoren: Nach einer konservativen Hochrechnung lag die ‚Jahresproduktion‘ an Erdflöhen im Versuchsgarten bei 1,2 Millionen Tieren pro Hektar bzw. 600 Erdflöhen pro Hopfenstock.

Als wichtigstes Teilprojekt in Kooperation mit Wageningen U&R ist weiterhin der Versuch anzusehen, das bislang unbekannte Sexualpheromon (oder ein anderes wirksames Kairomon) des Hopfen-Erdflöhs zu identifizieren, um es für eine gezielte, effektive Anlockung des Schädlings einzusetzen. Dazu wurden im April 2016 erneut etwa 6.000 Erdflöhe eingefangen und in die Niederlande transportiert. Dort laufen in den Labors in Wageningen weiterhin zahl-

reiche Analysen der Duftstoffe, die von männlichen wie weiblichen Tieren und von befallenen Hopfenpflanzen abgegeben werden.

15. Mikroverkapselte Hopfenextrakte als neuartiges biologisches Fungizid zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus im Hopfenbau

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
Finanzierung:	Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V., Berlin
Projektleitung:	Dr. F. Weihrauch
Bearbeitung:	Dr. F. Weihrauch, A. Baumgartner, M. Felsl
Kooperation:	Naturland-Hof Loibl, Schweinbach Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik (iPAT), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Hallertauer Hopfenveredelungsgesellschaft m.b.H. (Hopsteiner), Mainburg
Laufzeit:	01.07.2016 - 31.12.2018

Ziel

In Deutschland werden verschiedene Anstrengungen unternommen, um im Pflanzenschutz die jährlichen Aufwandmengen an Reinkupfer pro Hektar direkt zu reduzieren und dafür nach alternativen fungiziden Wirkstoffen zu suchen. In diesem Zusammenhang wurde am Staatlichen Weinbauinstitut in Freiburg i.Br. festgestellt, dass Hopfenextrakt eine gute Wirksamkeit gegen den Falschen Mehltau der Weinrebe (*Plasmopara viticola*) in vitro aufweist. Die antimikrobielle Wirkung wird v.a. den α -Säuren und Xanthohumol zugeschrieben.

Ziel des Vorhabens ist es, eine gut realisierbare Lösung zum Ersatz oder zur weiteren Minimierung von Kupfer im Hopfenbau zu entwickeln. Dazu gehört, dass das entwickelte Pflanzenschutzmittel nicht nur anwendbar und wirksam, sondern v.a. für die Praxis auch bezahlbar ist. Das Verfahren der Sprüherstarrung stellt dabei eine sehr günstige Produktionsmethode dar und durch die Wahl geeigneter Matrix- bzw. Hilfsstoffe können die Kosten für das Endprodukt auf einem marktüblichen Niveau gehalten werden.

Methoden

In dem aktuellen Forschungsvorhaben soll ein zulassungsreifer Prototyp eines biologischen Pflanzenschutzmittels auf der Basis von mikroverkapselten Hopfenextrakten zur Bekämpfung von Falschen Mehltaupilzen im Hopfenbau entwickelt werden. Als Forschungsergebnis soll zum einen die optimale Kapselzusammensetzung für Kapselprototypen gefunden werden, zum anderen wird begleitend zur chemischen Optimierung das Verfahren zur Mikropartikelproduktion weiterentwickelt, sodass die Herstellung der Hopfen-Kapseln möglichst effizient und wirtschaftlich sinnvoll geschehen kann. Mit Prototypen, die die oben genannten Eigenschaften eines Pflanzenschutzmittels erfüllen, wird 2017 im Versuchsgarten Schweinbach erstmals zur Prüfung ins Freiland gegangen. Das Hopfenforschungszentrum in Hüll wird diese ‚HopCaps‘ 2017 und 2018 hinsichtlich ihrer biologischen Wirksamkeit bewerten und eine Spritzempfehlung für die Öko-Hopfenbauern erarbeiten.