



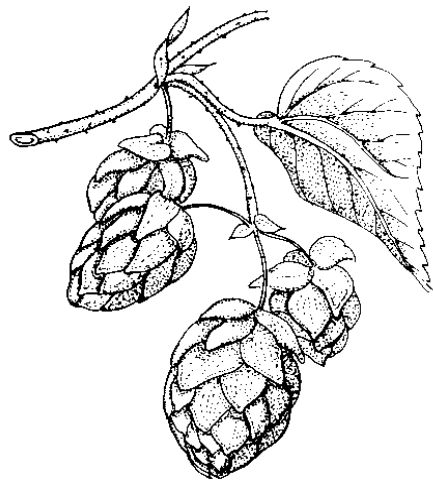
*Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft*



*Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.*

# **Jahresbericht 2011**

## **Sonderkultur Hopfen**



**Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft**  
- Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung -  
und  
**Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.**

**März 2012**



# **LfL-Information**

**Impressum:**

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

Redaktion: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Arbeitsbereich Hopfen  
Hüll 5 1/3, 85283 Wolnzach  
E-Mail: [Hopfenforschungszentrum@LfL.bayern.de](mailto:Hopfenforschungszentrum@LfL.bayern.de)  
Tel.: 0 84 42/92 57-0

1. Auflage: März / 2012

Druck: Druckhaus Kastner, 85283 Wolnzach

Schutzgebühr: 5,-- €

## **Forschung ist die wichtigste Investition für die Zukunft**

*„Wenn Du fragst, was rechtes Wissen sei, so antworte ich, das, was zum Handeln befähigt.“ (Hermann Ludwig von Helmholtz)*

Der Welthopfenmarkt ist aktuell durch eine große Überproduktion gekennzeichnet. Etwa 95 % der Welthopfenproduktion finden in der Brauwirtschaft Verwendung, deren Nachfrage nur langsam steigen kann. Lediglich 5 % werden für alternative Anwendungen eingesetzt. Es ist eine große Herausforderung, den Hopfenanbau an diese Situation anzupassen und die langfristige Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. Dies ist nur durch umfassende Forschung und Entwicklung möglich, deren Ergebnisse unmittelbar an die Hopfenpflanzer, den Hopfenhandel und die Brauwirtschaft kommuniziert und zeitnah in die Praxis umgesetzt werden.

Die Hopfenforschung des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (IPZ) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft ist ein Paradebeispiel für eine funktionierende Public Private Partnership zwischen dem Freistaat Bayern und der Gesellschaft für Hopfenforschung. In kaum einer anderen Institution weltweit wird der Hopfen so umfassend und ganzheitlich erforscht wie am Hopfenforschungszentrum in Hüll. Die Forschung ist in vier Arbeitsgruppen organisiert.

- Hopfenbau und Produktionstechnik (IPZ 5a)
- Pflanzenschutz im Hopfenbau (IPZ 5b)
- Züchtungsforschung (IPZ 5c)
- Hopfenqualität und –analytik (IPZ 5d)

Diese Struktur ermöglicht eine optimale Ausschöpfung aller Synergien. Das Hopfenforschungszentrum pflegt eine gute Zusammenarbeit mit vielen Hochschulinstituten, Landes- und Bundesbehörden sowie den Organisationen der Brau- und Hopfenwirtschaft. Neben den Daueraufgaben wird eine Vielzahl von Drittmittelprojekten bearbeitet. Auf Fragestellungen, Anregungen und Ideen von außen kann die Hopfenforschung in Hüll schnell und flexibel reagieren. Über das Advisory Board der Gesellschaft für Hopfenforschung stehen hochrangige Vertreter aus der Brauwirtschaft und den Brauwissenschaften in engem Kontakt mit dem Hopfenforschungszentrum.

Probleme, denen in Zukunft sehr viel Arbeit gewidmet werden muss, sind Klimawandel, umweltgerechter Hopfenanbau, Energieeinsparung bei der Ernte und Nacherntebehandlung, Bewässerung, Pflanzenschutz, züchterische Optimierung von Resistenzeigenschaften, Ertrag und Inhaltsstoffen für die Brauwirtschaft sowie für alternative Anwendungen von Hopfen.

Ein Lichtblick für die Zukunft sind die „Flavor-Hops“. Die „Craft Brewers“, die in den USA wirtschaftlich sehr erfolgreich sind, wünschen aromatisch klar abgrenzbare Hopfen. Auch exotische Aromen wie Mandarine, Melone, Mango oder Johannisbeere sind gefragt. Neue Zuchtstämme aus Hüll sind hier sehr vielversprechend. Neben den klassischen Bitter- und Aromahopfen könnte mit den „Flavor-Hops“ ein neues Standbein für den Hopfenanbau in Deutschland geschaffen werden.

Die zahlreichen Herausforderungen und Aufgaben sind nur durch den Fleiß, das Engagement und die Kreativität aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Hüll, Wolnzach und Freising lösbar. Deswegen möchten wir uns bei ihnen an dieser Stelle herzlich bedanken.

Dr. Michael Möller  
Vorsitzender des Vorstandes  
der Gesellschaft für Hopfenforschung

Dr. Peter Doleschel  
Leiter des Instituts für  
Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

# Inhaltsverzeichnis

Seite

<b>1</b>	<b>Forschungsvorhaben und Forschungsschwerpunkte des Arbeitsbereiches Hopfen</b> .....	<b>7</b>
1.1	Laufende Forschungsvorhaben .....	7
1.2	Forschungsschwerpunkte .....	24
1.2.1	Forschungsschwerpunkte Züchtung .....	24
1.2.2	Forschungsschwerpunkte Hopfenbau, Produktionstechnik .....	28
1.2.3	Forschungsschwerpunkte Hopfenqualität und Analytik .....	29
1.2.4	Pflanzenschutz im Hopfen .....	31
<b>2</b>	<b>Witterung und Wachstumsverlauf 2011</b> .....	<b>31</b>
2.1	Witterungsdaten (Monatsmittelwerte bzw. Monatssummen) 2011 im Vergleich zu den 10- und 50jährigen Mittelwerten .....	34
<b>3</b>	<b>Statistische Daten zur Hopfenproduktion</b> .....	<b>35</b>
3.1	Anbaudaten .....	35
3.1.1	Struktur des Hopfenbaus .....	35
3.1.2	Hopfensorten .....	37
3.2	Ertragssituation im Jahr 2011 .....	39
<b>4</b>	<b>Züchtungsforschung Hopfen</b> .....	<b>42</b>
4.1	Klassische Züchtung .....	42
4.1.1	Kreuzungen 2011 .....	42
4.1.2	Züchtung von Zwerghopfen für den Niedrigerüstanbau .....	42
4.1.3	Neuer Trend in der Hopfenzüchtung – Hopfen mit zitrusartigen, fruchtigen und blumigen Aromanoten .....	49
4.1.4	Monitoring von gefährlichen Viroid- und Virus-Infektionen an Hopfen in Deutschland .....	53
4.2	Biotechnologie .....	56
4.2.1	Charakterisierung der Interaktion Hopfen-Hopfenmehltau auf Zellebene und Funktionsanalyse von an der Abwehr beteiligten Genen .....	56
4.3	Genomanalyse .....	58
4.3.1	Untersuchungen zu Verticillium-Infektionen in der Hallertau .....	58
<b>5</b>	<b>Hopfenbau, Produktionstechnik</b> .....	<b>61</b>
5.1	N <sub>min</sub> -Untersuchung 2011 .....	61
5.2	Sortenreaktion auf Reduzierung der Gerüsthöhe (6 m) .....	63
5.2.1	Ziel .....	63
5.2.2	Methoden .....	63
5.2.3	Ergebnisse .....	64
5.3	Prüfung verschiedener Stoffe auf Wirksamkeit und Wirkungsverbesserung zum ersten Hopfenputzen .....	66
5.3.1	Ausgangssituation, Problemstellung und Ziel .....	66
5.3.2	Methoden .....	66
5.3.2.1	Versuchsplan Teil 1 vom 06.05.2011 .....	67
5.3.2.2	Versuchsplan Teil 2 vom 13.05.2011 .....	69
5.3.2.3	Versuchsplan Teil 3 vom 18.05.2011 .....	72
5.3.2.4	Versuchsplan Teil 4 vom 24.05.2011 .....	73

5.3.3	Diskussion.....	75
5.4	Praxisversuche zum 2. Hopfenputzen.....	75
5.4.1	Ausgangssituation, Problemstellung und Ziel.....	75
5.4.2	Methoden.....	75
5.5	Hygienisierung von Hopfenrebenhäckseln durch Heißbrotte.....	80
5.5.1	Ziel.....	80
5.5.2	Methoden.....	80
5.5.3	Ergebnis und Diskussion.....	81
5.6	Pflanzenschutzmitteleinsparung durch Sensortechnik bei der Reihenbehandlung.....	82
5.6.1	Ziel.....	82
5.6.2	Methoden.....	82
5.6.3	Ergebnisse.....	83
5.7	Untersuchungen möglicher Methoden zur Steuerung der Tröpfchenbewässerung.....	84
5.7.1	Ziel.....	84
5.7.2	Mögliche Methoden zur Beurteilung der Bodenfeuchte bzw. des Wasserbedarfs des Hopfen.....	84
5.7.2.1	Messung der Saugspannung mit.....	84
5.7.2.2	Berechnen des Bewässerungsbedarfs über EDV-Wasserhaushaltsmodell HyMoHop.....	85
5.7.3	Ergebnisse.....	86
5.8	LfL-Projekte im Rahmen der Produktions- und Qualitätsinitiative.....	88
5.8.1	Jährliche Erhebung, Untersuchung und Auswertung von Qualitätsdaten von Hopfen nach der Ernte.....	88
5.8.2	Jährliche Erhebung und Untersuchung des Schädlingsbefalls in repräsentativen Hopfengärten in Bayern.....	89
5.8.3	Betreuung von Adcon-Wetterstationen für die Peronospora-Prognose im Hopfenbau.....	89
5.9	Beratungs- und Schulungstätigkeit.....	90
5.9.1	Informationen in schriftlicher Form.....	90
5.9.2	Internet und Intranet.....	90
5.9.3	Telefonberatung Ansagedienste.....	90
5.9.4	Vorträge, Tagungen, Führungen, Schulungen und Versammlungen.....	91
5.9.5	Aus- und Fortbildung.....	91
<b>6</b>	<b>Pflanzenschutz im Hopfen.....</b>	<b>92</b>
6.1	Schädlinge und Krankheiten des Hopfens.....	92
6.1.1	Blattlaus.....	92
6.1.2	Peronospora.....	93
6.2	Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen den Luzernerössler <i>Otiorhynchus ligustici</i> im Hopfenbau: Die Eiproduktion.....	93
<b>7</b>	<b>Hopfenqualität und Analytik.....</b>	<b>95</b>
7.1	Allgemeines.....	95

7.2	Optimierung der Inhaltsstoffe als Zuchtziel.....	96
7.2.1	Anforderungen der Brauindustrie .....	96
7.2.2	Alternative Anwendungsmöglichkeiten.....	97
7.3	Differenzierung des Welthopfensortiments mit Hilfe der niedermolekularen Polyphenole.....	98
7.4	Welthopfensortiment (Ernte 2010) .....	106
7.5	Qualitätssicherung bei der $\alpha$ -Säurenbestimmung für die Hopfenlieferungsverträge.....	113
7.5.1	Ringanalysen zur Ernte 2011 .....	113
7.5.2	Auswertung von Kontrolluntersuchungen .....	117
7.6	Herstellung von reinen $\alpha$ -Säuren und deren ortho-Phenylendia-min-Komplexen zur Überprüfung und Kalibrierung der HPLC-Standards .....	118
7.7	Analytische Charakterisierung der „Flavor-Hops“ .....	118
7.8	Kontrolle der Sortenechtheit .....	120
<b>8</b>	<b>Veröffentlichungen und Fachinformationen .....</b>	<b>121</b>
8.1	Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit .....	121
8.2	Veröffentlichungen .....	121
8.2.1	Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge .....	121
8.2.2	LfL-Schriften.....	123
8.2.3	Pressemitteilungen .....	123
8.2.4	Beiträge in Rundfunk und Fernsehen.....	123
8.3	Tagungen, Vorträge, Führungen, Ausstellungen .....	124
8.3.1	Tagungen, Fachveranstaltungen und Seminare.....	124
8.3.2	Vorträge.....	125
8.3.3	Führungen .....	129
8.3.4	Ausstellungen und Poster .....	133
8.4	Aus- und Fortbildung .....	133
8.5	Mitarbeit in Arbeitsgruppen, Mitgliedschaften.....	135
8.6	Ehrungen .....	135
<b>9</b>	<b>Laufende über Drittmittel finanzierte Forschungsvorhaben.....</b>	<b>136</b>
<b>10</b>	<b>Forschungsschwerpunkte .....</b>	<b>137</b>
<b>11</b>	<b>Personal IPZ 5 - Arbeitsbereich Hopfen.....</b>	<b>140</b>

# 1 Forschungsvorhaben und Forschungsschwerpunkte des Arbeitsbereiches Hopfen

## 1.1 Laufende Forschungsvorhaben

### Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettninger

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen und AG Hopfenqualität/Hopfenanalytik
<b>Finanzierung:</b>	Ministerium für Ländlichen Raum, Verbraucherschutz und Ernährung, Baden-Württemberg Hopfenpflanzerverband Tettngang; Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G. Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.
<b>Projektleitung:</b>	Dr. E. Seigner, A. Lutz
<b>Bearbeitung:</b>	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)
<b>Kooperation:</b>	Versuchsgut Straß, F. Wöllhaf
<b>Laufzeit:</b>	01.05.2011 - 31.12.2014

### Ziel

Zielsetzung dieses Züchtungsprogrammes ist es, die Landsorte Tettninger in ihrem Ertragspotenzial und ihrer Pilzresistenz deutlich zu verbessern, dabei soll die Aromausprägung möglichst nahe beim ursprünglichen Tettninger bleiben. Durch reine Auslesezüchtung innerhalb der natürlich vorhandenen Variabilität der Tettninger Landsorte ist dies nicht zu realisieren. Daher muss versucht werden, dieses Ziel durch gezielte Kreuzung von Tettninger mit vorselektierten männlichen Aromalinien, die breite Krankheitsresistenz und aufgrund ihrer Verwandtschaft gute agronomische Leistungen mitbringen, zu erreichen.

### Ergebnisse

Im Sommer 2011 wurden vier Kreuzungen mit Tettninger und traditionellen Hüller Aromalinien auf der Vaterseite durchgeführt. Zusätzlich wurden drei Kreuzungen mit männlichen Hüller Stämmen erstellt, die das Potential haben, fruchtigere Aromanuancen in das klassische Tettninger Hopfenaroma einzubringen. Bereits zu Beginn dieses Projektes konnte mit der Vorselektion von zwei Tettninger Nachkommenschaften begonnen werden, die aus Kreuzungen des Sommer 2010 stammten und exakt den Zielvorgaben dieses Projektes entsprachen. So konnten noch im Herbst 2011 242 weibliche, als mehltresistent eingestufte Sämlinge in den Hüller Zuchtgarten ausgepflanzt werden.

Dort werden sie als Einzelpflanzen über drei Jahre unter Feldbedingungen auf Wüchsigkeit, Krankheitsresistenz (Resistenz bzw. Toleranz gegenüber Peronospora, Echtem Mehltau und Verticillium-Welke) und schließlich auf Aromaqualität und Ertrag hin selektiert.

Somit wurden sehr gute Voraussetzungen für die Realisierung der Projektziele geschaffen. Mit den sieben neuen Kreuzungen aus dem Jahr 2011 und den 242 bereits ausgepflanzten Sämlingen aus zwei Kreuzungen des Jahres 2010 konnte die im Projektplan festgelegte Zahl der Kreuzungen wie auch die Zahl der pro Kreuzung zu testenden Sämlinge (50-60 Sämlinge /Kreuzung) mehr als erfüllt werden.

## **Züchtung von Zwerghopfen für den Niedrigerüstanbau**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen und AG Hopfenqualität/Hopfenanalytik
<b>Finanzierung:</b>	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
<b>Projektleitung:</b>	Dr. E. Seigner, A. Lutz
<b>Bearbeitung:</b>	A. Lutz, J. Kneidl, A. Bogenrieder (alle IPZ 5c) Dr. K. Kammhuber, C. Petzina, B. Wyschkon, M. Hainzmaier und S. Weihrauch (alle IPZ 5d)
<b>Kooperation:</b>	Hopfenbaubetriebe J. Schrag und M. Mauermeier
<b>Laufzeit:</b>	01.04.2007 - 31.12.2011

### **Ziel**

Ziel dieses Forschungsprojektes war es, Hopfen zu züchten, die durch ihren kürzeren, komprimierten Wuchs, breite Krankheitsresistenz und ausgezeichnete Brauqualität besonders geeignet sind, um wirtschaftlich erfolgreich und ökologisch nachhaltig auf Niedrigerüstanlagen angebaut zu werden.

### **Ergebnisse**

Die Vorauslese der Sämlinge aus den vorjährigen 15 Kreuzungen (6 Aroma- und 9 Bittertyp-Kreuzungen) begann Anfang März. Mitte Mai wurden diese auf Krankheitsresistenz bzw. -toleranz gegenüber Echtem Mehltau und Peronospora vorselektierten Sämlinge in die Vegetationshalle gepflanzt. Bis zum Herbst wurden hier ihre Wüchsigkeit und erneut ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Pilzen unter natürlichen Infektionsbedingungen begutachtet. An Hand der Blüten, die sich ab Juli bildeten, erfolgte die Differenzierung in männliche und weibliche Pflanzen. Sämlinge, die erhebliche Schwächen wie z. B. starken Befall mit Blattlaus, Mehltau, Wurzelfäule aufwiesen, wurden jeweils bis zum Herbst gerodet.

Die Auspflanzung der 267 weiblichen und 39 männlichen Sämlinge in den Zuchtgärten in Hüll bzw. Freising erfolgte im November. Die nächsten drei Jahre werden die Sämlinge unter Hochgerüstbedingungen geprüft, wobei spezielles Augenmerk auf die Niedrigerüstanbau sowie die Widerstandsfähigkeiten gegenüber Peronospora und Echtem Mehltau unter natürlichen Infektionsbedingungen gelegt wird. Nachdem die Sämlinge hier erstmals ein voll ausgebildetes Wurzelsystem haben, kann auch erstmals deren Toleranz auf Verticillium-Welke getestet werden.



2011 wurden erstmals 12 vorselektierte Sämlinge, die aus den gezielten Kreuzungen dieses Zwerghopfen-Projekts stammten und 2010 als Junghopfen auf der 3-m-Anlage ausgepflanzt worden waren, beerntet. Einige dieser Zuchtstämme zeichneten sich durch ein angenehmes und sehr feines Hopfenaroma aus. Mit 26 bis 27 von 30 möglichen Aromapunkten erreichen sie erstmals das Niveau der bekannten Hüller Aromazuchtsorten. Einige zeigten darüber hinaus auch ein Ertragspotential, das unseren bisherigen, auf Hochgerüst selektierten Aromasorten nahe kommt.

### **Kreuzungen 2011**

Obwohl die finanzielle Unterstützung durch die BLE mit dem Projektende Dezember 2011 für nächstes Jahr wegfällt, wurden noch drei Kreuzungen durchgeführt, deren Zielsetzung eine Kombination aus „Niedrigerüsteignung“, Blattlausresistenz und neuartige Aromanuancen ist. Bei allen Kreuzungen konnten im Herbst Samen gewonnen werden.

### **Mehltauisolate und ihr Einsatz in der Mehлтаuresistenzzüchtung bei Hopfen**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
<b>Projektleitung:</b>	Dr. E. Seigner, Dr. S. Seefelder, A. Lutz
<b>Bearbeitung:</b>	A. Lutz, J. Kneidl, K. Oberhollenzer, Dr. S. Seefelder S. Hasyn (EpiLogic)
<b>Kooperation:</b>	Dr. F. Felsenstein, EpiLogic GmbH, Agrarbiologische Forschung und Beratung, Freising
<b>Laufzeit:</b>	01.01.2011 – 31.12.2012

### **Ziel**

Seit 2000 werden für die Mehлтаuresistenzprüfung im Gewächshaus und Labor Mehлтаuisolate mit charakterisierten Virulenzeigenschaften eingesetzt. Zusammen mit den ständig optimierten Prüfsystemen im Gewächshaus und Labor ermöglichen sie es, Hopfensorten zu züchten, die auch in Jahren mit hohem Pilzbefallsdruck beste Brau- und Lebensmittelqualität und zugleich Liefersicherheit garantieren.

### **Ergebnisse**

11 verschiedene Einzelspor-Isolate von *Podosphaera macularis*, dem Echten Mehлтаupilz bei Hopfen, wurden 2011 zusammen mit den Resistenztestsystemen für folgende Fragestellungen oder Untersuchungen eingesetzt:

- Wie jedes Jahr, so wurde auch 2011 vor dem Start der Testungen, die Virulenz aller Mehлтаuisolate überprüft. Dazu wurde ein Sortiment von elf Hopfen, die alle bisher bekannten Resistenzgene tragen, zur Differenzierung der Virulenzeigenschaften aller 11 Mehлтаuisolate eingesetzt. So wurde sichergestellt, dass alle zur Testung zur Verfügung stehenden Isolate auch Jahre nach der Inkulturnahme keine ihrer Virulenzgene durch Mutation verloren haben. Neue Isolate unbekannter Virulenz wurden 2011 nicht aufgenommen.
- Etwa 120.000 Sämlinge aus 91 Kreuzungen des Vorjahres wurden im Gewächshaus künstlich mit zwei Mehлтаuisolaten beimpft, die alle Virulenzen aufweisen, die in der Hallertau verbreitet auftreten.

Unter gleichen Infektionsbedingungen wurden im Gewächshaus 203 Zuchtstämme, 10 Sorten und 2 Wildhopfen auf ihre Widerstandsfähigkeit getestet. Darüber hinaus wurden nochmals 109 Individuen einer früheren Kartierpopulation für das R2-Resistenzgen auf ihr Verhalten gegenüber Echtem Mehltau geprüft. Im Gewächshaus als resistent eingeschätzte Hopfen wurden im Labor bei EpiLogic mit dem Blatt-Test nachgetestet. Dabei wurden 160 Zuchtstämme, eine Fremdsorte und zwei Wildhopfen mit einem englischen Mehltausolat („R2-Resistenzbrecher“) und nachfolgend mit einem Hallertauer Isolat, das regionale Bedeutung hat, geprüft. Nur mit Hopfen, die eine breite Widerstandsfähigkeit gegenüber Echtem Mehltau in beiden Prüfungen bewiesen, wurde weitergezüchtet.

- Um die Interaktionen von Mehltaupilz und Hopfen histologisch zu untersuchen, wurden die Reaktionen der Epidermiszellen von Northern Brewer als mehltauanfällige Sorte mit denen von acht Wildhopfen, zwei Zuchtstämmen und zwei Sorten, die alle als mehltaresistent eingestuft werden, verglichen. Durch den Einsatz eines Mehltausolates, das vier in der Hallertau weit verbreitete Virulenzen aufweist, wurden genauere Einblicke in die unterschiedlichen Resistenzmechanismen gewonnen, die in den Hüller Sorten bzw. im Zuchtmaterial zu finden sind. Dieses Wissen ist entscheidend, um die gezielte Kombination verschiedener, sich in ihrer Wirkung ergänzender Resistenzmechanismen in künftigen Sorten erreichen zu können.
- Ein transientes Blatt-Expressionssystem wurde etabliert und durch die funktionale Analyse eines vermutlich bei der Resistenz beteiligten Gens validiert. Dafür wurde ein Genkonstrukt über eine Gentransfertechnik in Hopfen-Blattzellen eingeschleust und nachfolgend die Reaktionen des Pilzes und der Blattzellen im Labor verfolgt.

### **Überblick zur Mehltaresistenzzüchtung 2011**

<b>2011</b>	<b>Testung im Gewächshaus</b>		<b>Blatt-Test im Labor</b>	
	<b>Pflanzen</b>	<b>Boniturdaten</b>	<b>Pflanzen</b>	<b>Boniturdaten</b>
Sämlinge aus 91 Kreuzungen	ca. 120.000 bei Massen-Selektion		-	-
Zuchtstämme	203	560	160	1.099
Sorten	10	40	1	5
Wildhopfen	2	4	2	12
1 Kartierpopulation zur DNA-Markerentwicklung	109	360	31	77
Virulenzeigenschaften der 11 Mehltausolate	-	-	11	367
Studien versch. Resistenzmechanismen	8 Wildhopfen, 2 Zuchtstämme und 2 Sorten im Vergleich zu Northern Brewer -> Mikroskop. Untersuchungen: insgesamt 30.170 Interaktionen untersucht und charakterisiert			
Gen-Expressionsstudien zur Markerentwicklung und Funktionsaufklärung	42 versch. Ansätze, um spez. Muster aktiver Gene zu erforschen, die an der Pilzabwehr beteiligt sind			

Massenselektion in Pflanzschalen; sonst Selektion von Einzelpflanzen in Töpfen

## **Charakterisierung der Interaktion Hopfen-Hopfenmehltau auf Zellebene und Funktionsanalyse von an der Abwehr beteiligten Genen**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
<b>Projektleitung:</b>	Dr. E. Seigner
<b>Bearbeitung:</b>	K. Oberhollenzer, B. Forster, A. Lutz
<b>Kooperation:</b>	Prof. Dr. R. Hückelhoven, Dr. Ruth Eichmann, TU-München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Lehrstuhl für Phytopathologie Dr. F. Felsenstein, EpiLogic GmbH Agrarbiologische Forschung und Beratung, Freising
<b>Laufzeit:</b>	01.04.2008 – 31.12.2011

### **Ziel**

Ziel dieses Forschungsprojektes war es, auf Zellebene mit dem Licht- und Fluoreszenzmikroskop Abwehrreaktionen in verschiedenen Wildhopfen, Zuchtlinien und Sorten zu charakterisieren. Dadurch sollten neue Resistenzträger für die Mehlttauresistenzzüchtung gefunden werden.

Ein anderer Teil dieser Arbeit unterstützte mit einem molekularbiologischen Ansatz die Resistenzzüchtung. Ein sog. transienter Transformationsassay wurde bei Hopfen erarbeitet, mit dem es möglich sein wird, Gene, die an Abwehrreaktionen gegenüber Hopfenmehltau beteiligt sind, funktionell zu analysieren.

### **Methoden**

Aus dem Hüller Zuchtprogramm wurden 12 mehlttauresistente Genotypen mit Echtem Mehlttau inokuliert. Pilzstrukturen und Abwehrreaktionen auf Zellebene wurden mit Hilfe von verschiedenen histochemischen Färbungen sichtbar gemacht und unter einem Fluoreszenzmikroskop untersucht. Da es sich herausstellte, dass der MehlttauPilz auch Haarzellen kolonisiert und diese im Vergleich zu normalen Epidermiszellen ein anderes Resistenzverhalten aufweisen, wurde ergänzend auch das Resistenzverhalten dieser Haarzellen untersucht.

Zur Etablierung eines transienten Transformationsassays für Hopfen wurden Protokolle für die Transformation von Epidermiszellen mit der Particle Gun (Genkanone) und für die darauffolgende Inokulation der Blätter erarbeitet. Anschließend wurde ein „Knockdown“-Konstrukt für ein Hopfen *Mlo*-Gen hergestellt, um durch ein Ausschalten dieses vermuteten Anfälligkeitgens in einzelnen Epidermiszellen den transienten Transformationsassay zu validieren.

### **Ergebnisse**

Bei den mikroskopischen Untersuchungen der für die Mehlttauresistenz verantwortlichen Abwehrreaktionen zeigte sich, dass bei allen 12 Genotypen die Resistenz auf einem Zelltod der angegriffenen Zellen beruht. Haarzellen waren in allen untersuchten Genotypen anfällig, da aber ihr Flächenanteil an der Blattoberfläche gering ist, scheint diese Tatsache für die Ausprägung des Resistenzphänotyps keine Rolle zu spielen.

Der transiente Transformationsassay wurde durch die funktionale Charakterisierung eines *Mlo*-Gens validiert. Hierbei zeigten Knockdown-Experimente in der anfälligen Sorte Northern Brewer, dass Zellen, in welchen ein transienter Knockdown dieses vermuteten Anfälligkeitsgens erfolgt ist, weniger Haustorien enthielten als die Kontrolle. Durch das Ausschalten des Gens wurden die Zellen also weniger anfällig.

## Untersuchungen zu *Verticillium*-Infektionen in der Hallertau

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen und AG Hopfenbau/Produktionstechnik
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G. Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft (Wifö)
<b>Projektleitung:</b>	Dr. S. Seefelder, Dr. E. Seigner
<b>Bearbeitung:</b>	K. Drogenigg, C. Püschel, S. Petosic, E. Niedermeier
<b>Kooperation:</b>	Dr. S. Radisek, Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Slowenien Prof. B. Javornik, Universität Lubljana, Slowenien Prof. G. Berg, Karl-Franzens-Universität, Graz, Österreich Hopfenbau und Produktionstechnik, IPZ 5a
<b>Laufzeit:</b>	01.03.2008 - 31.05.2013

### Ziel

Ein außergewöhnlich hohes Auftreten von Hopfenwelke quer durch das Sortenspektrum verursacht mittlerweile hohe Ertragseinbußen in speziellen Gebieten der Hallertau. Aus diesem Grund sollen im Zuge einzelner Teilprojekte verschiedene Fragestellungen parallel bearbeitet werden. Neben Untersuchungen zur Genetik und Virulenz des *Verticillium*-Pilzes, dem Erreger der Hopfenwelke, und Fragen zu den Ursachen, sollen auch Maßnahmen zur Eindämmung der Krankheit untersucht werden. Schwerpunkt ist neben der Etablierung eines schnellen Diagnosesystems für die Praxis, die Prüfung der Wirksamkeit von Bioantagonisten. Dies sind Mikroorganismen, die als biologische Gegenspieler die Hopfenpflanzen vor einem *Verticillium*-Befall schützen sollen.

### Methoden

- Klassische Anzuchttechniken zur Inkulturnahme des *Verticillium*-Pilzes aus Hopfenrebstücken zur Gewinnung von Einsporisolaten
- DNA-Isolationen aus Pilzreinkulturen, Hopfenreben und Bodenproben
- Molekulare und mikroskopische Untersuchungen zur Differenzierung von *Verticillium albo-atrum* und *V. dahliae*
- Molekularanalytische Charakterisierung der *Verticillium*-Isolate basierend auf AFLP- und SCAR-Markern

- Infektionstest zur Virulenzbestimmung
- Isolierung von *Verticillium*-Erbmaterial direkt aus der Rebe und aus Bodenpartikel
- Prüfung spezieller Bioantagonisten als mögliche Maßnahmen zur Bekämpfung
- Durchführung von Versuchen auf angepachteten, stark Welke-kontaminierten Flächen

## Ergebnisse

Im Rahmen dieses Projektes konnte erstmalig für die Hallertau das Vorkommen milderer und aggressiverer *Verticillium*-Formen bestätigt werden. Hierzu wurden zunächst Rebenstücke aus stark Welke-befallenen Hopfengärten gesammelt und anschließend daraus über sehr arbeitsintensive Schritte reine Pilzkulturen gewonnen. Aus diesen Reinkulturen wurden Einsporisolate gezogen und nachfolgend die *Verticillium*-Art molekulargenetisch und z. T. mikroskopisch bestimmt. Um für weitergehende molekulare Untersuchungen ausreichend DNA-Material zur Verfügung zu haben, wurden diese Pilzkulturen vermehrt. Mittels AFLP-Analyse erfolgte die genetische Unterscheidung der Hallertauer *Verticillium*-Isolate mit Referenzisolaten aus Slowenien und England. Hierbei zeigte sich über spezielle AFLP-Primerkombinationen ein identisches DNA-Bandenmuster zwischen Isolaten aus extrem Welke-verseuchten Hallertauer Hopfengärten und letalen slowenischen und englischen *Verticillium*-Rassen. Ein 2009 in Slowenien durchgeführter erster künstlicher *Verticillium*-Infektionstest ließ sich 2010 unter optimierten Bedingungen verifizieren. Letale slowenische und englische Referenzisolate zeigten dabei die gleiche hohe Virulenz wie Hallertauer Isolate, die aus bislang toleranten Sorten wie Northern Brewer oder Hallertauer Tradition isoliert wurden. Milde ausländische Referenzisolate und *Verticillium*-Isolate aus weit weniger geschädigten Hallertauer Hopfengärten wiesen ein ähnliches, weit aus geringeres Virulenzverhalten auf. Somit konnte zusätzlich zu den vorausgegangenen molekularen Erkenntnissen nun endgültig das Vorkommen sehr aggressiver *Verticillium*-Rassen im Hallertauer Anbaugebiet bestätigt werden. Im Zuge einer kürzlich begonnenen Dissertation konnten vielversprechende Experimente zur Etablierung eines für die Praxis notwendigen Diagnoseschnelltests durchgeführt werden. Mit Hilfe eines Homogenisators, unter Verwendung spezieller Glas/Keramik-Gemische und kommerzieller Pilzisolationskits konnte das Erbmaterial des *Verticillium*-Pilzes direkt aus frischen Hopfenreben extrahiert werden. Somit könnte der bislang notwendige, sehr arbeitsaufwändige und kostenintensive Schritt der Pilzanzucht vermieden werden.

## Ausblick

Schwerpunkt neben weiterführenden Molekular- und Virulenzanalysen wird die kürzlich begonnene Testung spezieller Bakterienstämme sein, die als Bioantagonisten junge Hopfenpflanzen in stark Welke-verseuchten Gärten vor dem Befall des *Verticillium*-Pilzes präventiv schützen könnten. Ein besonderes Augenmerk liegt auch auf der möglichen Resistenzselektion von Wildhopfen und Hüller Zuchtstämmen, die 2010 auf einer angepachteten, extrem *Verticillium*-kontaminierten Fläche gepflanzt wurden.

## **Monitoring von gefährlichen Viroid- und Virus-Infektionen an Hopfen in Deutschland**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz, AG Pathogendiagnostik und Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen
<b>Finanzierung:</b>	Wissenschaftliche Station für Brauerei in München
<b>Projektleitung:</b>	Dr. L. Seigner, Institut für Pflanzenschutz (IPS 2c); Dr. E. Seigner, A. Lutz (beide IPZ 5c)
<b>Bearbeitung:</b>	V. Auzinger, C. Huber, L. Keckel, M. Kistler, D. Köhler, F. Nachtmann (alle IPS 2c); A. Lutz, J. Kneidl (IPZ 5c)
<b>Kooperation:</b>	Dr. K. Eastwell, Washington State University, Prosser, USA Prof. Dr. R. Hückelhoven, TU-München, Wissenschaftszentrum Weihestephan, Lehrstuhl für Phytopathologie AG Hopfenbau und Produktionstechnik, IPZ 5a
<b>Laufzeit:</b>	01.04.2011 - 30.09.2011

### **Ziel**

Dieses Monitoring auf *Hop stunt viroid* (HSVd) und vier verschiedene Hopfenviren soll dazu beitragen, die Hopfenqualität und die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Hopfenbaus zu sichern. Infektionen mit Viren und Viroiden führen besonders unter stressauslösenden Witterungsbedingungen zu deutlichen Ertrags- und Alphasäurenverlusten. Nachdem diese Pathogene nicht direkt mit Pflanzenschutzmitteln bekämpft werden können, aber sehr leicht und schnell über Blattläuse oder mechanisch verbreitet werden können, sollen diese Untersuchungen unserer Zuchtgärten, der Vermehrungsbetriebe und Praxisgärten primäre Befallsherde aufdecken und letztlich eine weitere Verschleppung und Verbreitung dieser Infektionen verhindern.

### **Methoden**

Zu Beginn der Vegetationsperiode wurden junge Blattproben von Pflanzen mit verdächtigem Erscheinungsbild genommen. Zum sicheren Nachweis des Hopfenmosaik-Carlavirus (HMOV), des Apfelmosaik-Illarvirus (ApMV) und Arabismosaik-Nepovirus (ArMV) wurden die Hopfenproben mit dem DAS-ELISA (Double Antibody Sandwich Enzyme Linked Immunosorbent Assay) mittels kommerziell erhältlicher polyklonaler Antiseren untersucht. Um die Hopfenproben auf Hop stunt viroid (HSVd) und das Latente Hopfen-Carlavirus (HLV) zu testen, wurde die RT-PCR (Reverse Transkriptase-Polymerase-Ketten-Reaktion) eingesetzt unter Nutzung der Primer von Eastwell und Nelson (2007) bzw. nach Eastwell (pers. Mitteilung, 2009). Des Weiteren wurden mit dieser molekularen Technik einige Hopfensorten aus den USA auf das Latente Amerikanische Hopfen-Carlavirus (AHLV) geprüft. Zur Verifizierung einzelner Ergebnisse wurden PCR-Banden auch zur Sequenzierung gegeben.

Alle Untersuchungen wurden größtenteils von einer Bachelorstudentin der TUM in Zusammenarbeit mit dem Pathogendiagnoselabor, IPS 2c, in Freising durchgeführt.

## Ergebnisse

Auch 2011 wurde das 2008 begonnene Monitoring auf das Hop stunt viroid (HSVd) bei Hopfen fortgeführt. Darüber hinaus wurde das Blattmaterial auf HMV und ApMV, auf die auch routinemäßig von IPZ 5b in Hüll getestet wird, sowie auf HLV und ArMV untersucht. Insgesamt wurden 282 Blattproben von IPS 2c bearbeitet, die aus Praxisbetrieben aus der Hallertau, Tettang und dem Elbe-Saale-Gebiet, aus einem Vermehrungsbetrieb der Gesellschaft für Hopfenforschung sowie aus den verschiedenen Zuchtgärten in Hüll, Rohrbach, Schrittenlohe und Freising stammten. Auch Blätter von Hopfensorten, die aus dem Ausland kamen, wurden in das Monitoring mit einbezogen.

In allen Proben wurde kein HSVd detektiert, damit bleiben die neun im letzten Jahr detektierten mit HSVd infizierten Pflanzen, welche sofort entsorgt wurden, die einzigen unter den insgesamt 938 beprobten Hopfen, die seit 2008 gescreent worden sind. Allerdings konnte bei insgesamt 33 Pflanzen mit fehlender HSVd-Bande wegen der fehlgeschlagenen Internen RT-PCR-Kontrolle (Seigner et al., 2008) keine klare HSVd-Freiheit attestiert werden. Diese Ergebnisse seit 2008 können als beruhigend gewertet werden, da sie zeigen, dass bislang noch kein HSVd aus Ländern mit erhöhtem Infektionsdruck wie Japan in früheren Jahren und den USA, wo seit 2006 Hop stunt viroid-Infektionen bekannt sind, eingeschleppt wurde.

Anders zeigt sich die Situation bei den Viruserkrankungen. Auch in den Hüller Zuchtgärten sind der Befall mit HMV, ApMV und HLV recht massiv. Grund hierfür ist, dass viele der ausländischen Sorten schon seit Jahrzehnten in den Hüller Zuchtgärten ausgepflanzt sind. In den meisten Fällen wurde das Ausgangsmaterial überhaupt nicht auf Virusinfektionen untersucht und daher auch keine Anstrengungen unternommen, über Meristemkultur virusfreies Pflanzmaterial zu schaffen. Meist wurden diese Hopfen in Parzellen mit vier-Pflanzen angebaut und somit sind für eine Weitergabe der Viren mechanisch bzw. über Blattläuse aus diesen kleinen Infektionsherden an benachbarte Hopfen ideale Voraussetzungen gegeben. Oftmals traten auch Doppelinfektionen mit HLV/HMV bzw. HMV/ApMV auf und in wenigen Fällen wurden auch drei und in einem Fall alle vier Virusarten in einer Hopfenprobe erkannt. Beim Vermehrungsbetrieb der GfH wurden einige Pflanzen mit HMV- und HLV-Befall ausselektiert. Bei den Praxisproben, in denen vielfach HMV, ApMV und auch HLV einzeln oder in Kombination detektiert wurden, wird die tatsächliche Befallssituation überschätzt, weil ausschließlich von symptomzeigenden Hopfenpflanzen Probenmaterial zur Untersuchung gebracht wurde. Da die Positivkontrollen zu AHLV während der Testsaison 2011 noch nicht zur Verfügung standen, wurden lediglich stichprobenartig zehn US-Sorten mit der RT-PCR auf AHLV untersucht; bei sechs Hopfen wurde Befall festgestellt, der auch über die Sequenzierung bestätigt wurde. Dieses Monitoring beweist sehr augenfällig, dass die Virusdurchseuchung sehr gravierend ist.

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.

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.

## **Nachhaltige Optimierung der Bekämpfung von Blattläusen (*Phorodon humuli*) im Hopfen (*Humulus lupulus*) durch Bekämpfungsschwellen und Züchtung Blattlaustoleranter Hopfensorten**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Pflanzenschutz Hopfen
<b>Finanzierung:</b>	Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)
<b>Projektleitung:</b>	B. Engelhard (bis 03/2011), Dr. F. Weihrauch
<b>Bearbeitung:</b>	Dr. F. Weihrauch
<b>Kooperation:</b>	Hopfenpflanzer
<b>Laufzeit:</b>	01.04.2008 - 31.03.2011; während der Saison 2011 wegen ungenügender Datenlage in Eigeninteresse fortgeführt.

### **Ziel**

Im umfangreicheren Teil des Projektes sollte überprüft werden, ob und wenn ja, unter welchen Voraussetzungen (z.B. Sorte, Wachstumsstadium, Zeit bis zur Ernte) eine bestimmte Anzahl an Hopfenblattläusen pro Blatt bzw. Dolde geduldet werden kann, ohne dass zum Erntezeitpunkt die Dolden qualitativ und quantitativ negativ beeinflusst werden. Mit diesem Wissen soll ein Bekämpfungsschwellenkonzept formuliert werden. Da der Befallsdruck über zwei der drei eigentlichen Projektjahre 2008-2010 nur unzureichend war, wurde das Projekt 2011 in Eigeninteresse fortgeführt. Das Konzept soll zur 'Woche der Umwelt' der DBU auf Schloss Bellevue in Berlin am 5. und 6. Juni 2012 präsentiert werden.

### **Ergebnisse**

Im Gegensatz zum Vorjahr, wo es in 57 unbehandelten Kontrollparzellen nur in drei Fällen zu geringen Schäden gekommen war, führte der Blattlausbefall 2011 zum Teil zu drastischen Schäden. Insbesondere bei den Hochalphasorten wurden zum Teil bislang kaum gesehene Auswirkungen beobachtet, nämlich das 'Stehenbleiben' im Wachstum bei 75 % der Gerüsthöhe. Bei insgesamt 12 Versuchsernten (je drei der Sorten HM, HS, HT und PE) kam es ohne Insektizideinsatz in sieben Fällen zu signifikanten Ertragseinbußen (3 HM, 3 HS, 1 HT) und in vier Fällen (2 HM, 2 HS) zu signifikanten Einbußen bei den Alpha-Säuren. In einem Fall (HT) wurde in der unbehandelten Kontrolle ein signifikantes Plus an Alpha-Säuren erzielt. Bei fünf Vergleichen des Ertrages und bei sieben von Alpha-Säuren wurden keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen Insektizideinsatz und Kontrolle ermittelt.

Die weitere Auswertung der umfangreichen, im Zuge dieses Projektes erhobenen Daten soll bis zum Sommer 2012 weitgehend abgeschlossen werden.



## **Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen Luzernerüssler (*Otiorhynchus ligustici*) im Hopfenbau**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Pflanzenschutz Hopfen
<b>Finanzierung:</b>	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
<b>Projektleitung:</b>	B. Engelhard (bis 03/2011), Dr. F. Weihrauch, J. Schwarz
<b>Bearbeitung:</b>	J. Schwarz
<b>Kooperation:</b>	Teilprojekt des Verbundprojektes „Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen Bodenschädlinge“
<b>Laufzeit:</b>	01.03.2008 – 28.02.2012

### **Ziel**

- Bekämpfung von Rüsselkäferlarven im Boden mit entomopathogenen Nematoden (EPN) und entomopathogenen Pilzen (EPP), wobei möglichst eine dauerhafte Ansiedlung der Nutzorganismen erreicht werden soll.
- Erfassung der in den deutschen Hopfenanbaugebieten tatsächlich als Schädling auftretenden *Otiorhynchus*-Arten.

### **Ergebnisse**

In Topfversuchen im Semi-Freiland wurden definierte Mengen von Rüsselkäfer-Eiern ausgebracht. Zur Eiproduktion wurde ein eigenes Zuchtverfahren entwickelt, bei dem Käfer aus Hopfenanlagen gesammelt und in Haltungsgefäßen mit Luzerne bzw. Rotklee gefüttert wurden. Pro Topf wurden 25 Eier am Wurzelhals des eingesäten Rotklees auf die Erde appliziert und neben einer unbehandelten Kontrolle mit EPN und EPP behandelt. Aus bislang ungeklärten Gründen konnte – anders als in den Vorjahren – 2011 leider keine erfolgreiche Bekämpfung der Rüsselkäfer nachgewiesen werden, da auch in der unbehandelten Kontrolle die Larvenentwicklung ausblieb. Das Verbundprojekt ist mittlerweile beendet, doch die Topfversuche werden 2012 in Eigeninteresse fortgeführt.

Über Barberfallen wurde in den deutschen Hopfenanbaugebieten das Auftreten von Rüsselkäfer-Arten überprüft. Offensichtlich ist der Luzernerüssler *Otiorhynchus ligustici*, der in der Hallertau meist als 'Liebstöckelrüssler' bezeichnet wird, tatsächlich die einzige Art, die bundesweit regelmäßig als Schädling am Hopfen auftritt. Lediglich an einem Standort bei Geisenfeld konnte Schaden am Hopfen nachgewiesen werden, für den der Graue Knospenrüssler *Peritelus sphaeroides* verantwortlich war.

## **Überprüfung von zwei Prognosemodellen zur Bekämpfung des Echten Mehltaus im Hopfen und Einführung einer Prognose zur Bekämpfung der Krankheit in der Praxis**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Pflanzenschutz Hopfen
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft HVG e.G.
<b>Projektleitung:</b>	B. Engelhard (bis 03/2011), Dr. F. Weihrauch
<b>Bearbeitung:</b>	J. Schwarz, G. Meyr
<b>Laufzeit:</b>	01.01.2010 – 31.12.2012

### **Ziel**

Ein vorläufiges (nach empirischen Daten von B. Engelhard entwickelt) und ein witterungsgestütztes Prognosemodell (nach wissenschaftlichen Daten von S. Schlagenhauser entwickelt) wurden über mehrere Jahre entwickelt und bereits in Freilandversuchen überprüft. Der Infektionsdruck in mehreren unbehandelten Parzellen war in dieser Zeit zu gering, um endgültige Aussagen zur Treffsicherheit der Prognose machen zu können. Die Versuche dienen zur Klärung der Frage.

### **Ergebnisse**

An vier Standorten wurden in drei Sorten drei Varianten geprüft:

Hemhausen	-	HM, HT
Reitersberg	-	TU
Einthal	-	HM
Eichelberg	-	TU

An allen Standorten und allen Sorten waren unbehandelte Parzellen mit je ca. 500 m<sup>2</sup> und Parzellen, die nach den Spritzaufrufen der vorläufigen und der witterungsgestützten Prognosemodelle behandelt wurden.

Wie in den Vorjahren war auch 2011 der Befallsdruck mit Echtem Mehltau gering und beide Modelle lösten – mit einer Ausnahme – überhaupt keinen Spritzaufruf auf. Zur Ernte war dann entsprechend in den unbehandelten Parzellen ein viel zu geringer Befall zu verzeichnen, um aussagekräftige Ergebnisse zu bekommen.

Der einzige echte Spritzaufruf der Saison wurde vom 'vorläufigen Modell' für alle Sorten am 14.07. ausgelöst. Dazu kam in diesem Modell an drei Standorten ein präventiver Aufruf am 03.06. nach vier relevanten Tagesabschnitten vor dem Wochenende für anfällige Sorten. Im 'witterungsgestützten Modell' wurde gar kein Spritzaufruf erreicht, allerdings erfolgte hier ebenfalls ein präventive Behandlung aller Parzellen am 08.08., um für die Praxis das Risiko von Spätmehltau zu minimieren.

Die Versuche werden 2012 unverändert fortgeführt.

## **Reduzierung oder Ersatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Pflanzenschutz Hopfen
<b>Finanzierung:</b>	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN)
<b>Projektleitung:</b>	B. Engelhard (bis 03/2011), Dr. F. Weihrauch
<b>Bearbeitung:</b>	J. Schwarz, D. Ismann, G. Meyr
<b>Kooperation:</b>	Naturland-Hof Pichlmaier, Haushausen
<b>Laufzeit:</b>	19.04.2010 - 18.03.2013

### **Ziel**

Nach Umwelt- und Anwendertoxikologischer Beurteilung durch das Umweltbundesamt (UBA) sollten kupferhaltige Pflanzenschutzmittel generell nicht mehr angewendet werden. Ökobetriebe können zum derzeitigen Stand allerdings nicht auf diesen Wirkstoff verzichten. Es soll deshalb in einem dreijährigen Versuchsprogramm überprüft werden, wie weit die Kupfermengen pro Saison reduziert werden können, ohne die Qualität des geernteten Hopfens zu verschlechtern. Die derzeit erlaubte Aufwandmenge von 4,0 kg Cu/ha/Jahr soll zumindest um ein Viertel auf 3,0 kg Cu/ha/Jahr reduziert werden.

### **Ergebnisse**

- Es wurde erneut eine Peronosporastation zur Erfassung der Zoosporangien aufgestellt und ausgewertet. Im Vergleich zu den Warndienststationen in konventionellen Gärten lagen die Zoosporangienzahlen in diesem Öko-Hopfengarten 2011 bis um den Faktor 15 höher (2010 betrug der Faktor maximal 10). Zeitlich waren die Anstiege und Rückgänge der Zoosporangienzahlen wieder einigermaßen identisch.
- Aufgrund eines formalen Problems bei der US-Zulassung (NOP) konnten kurzfristig die geplanten Produkte auf Cu-Hydroxidbasis nicht wie 2010 verwendet werden. Stattdessen wurde das gesamte Versuchsprogramm mit dem NOP-unproblematischen Cu-Oxychlorid durchgeführt. Mit den Hydroxiden wären voraussichtlich noch bessere Ergebnisse möglich gewesen.
- Die Kupferaufwandmengen von 4,0, 3,0 bzw. 2,0 kg/ha waren auf sechs Spritzungen aufgeteilt. Zu jeder Spritzung wurden betriebsübliche Bio-Produkte (Gesteinsmehl, Braunalgen) in wechselnder Reihenfolge dazugegeben.
- In allen Varianten (Ausnahme unbehandelt) konnte marktfähiger Hopfen produziert werden.
- Zusätze der Pflanzenstärkungsmittel 'Herbagreen' und 'Biplantol' brachten eine Wirkungsverbesserung des Kupferprodukts. Mischungen mit dem kaliumphosphonat-haltigen 'Frutogard' führten wiederum zu den mit Abstand besten Ergebnissen.
- Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass der Versuch in der peronosporatoleranten Sorte Perle durchgeführt wurde.

## Schnellkäfer-Monitoring in Hopfengärten der Hallertau mit Pheromonfallen

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Pflanzenschutz Hopfen
<b>Finanzierung:</b>	Eigeninteresse; Syngenta Agro GmbH, Maintal
<b>Projektleitung:</b>	Dr. F. Weihrauch
<b>Bearbeitung:</b>	Dr. F. Weihrauch, J. Schwarz, A. Bogenrieder
<b>Kooperation:</b>	JKI Braunschweig, DPG (AK Getreideschädlinge), Universität Göttingen, Syngenta Agro GmbH, Maintal
<b>Laufzeit:</b>	2010 - 2012

### Ziel

Bei den allgemein als 'Drahtwürmer' bezeichneten Bodenschädlingen handelt es sich um die Larven von Schnellkäfern (*Elateridae*). Drahtwürmer haben in den letzten Jahren in stetig zunehmendem Maße Schäden am Hopfen verursacht, insbesondere bei Jungpflanzen. Allerdings ist das Wissen um die tatsächliche Biologie dieser Schädlinge bislang sehr begrenzt und bezieht sich z. B. hinsichtlich der Entwicklungsdauer der Larven hauptsächlich auf mehrere Jahrzehnte alte Studien des Saatschnellkäfers *Agriotes lineatus*. Andere Arten besitzen jedoch deutlich kürzere Entwicklungszeiten. Das müsste bei sinnvollen Bekämpfungsmaßnahmen natürlich Berücksichtigung finden. Das tatsächliche, aktuelle Artenspektrum der Schnellkäfer im Hopfen war bis dato jedoch unbekannt.

Um hier Abhilfe zu schaffen, wurde im Rahmen eines mehrjährigen, bundesweiten Verbundprojektes im Jahr 2010 auch in der Hallertau erstmals mit dem Monitoring von Schnellkäfern begonnen. Im zweiten Projektjahr 2011 wurden Fänge aus Pheromonfallen in einem Öko-Hopfengarten (Ursbach, Lkrs. Kelheim, 430 m ü.NN, Bodenart sandiger Lehm) und einem konventioneller Garten am Rand des Ilmtales (Eichelberg, Lkrs. Pfaffenhofen, 395 m ü.NN, Bodenart Sand) verglichen.

### Ergebnisse

Insgesamt wurden 2011 in 14 Wochen 207 Käfer (11 Arten) gefangen (Eichelberg: 123 Käfer, Ursbach: 84 Käfer). Der Gesamtfang beider Jahre verteilte sich bislang auf insgesamt 15 Arten, von denen die sechs *Agriotes*-Arten als landwirtschaftliche Schädlinge mit unterschiedlichem Schadpotential gelten (Tab. 1). Dominante Arten waren in zwei Fällen der Saatschnellkäfer *A. lineatus* und den anderen beiden Fällen der Düstere Humusschnellkäfer *A. obscurus*. Der Garten-Humusschnellkäfer *A. sputator* trat als dritte regelmäßig vorkommende Art an jedem Standort mäßig häufig auf. Diese drei Arten waren in den Fallen von Ende April bis Mitte Juli auch regelmäßig zu finden. Der ebenfalls stark schädigende Rauchige Schnellkäfer *A. ustulatus* wurde auch an allen Standorten registriert, allerdings nur im Hochsommer mit wenigen Individuen. Als erfreulich ist zu werten, dass der thermophile *A. sordidus*, der sich als gefährlicher Schädling in Mitteleuropa derzeit aus Süden entlang der großen Ströme (z. B. Oberrhein) ausbreitet, die Hallertau offensichtlich noch nicht erreicht hat.

## **Differenzierung des Welthopfensortiments mit Hilfe der niedermolekularen Polyphenole**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenqualität und -analytik
<b>Finanzierung:</b>	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten (StMELF)
<b>Projektleitung:</b>	Dr. K. Kammhuber
<b>Bearbeitung:</b>	Dr. K. Kammhuber, B. Sperr, E. Neuhof-Buckl, B. Wyschkon
<b>Laufzeit:</b>	01.01.2010 - 31.12.2011

### **Ziel**

Zuerst sollte eine geeignete Probenvorbereitung und HPLC-Methode ausgearbeitet und damit das ganze in Hüll verfügbare Welthopfensortiment untersucht werden. Das Ziel war herauszufinden, ob Hopfensorten unterscheidbar sind und eine Gruppierung, auch eventuell nach Ländern, möglich ist.

### **Ergebnisse**

Mit der entwickelten Probenvorbereitung und HPLC-Methode wurde das ganze Welthopfensortiment der Erntejahre 2009 und 2010 untersucht. Vor allem die Quercetin- und Kämpferolglykoside sind für die Sortenunterscheidung geeignet. In Zusammenarbeit mit Dr. Coelhan (Institut für chemisch technische Analyse TUM) wurden die Hauptkomponenten identifiziert. Einige Sorten unterscheiden sich sehr gut, viele Sorten wie die Landsorten sind aber doch in ihrer Flavonoidzusammensetzung sehr ähnlich. Eine Gruppierung nach Ländern ist nicht möglich. Mit Hilfe der Clusteranalyse wurde des Welthopfensortiments nach der Ähnlichkeit der Flavonoide in 20 Cluster eingeteilt.

## **Sortenreaktion auf Reduzierung der Gerüsthöhe (6 m) und Erprobung neuer PS-Applikationstechniken**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenbau und Produktionstechnik
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft HVG e.G.
<b>Projektleitung:</b>	J. Portner
<b>Bearbeitung:</b>	S. Fuß
<b>Kooperation:</b>	Fa. Mitterer, Terlan
<b>Laufzeit:</b>	01.01.2008 – 31.12.2011

### **Ziel**

In diesem Projekt wurde in mehreren Praxisgärten (Ertragsanlagen verschiedener Hopfensorten) das 7 m hohe Hopfengerüst im Bereich der Versuchsparzellen auf 6 m reduziert. Ziel ist es, die Reaktion verschiedener Sorten hinsichtlich Pflanzenentwicklung, Krankheits- und Schädlingsbefall, Ertrag und Qualität bei verminderter Gerüsthöhe zu untersuchen. Bei den Aromasorten finden die Versuche mit den Sorten Perle und Hall. Tradition statt, bei den Bittersorten mit Hall. Magnum, Hall. Taurus und Herkules.

Im zweiten Projektteil soll ein modifiziertes Sprühgerät der Fa. Mitterer für niedrigere Gerüsthöhen (aus dem Obstbau) mit der herkömmlichen Sprühgerätetechnik verglichen werden. Untersucht werden soll hierbei, inwieweit der Wasseraufwand reduziert, die Wirkstoffanlagerung verbessert und die Umweltgefährdung durch Abdrift vermindert werden kann.

### **Ergebnisse**

Tendenziell war der Ertrag in der 7 m Anlage höher, bei der Sorte Herkules sogar hoch signifikant. Beim Alphasäuregehalt waren kaum Unterschiede zwischen den Gerüsthöhen festzustellen. Auffällig war, dass in der niedrigeren Gerüsthöhe im Durchschnitt der Versuchsjahre bei allen Sorten (außer Perle) ein signifikant höherer Wassergehalt des Grünhopfens gemessen wurde. Dies deutet darauf hin, dass der optimale Erntezeitpunkt bei niedrigerer Gerüsthöhe später erreicht wird. Bei den Doldenbonituren waren keine Unterschiede in der Größe und hinsichtlich des Krankheitsbefalls zu beobachten.

Die Auswertung der umfangreichen Applikationsversuche und Belagsmessungen mit dem modifizierten Sprühgerät war bei Redaktionsschluss des Jahresberichts noch nicht abgeschlossen und wird separat veröffentlicht.

### **Untersuchungen zur Statik von Hopfengerüstanlagen**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenbau und Produktionstechnik
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft HVG e.G.
<b>Projektleitung:</b>	J. Portner
<b>Bearbeitung:</b>	S. Maier (Dipl.-Bauing.)
<b>Laufzeit:</b>	2010 – 2012

### **Ziel**

Aufgrund verheerender Sturmereignisse in den letzten Jahren, die in der Hallertau zum Einsturz von Hopfengerüstanlagen vor der Ernte geführt haben, soll untersucht werden, welche Vorzüge und Schwächen die unterschiedlichen Bauformen von Gerüstanlagen in den verschiedenen Anbaugebieten haben und ob Verbesserungen hinsichtlich der Statik möglich sind.

### **Ergebnisse**

Mit Unterstützung einer Bauingenieurin, die von einem Hopfenbaubetrieb stammt und Statikerfahrung besitzt, haben Studenten der FH Regensburg, Fakultät Bauingenieurwesen, 2010 im Rahmen einer Projektarbeit nach umfangreicher Literaturrecherche und Exkursionen in die Hopfenanbaugebiete Hallertau, Tettang und Elbe-Saale Modellberechnungen zu den verschiedenen Gerüstbauformen (Hallertauer -, Tettanger- und Elbe-Saale-Gerüst) durchgeführt. Dabei konnten Stärken und Schwächen der verschiedenen Anlageformen aufgezeigt und Verbesserungsvorschläge gemacht werden. Die Ergebnisse wurden in einem Gesamtkatalog zusammengefasst und auf verschiedenen Veranstaltungen mit den Gerüstbauern und Hopfenpflanzern diskutiert. Dabei aufgeworfene Fragestellungen sollen mit weitergehenden Untersuchungen und Berechnungen in den Jahren 2011 und 2012 geklärt werden.

## **Entwicklung und Optimierung einer Maschine zur automatischen Hopfenpflücke**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenbau und Produktionstechnik und Institut für Landtechnik und Tierhaltung
<b>Finanzierung:</b>	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
<b>Projektleitung:</b>	J. Portner
<b>Bearbeitung:</b>	IPZ 5 und Dr. G. Fröhlich, Dr. Z. Gabor, (ILT)
<b>Kooperation:</b>	Fa. Fuß Maschinenbau GmbH & Co. KG, Schkölen
<b>Laufzeit:</b>	01.09.2011 – 31.03.2014

### **Ziel**

Ziel ist das manuelle Einhängen der Hopfenreben in den Einzugsarm der Hopfenpflückmaschine zu automatisieren, so dass bei gleicher Pflückqualität die dafür herangezogenen meist ausländischen Saisonarbeitskräfte ersetzt werden können.

Zur Umsetzung werden im ersten Schritt die 6 - 7 m langen Hopfenreben in einer zu entwickelnden Schneidvorrichtung in 0,5 - 1 m lange Stücke vorgeschritten. Eine Dosiereinrichtung führt die Rebenabschnitte gleichmäßig einer modifizierten Pflückeinheit zu, die im wesentlichen dem bereits verbesserten Nachpflücker der Firma Fuß entspricht. Dort werden die Hopfendolden von den Rebenteilen getrennt und gelangen wie bisher zusammen mit den abgepflückten Blättern zur Reinigungseinheit.

### **Ergebnisse**

In der Hopfenernte 2011 wurden unterschiedliche Anordnungen der künftigen Schneidvorrichtung getestet und die Vorpflücke mit einer Hochgeschwindigkeitskamera gefilmt. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Entwicklung und Konstruktion eines Prototyps zur automatischen Hopfenpflücke ein, der 2012 erstmals in der Ernte getestet werden soll.

## **Optimierung des Bewässerungsmanagements im Hopfenanbau**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenbau und Produktionstechnik
<b>Finanzierung:</b>	Dt. Bundesstiftung Umwelt und Erzeugergemeinschaft HVG e.G.
<b>Projektleitung:</b>	Dr. M. Beck
<b>Bearbeitung:</b>	T. Graf, J. Münsterer
<b>Kooperation:</b>	Dr. M. Beck, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf A. Werner, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Fa. ATEF, Oberhartheim
<b>Laufzeit:</b>	01.12.2011 – 30.11.2014

### **Ziel**

Mit dem Einsatz von Bewässerungssystemen können Ertragsschwankungen im Hopfenanbau vermindert und eine gleichmäßige Marktbelieferung mit hohen Qualitäten sichergestellt werden. Zur Bewässerung werden fast ausschließlich Tropfschläuche verwendet.

Aufgrund mangelnder Erfahrung und fehlender Information werden diese meist nach Gefühl installiert und betrieben. Als Folge eines ineffizienten Betriebs können hohe Kosten sowie Umweltprobleme aufgrund von hohem Wasserverbrauch und Nährstoffverlagerungen entstehen.

Zur Untersuchung der Frage der Positionierung der Tropfschläuche als auch für die Ermittlung des optimalen Bewässerungszeitpunktes und der Bewässerungsmenge sowie für die Auswahl der in Frage kommenden Bodenfeuchtesensoren sind Feldversuche auf verschiedenen Bodenarten zunächst an der Hopfensorte Herkules geplant. Ertragsabhängige Ergebnisse sollen gleichzeitig mit physiologischen Untersuchungen bezüglich Wasserstress in Korrelation zu unterschiedlichen Saugspannungswerten und unter Berücksichtigung meteorologischer Daten untermauert werden. Am Ende des Projektes sollen die grundlegenden Ergebnisse und Empfehlungen in Form eines Leitfadens veröffentlicht werden.

## **1.2      Forschungsschwerpunkte**

### **1.2.1    Forschungsschwerpunkte Züchtung**

#### **Neuer Trend in der Hopfenzüchtung – Hopfen mit blumigen, zitrusartigen und fruchtigen Aromanoten**

<b>Leitung:</b>	A. Lutz, Dr. E. Seigner
<b>Bearbeitung:</b>	A. Lutz, J. Kneidl, Team von IPZ 5c
<b>Kooperation:</b>	Dr. K. Kammhuber, Team von IPZ 5d Anheuser-Busch InBev, W. Lossignol BayWa, Dr. D. Kaltner Bitburger Braugruppe, Dr. S. Hanke Brauerei Schönram, E. Toft Brauerei Veltins, W. Bauer, Hopfenveredlung St. Johann, A. Gahr Hopfenverwertungsgenossenschaft HVG Hopsteiner J. Barth & Sohn New Glarus Brewing Company, D. Carey Städt. Berufsschule für das Braugewerbe, München, D. Stegbauer The Boston Beer Company, D. Grinnell Urban Chestnut Brewing Company, F. Kuplent



## **Ziel**

2006 wurden die ersten Kreuzungen durchgeführt, mit der erstmalig in der Züchtungsgeschichte Hüls fruchtige, zitrusartige und blumige Aroma- und Geschmacksnoten bei Hopfensorten realisiert werden sollten. Damit unterstützt das Hüller Züchtungsprogramm die Bestrebungen von US-Craft Brewern, mit neuartigen Zitrus- und Frucht nuances die Vielfalt ihrer Biere entscheidend zu vergrößern. Zunehmend greifen auch andere kreative Brauer außerhalb dieser Szene diese neue „Bierphilosophie“ auf.

## **Material und Methoden**

Bis 2011 wurden 33 Kreuzungen, die dieses Zuchtziel verfolgen, durchgeführt. Alle Sämlinge wurden auf Krankheitsresistenz, Wüchsigkeit, Geschlecht, Doldenansatz und -behang vorselektiert. Nur Zuchtstämme, die angenehme, fruchtige oder blumige Arom nuances besaßen, wurden beerntet. Das Aroma von trockenen Hopfendolden wurde organoleptisch bestimmt und auch chemisch analysiert. Bittersubstanzen wurden mit der HPLC-Methode nach EBC 7.7 bestimmt. Die ätherischen Ölkomponenten wurden als Wasserdampfdestillat mit dem Gaschromatographen nach den EBC-Methoden 7.10 und 7.12 analysiert und quantifiziert. Routinemäßig wurde allerdings die Headspace-GC eingesetzt.

## **Ergebnisse**

Von den 33 durchgeführten Kreuzungen beruhen die meisten auf der US Sorte Cascade, die spezielle Aromacharakteristika ihrer nordamerikanischen Vorfahren zeigt. Auf der Vaterseite wurde Hüller Zuchtmaterial verwendet, das für feine Aromaqualität europäischem Ursprung steht und verbesserte Krankheitsresistenz sowie gesteigerte agronomische Leistungsfähigkeit mitbringt. 2.208 vorselektierte weibliche Stämme aus diesem Zuchtprogramm wurden als Einzelpflanzen in Hüll drei Jahre lang angebaut und bonitiert. Die erfolgversprechendsten Stämme werden in Wiederholung an zwei verschiedenen Standorten angebaut, um ihre Anbaueignung zu prüfen. Mehrere Zuchtstämme, die diesem neuen Aroma- und Geschmackstrend entsprachen, wurden beerntet und chemisch analysiert, wobei Cascade mit seinem fruchtig-zitrusartigem Aroma als Vergleichssorte verwendet wurde. Erste Brauversuche mit acht neuen Hüller Zuchtstämmen sind sehr vielversprechend. In den Bieren entfalteten sich einzigartige Aromen, die an Mandarine, Melone, Grapefruit, Pfirsich erinnern, es wurden auch blumige und harzige Duftnoten festgestellt.

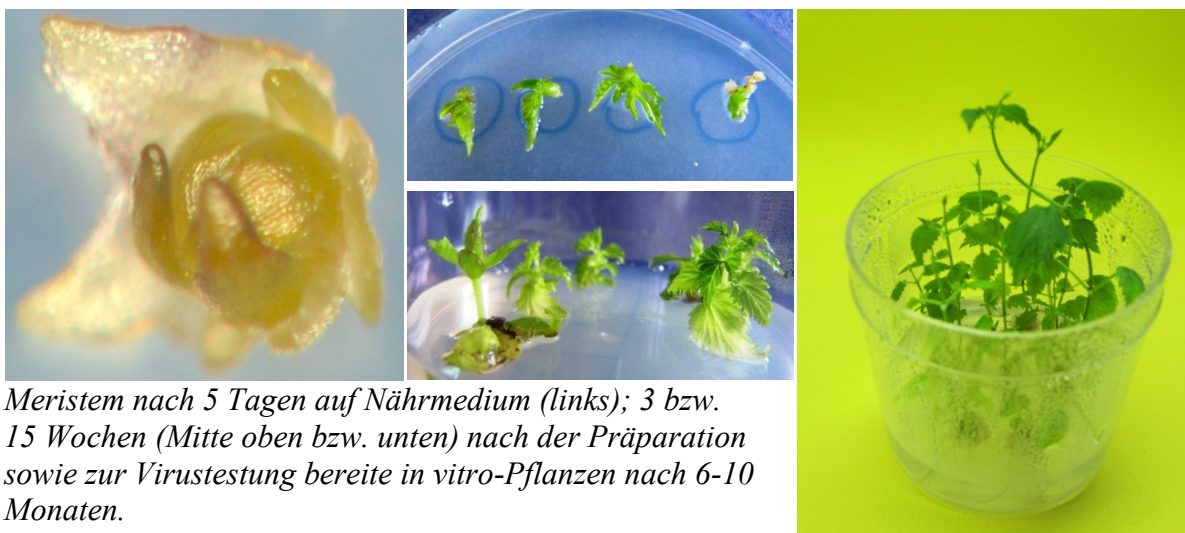
Zum ersten Mal hat die Hüller Züchtung Hopfen mit verschiedensten fruchtigen, zitrusartigen und auch blumigen Aroma- und Geschmacksstoffen hervorgebracht, die von kreativen Brauern auf der ganzen Welt nachgefragt werden. Zwei Zuchtstämme wurden beim Europäischen Sortenamt zur Registrierung als Sorte angemeldet.

## Meristemkulturen zur Eliminierung von Viren - Grundvoraussetzung für virusfreies Pflanzmaterial

**Leitung:** Dr. E. Seigner  
**Bearbeitung:** B. Haugg, A. Lutz  
**Kooperation:** O. Ehrenstraßer, IPZ 5b  
Dr. L. Seigner, IPS 2c und Team

### Ziel und Methoden

Mit der Meristemkultur gelingt es, virusfreie Hopfenpflanzen zu erzeugen. Dabei wird die oberste Wachstumszone (= Meristem), die sich am Ende der Sprossspitze befindet, nach einer Hitzebehandlung der Sprossspitzen heraus präpariert. Diese 0,2-0,3 mm großen Zellbildungszentren gelten nach der Hitzetherapie als virusfrei. Auf speziellen Nährmedien wachsen diese Meristeme zu vollständigen Pflanzen heran. Zur Absicherung des virusfreien Zustandes der aus den Meristemen erzeugten Hopfen werden ihre Blätter mit der ELISA (enzyme linked immunosorbent assay)-Technik bzw. der RT-PCR auf vier verschiedene Viren und auf Hop stunt viroid untersucht.



*Meristem nach 5 Tagen auf Nährmedium (links); 3 bzw. 15 Wochen (Mitte oben bzw. unten) nach der Präparation sowie zur Virustestung bereite in vitro-Pflanzen nach 6-10 Monaten.*

### Ergebnisse

Die Bedeutung von virusfreiem Pflanzmaterial als Teil der Qualitätsoffensive wird in Abschnitt 4.1.4 erläutert.

Nach dem Ausscheiden von Herrn Hesse musste die Technik neu etabliert werden. Wüchsigkeit und Vitalität des Ausgangsmaterials, deutliche jahreszeitlich bedingte Schwankungen im Wachstum des Meristems und der damit verbundenen Entwicklung von Pflanzen sowie unterschiedliches *in vitro*-Wachstum der verschiedenen Genotypen, all diese Faktoren beeinflussten die Effektivität der Meristemkultur-Technik zur Erzeugung von virusfreien Hopfenpflanzen. Um die speziellen Anforderungen verschiedener Genotypen zu erfüllen, wurden verschiedene Varianten des Standard-*in vitro*-Mediums eingesetzt.

Sehr effektiv konnten mit der Regeneration von Pflanzen aus den hitzebehandelten Meristemen alle HMV(Hopfenmosaikvirus)-infizierten Ausgangspflanzen von diesem Virus befreit werden. Schwieriger war es, ApMV (Apfelmosaikvirus) zu eliminieren.

Sicherlich waren 70 % der hitzetherapierten Meristem-Pflanzen frei, aber bei 30 % konnte noch das ApMV mittels ELISA oder RT-PCR nachgewiesen werden. Der Virusfreimachungsprozess ist umso wirkungsvoller je höher die Temperatur der Hitzebehandlung und je länger diese Hitze auf das Ausgangsmaterial einwirkt. Darüber hinaus können herauspräparierte Meristeme mit einer Größe von < 0,5 mm besonders effektiv von Viren befreit werden. So stieg mit der längeren Praxiserfahrung im Schneiden der Meristeme die Anzahl der virusfreien Pflanzen.

Andererseits tolerierten Meristeme bestimmter Sorten wie z. B. von Hüller Bitterer längere Hitzetherapiephasen, während insbesondere die englische Sorte Wye Target als sehr sensibel einzustufen war, was zum Absterben mehrerer herauspräparierter Meristeme bei dieser Sorte führte.

Da im Ausgangsmaterial neben den Kombinationen HMV/ApMV auch HLV (latentes Hopfenvirus) detektiert wurde und HLV-Infektionen, wie das Virus-Monitoring 2011 (siehe 4.1.4) zeigte, sehr weit verbreitet sind, soll künftig die Testung auch auf HLV erfolgen. Bislang wurde routinemäßig nur auf HMV und ApMV mit der ELISA-Technik getestet. Zum einen waren bei umfassenden Untersuchungen vor gut 20 Jahren durch Frau Dr. Kremheller Infektionen mit dem latenten Hopfenvirus in den deutschen Hopfenanbaugebieten als unbedeutend eingestuft worden, zum anderen war und ist kein Antiserum für die ELISA-Testung auf HLV kommerziell zu erwerben. Erst im Rahmen des von der Wissenschaftlichen Station für Brauerei in München geförderten Projektes zum Monitoring von Virus- und Viroidinfektionen bei Hopfen wurde die RT-PCR als molekulare Alternative zur Untersuchung auf HLV von der Pathogendiagnostik-Gruppe (IPS 2b) erarbeitet (siehe 4.1.4) worden. So konnten nachfolgend die Ausgangspflanzen und auch die aus den Meristemen entstandenen Pflanzen auch auf HLV- und AHLV-Infektionen hin untersucht werden. Dabei zeigte sich, dass aus dem virusverseuchten Ausgangsmaterial sehr erfolgreich Pflanzen regeneriert werden konnten, bei denen auch HLV eliminiert worden war. AHLV-Befall konnte in unseren Ausgangspflanzen ausgeschlossen werden.

Des Weiteren wurden alle Ausgangspflanzen mit der RT-PCR als HSVd-frei bestätigt (Methodik siehe 4.1.4). Inwieweit die Meristemkultur mit vorgeschalteter Hitzetherapie bzw. Kältetherapie es ermöglicht, auch aus Hop stunt viroid-infizierten Hopfen das Viroid zu eliminieren, daran wird seit Jahren geforscht.

Diese Arbeiten zeigen sehr augenfällig, wie wichtig diese Meristemkultur für die Bereitstellung von virusfreiem Pflanzmaterial ist.

Adams, A.N. 1975. Elimination of viruses from hop (*Humulus lupulus*) by heat therapy and meristem culture. J. Hort. Sci 50:151-160.

Kremheller, H. T., Rossbauer, G., and Ehrmaier, H. 1989. Reinfection of virus-free planted hop gardens with *Prunus* necrotic ringspot and hop mosaic virus. Effects of the virus infection upon the yield, alpha acids, and the disease symptoms of the various hop varieties. 133-136 in: Proc. Int. Workshop Hop Virus Dis. Giessen.

Kremheller, H.T., Ehrmaier, H., Gmelch, F., Hesse, H. (1989): Production and propagation of virus-free hops in Bavaria, Federal Republic of Germany. Deut. Phytomed. Gesellschaft, 131-134.

Momma, T., and Takahashi, T. (1983): Cytopathology of shoot apical meristem of hop plants infected with hop stunt viroid. Phytopath. Z., 106, 272-280.

Adams, A. N., D. J. Barbara, A. Morton, and P. Darby. 1996. The experimental transmission of Hop latent viroid and its elimination by low temperature treatment and meristem culture. Annals of Applied Biology 128:37-44.

## 1.2.2 Forschungsschwerpunkte Hopfenbau, Produktionstechnik

### Versuche zur Bewässerungssteuerung im Hopfenanbau

**Bearbeitung:** J. Münsterer

In einem Bewässerungsversuch am Standort Schafhof werden die für einen optimalen Hopfenantrag erforderlichen Bewässerungsmengen und -zeitpunkte in verschiedenen Versuchsvarianten und Stufen ermittelt. Verglichen wurde die betriebsübliche Bewässerungssteuerung mit computergestützten Wasserhaushaltsmodellen und direkten Verfahren zur Messung der Bodenfeuchte. Die begonnenen Untersuchungen werden im Rahmen des unter 1.1 beschriebenen Forschungsprojekts zum Bewässerungsmanagement im Hopfenbau fortgeführt.

### Positionierung der Tropfschläuche bei der Hopfenbewässerung

**Bearbeitung:** J. Münsterer

An den zwei vom Boden her unterschiedlichen Standorten Ilmendorf und Oberempfenbach wird überprüft, inwiefern bei betriebsüblicher Hopfenbewässerung eine unterschiedliche Positionierung der Tropfschläuche Auswirkungen auf Wachstum und Ertrag hat. Verglichen wird die Bewässerung mit auf dem Bifang verlegten Schläuchen mit einer Variante, bei der die Tropfschläuche seitlich neben dem Bifang im Boden dauerhaft eingezogen wurden. In der Praxis werden die Tropfschläuche aus arbeitswirtschaftlichen Gründen auch in der Fahrgassenmitte positioniert. Diese Art der Positionierung wird in einer zusätzlichen Versuchsvariante auf einem Lehm Boden in Unterhartheim und auf einem Sandboden in Eichelberg untersucht.

### Optimierung der Stickstoffdüngung durch Bandapplikation

**Leitung:** J. Portner

**Bearbeitung:** E. Niedermeier

**Laufzeit:** 2007 – 2012

Frühere Versuche aus der Hallertau und aus Thüringen belegen, dass mit der Banddüngung gegenüber einer flächigen Ausbringung bis zu ein Drittel der Stickstoffdüngung ohne Ertragseinbußen eingespart werden kann. Neben positiven Effekten für die Umwelt ergeben sich Vorteile in Hopfenbaubetrieben, die bei der Stickstoffdüngung an die Grenzen des tolerierbaren Saldoüberhangs im Nährstoffvergleich nach der Düngeverordnung stoßen.

Der angelegte Stickstoffsteigerungsversuch geht der Frage nach, ob die Grenze des Saldoüberhangs von 60 kg N/ha im Hopfenbaubetrieb ausreichend ist und tatsächlich mit der Banddüngung Stickstoff eingespart werden kann.

## **Erprobung eines Witterungsmodells Adcon für den Peronospora-Warndienst**

**Leitung:** J. Portner  
**Bearbeitung:** J. Schätzl  
**Laufzeit:** 2008 – 2013

Zur Vorhersage der Peronosporabefallswahrscheinlichkeit wird täglich an 5 Stationen in der Hallertau und jeweils an einem Standort in Spalt und Hersbruck die Anzahl der Zoosporangien mit Sporenfallen ermittelt. Bei Überschreitung der Schadschwelle und günstigen Witterungsbedingungen für den Schaderreger erfolgt ein regional- und sortendifferenzierter Spritzaufwurf.

In anderen Anbaugebieten (Elbe-Saale, Tschechien) wird die Warndienstvorhersage ohne Kenntnis des Infektionspotentials lediglich mit Witterungsmodellen gemacht. Inwieweit das zeit- und arbeitsintensive Auszählen der Zoosporangien notwendig ist, soll in einem 5jährigen Versuch an den Peronosporastandorten ermittelt werden. Dazu wird der von den Adcon-Wetterstationen errechnete Index mit den Aufrufen nach dem Kremheller-Modell verglichen, um einen Adcon-Schwellenwert für anfällige und tolerante Sorten zu bestimmen. In Exaktversuchen wird überprüft, ob die unterschiedlich generierten Spritzaufwürfe ertrags- und qualitätsbeeinflussend waren.

### **1.2.3 Forschungsschwerpunkte Hopfenqualität und Analytik**

#### **Durchführung aller analytischen Untersuchungen zur Unterstützung der Arbeitsgruppen des Arbeitsbereichs Hopfen, insbesondere der Hopfenzüchtung**

**Leitung:** Dr. K. Kammhuber  
**Bearbeitung:** E. Neuhof-Buckl, S. Weihrauch, B. Wyszkon, C. Petzina, B. Sperr, M. Hainzmaier, Dr. K. Kammhuber  
**Kooperation:** AG Hopfenbau/Produktionstechnik, AG Pflanzenschutz Hopfen, AG Züchtungsforschung Hopfen  
**Laufzeit:** Daueraufgabe

Hopfen wird vor allem wegen seiner Inhaltsstoffe angebaut und kultiviert. Deshalb ist für eine erfolgreiche Hopfenforschung die Analytik der Inhaltsstoffe unverzichtbar. Die Arbeitsgruppe IPZ 5d führt alle analytischen Untersuchungen durch, die zur Unterstützung von Versuchsfragen der anderen Arbeitsgruppen benötigt werden. Insbesondere die Hopfenzüchtung selektiert Zuchtstämme nach den vom Labor erarbeiteten Daten.

## **Entwicklung einer NIRS-Kalibrierung für den $\alpha$ -Säuren- und Wassergehalt**

<b>Leitung:</b>	Dr. K. Kammhuber
<b>Bearbeitung:</b>	E. Neuhof-Buckl, B. Wyszkon, C. Petzina, M. Hainzlmaier, Dr. Klaus Kammhuber
<b>Laufzeit:</b>	September 2000 bis Ende offen

Seit dem Jahr 2000 wurde von Hüll und den Laboratorien der Hopfenverarbeitungsfirmen eine NIRS-Kalibrierung für den  $\alpha$ -Säuregehalt basierend auf HPLC-Daten entwickelt, um die steigende Anzahl der nasschemischen Untersuchungen durch eine billige Schnellmethode zu ersetzen. Ziel war, eine für die Praxis akzeptierbare Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit zu erhalten.

In der Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik (AHA) wurde beschlossen, dass diese Methode dann für die Praxis geeignet ist und als analytische Methode für die Hopfenlieferungsverträge genutzt werden kann, wenn sie mindestens genauso exakt ist wie die konduktometrische Titration nach EBC 7.4.

Da aber keine Verbesserung mehr möglich war, wurde entschieden die Entwicklung der gemeinsamen Kalibrierung im Jahr 2008 zu beenden. Im Hüller Labor werden jedoch die Arbeiten zur NIRS-Entwicklung fortgeführt. Es wird auch an einer Wassergehaltsbestimmung gearbeitet. Als Screening Methode für die Hopfenzüchtung ist NIRS geeignet und spart sehr viel Arbeitszeit und Kosten für Chemikalien.

## **Entwicklung von Analysenmethoden für die Hopfenpolyphenole**

<b>Leitung:</b>	Dr. K. Kammhuber
<b>Kooperation:</b>	Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik (AHA)
<b>Bearbeitung:</b>	E. Neuhof-Buckl, Dr. K. Kammhuber
<b>Laufzeit:</b>	2007 bis Ende offen

Die Polyphenole werden vor allem wegen ihrer für die Gesundheit positiven Eigenschaften immer mehr interessant hinsichtlich alternativer Anwendungen von Hopfen. Deshalb ist es wichtig, geeignete Analysenmethoden zur Verfügung zu haben. Es gibt bis jetzt noch keine offiziellen standardisierten Methoden. Seit dem Jahr 2007 wird innerhalb der AHA an einer Verbesserung und Standardisierung der Analysenmethoden für den Gesamtpolyphenol- und Gesamtflavanoidgehalt gearbeitet.

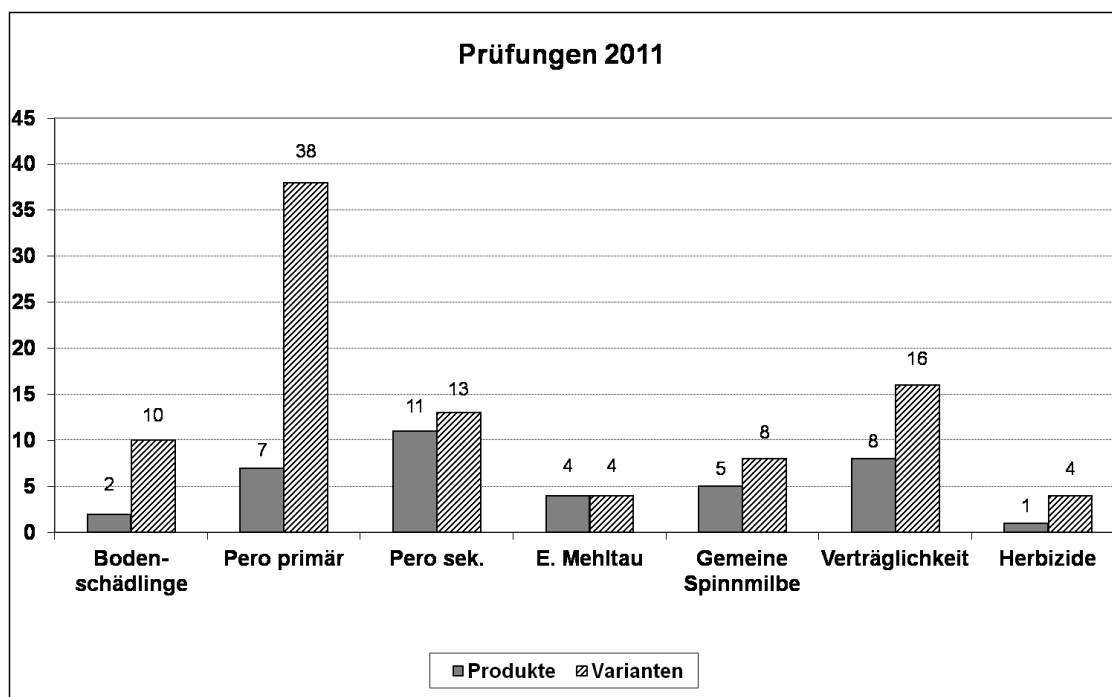
Die letzten Ringversuche mit internationaler Beteiligung zeigten so hohe Variationskoeffizienten vkR, dass diese Methoden noch nicht als offizielle Methoden geeignet sind. In Zukunft soll der Fokus mehr auf spezifischere HPLC-Methoden gerichtet sein.

## 1.2.4 Pflanzenschutz im Hopfen

### Prüfung von Pflanzenschutzmitteln für die Zulassung bzw. Genehmigung und Beratungsunterlagen 2011

**Leitung:** B. Engelhard

**Bearbeitung:** J. Schwarz, G. Meyr, J. Weiher, O. Ehrenstraßer, M. Felsl



## 2 Witterung und Wachstumsverlauf 2011

### LA Erich Niedermeier

Das warme und trockene Frühjahr 2011 führte zu einer guten Bodenstruktur und erleichterte die Boden-, Anleit- und Pflegearbeiten. Hopfen kann als Dauerkultur das Wasser aus tieferen Schichten nutzen, so dass der Wasserbedarf im Frühjahr lange Zeit gedeckt werden kann.

Negativ wirkte sich die Trockenheit auf die Gießbehandlungen gegen Peronospora-Primärinfektion und gegen Bodenschädlinge aus, da die Pflanzenschutzmittel in der oberen Bodenzone verblieben und wegen fehlendem Wasser in zu geringem Umfang von den Wurzeln aufgenommen werden konnten.

Frostschäden Anfang Mai führten zu Ausfällen einzelner Triebe aber zu keinen wirtschaftlichen Schäden. Durch das warme Frühjahr hatte der Hopfen einen Entwicklungsvorsprung von bis zu 14 Tagen, so dass weit entwickelte Hallertauer Mfr. und einige Hallertauer Magnum Bestände vorzeitig blühten.

Ein Witterungsumschwung kam mit dem Hagelsturm am 6. Juni. In kurzer Zeit fielen in der südöstlichen Hallertau bis zu 70 mm Niederschlag und verursachten enorme Abschwemmungen und Erosionsschäden.

Im weiteren Verlauf folgte ein regenreicher und kühler Sommer. Der anfängliche Entwicklungsvorsprung schmolz dahin, so dass der Erntebeginn bei den meisten Sorten im langjährigen Durchschnitt lag. Ab Mitte August kam der Hochsommer mit schwül-heißer Witterung zurück, die positiv auf die Inhaltsstoffbildung und auf den Ertrag wirkte.

### **Witterungsverlauf, Extreme und Auswirkungen auf die Ernte**

- Früher Vegetationsbeginn

Am 7. Februar wurden in Südbayern vorfrühlingshafte 10 - 15 °C gemessen. Hasel und vereinzelt Erlen begannen - früher als gewöhnlich - in warmen Regionen zu blühen. Ab Monatsmitte strömte wieder Kaltluft aus Osteuropa mit bis zu -10 °C nach Bayern ein. Die Natur kehrte zur Vegetationsruhe zurück. Die Niederschläge im Februar blieben unterdurchschnittlich. Der Gesamtwinter brachte für unseren Breitengrad einen schneereichen Dezember, einen milden Januar und einen zweigeteilten Februar.

Es folgte der sonnenreichste März seit 1953. Ab Monatsmitte blühte der Huflattich auf und gab den Startschuss für die Aussaat von Sommergetreide und zum Aufdecken und Schneiden des Hopfens. Die Niederschläge blieben wieder unterdurchschnittlich.

- Überdurchschnittlich warmer und trockener April

Mit 11,1 °C Durchschnittstemperatur an der Wetterstation Hüll lag der April um 2 °C über dem 10-jährigen Mittel. Weit unterdurchschnittlich waren die Niederschläge mit 36,3 mm gegenüber 59,2 mm im 10-jährigen Mittel. Die nördliche Hallertau, hinein in den Donauraum verzeichnete mit 14,4 mm noch geringere Niederschläge (agrometeorologische Wetterstation Sandharlanden). Bei traumhaft trockenen Bodenverhältnissen waren alle Bodenbearbeitungs- und Stockpflagemassnahmen ohne Strukturschäden durchführbar. Negativ wirkte sich die Trockenheit auf die Gießbehandlungen gegen Peronospora-Primärinfektion und gegen Bodenschädlinge aus, da die Pflanzenschutzmittel in der oberen Bodenzone verblieben und wegen fehlendem Wasser in zu geringem Umfang von den Wurzeln aufgenommen werden konnten.

Das Anleiten der Triebe konnte im April weitgehend abgeschlossen werden. Das 1. Anackern folgte unmittelbar, so dass Anfang Mai die Bodenbearbeitung, einschließlich der Einarbeitung der Zwischenfrüchte abgeschlossen war.

- Etwa 14 Tage Vegetationsvorsprung im Mai

Ein überdurchschnittliches Längenwachstum von 3,5 - 6 m lag Ende Mai sorten- und lagebedingt vor. Am 04.05. wurden an der Wetterstation Hüll in 2 m Höhe -1,9 °C gemessen und in 20 cm über dem Boden -2,4 °C. Frostschäden führten in Tallagen zu Ausfällen einzelner Triebe. Im Gegensatz zu Obst- und Weinbau waren aber keine wirtschaftlichen Schäden zu verzeichnen.

Mit 64,2 mm Niederschlag fielen um 37,5 mm weniger als im 10-jährigen Mittel. Das Niederschlagsdefizit, einhergehend mit einer unterdurchschnittlichen Luftfeuchtigkeit, setzte sich fort. Während andere landwirtschaftliche Kulturen unter der Trockenheit litten und Ertragseinbußen zu verzeichnen waren, konnte die Dauerkultur Hopfen mit seinem ausgedehnten Wurzelwerk die Wasserreserven in tieferen Bodenschichten erschließen. Die jungen Hopfentriebe benötigen aufgrund der geringen Blattfläche im Frühjahr außerdem noch wenig Wasser.



Durch das warme Frühjahr hatte der Hopfen einen Entwicklungsvorsprung von bis zu 14 Tagen, so dass weit entwickelte Hallertauer Mfr. und einige Hallertauer Magnum Bestände vorzeitig blühten.

In den letzten Maitagen wurde zur Unkrautbekämpfung und zur Beseitigung durchgewachsener Bodentriebe mit dem 2. Anackern in Verbindung mit einer flächigen Bodenbearbeitung begonnen.

- Witterungsumschwung durch Unwetterereignis am 6. Juni eingeleitet

Ein Witterungsumschwung kam mit dem Hagelsturm am 6. Juni. In kurzer Zeit fielen in der südöstlichen Hallertau bis zu 70 mm Niederschlag und verursachten enorme Abschwemmungen und Erosionsschäden vor allem deshalb, weil dieses Ereignis in die Phase des 2. Anackerns mit lockerem Boden ohne Durchwurzelungsschutz durch Unkräuter, -eingesäte Zwischenfrüchte fiel. Der mit dem Unwetter einhergehende Hagel schädigte ca. 1.500 ha Hopfen in unterschiedlichem Ausmaß. Von Kopfabschlägen bis zum Totalausfall betrug der Schaden schätzungsweise 1.000 t.

Der Juni blieb  $-0,5\text{ °C}$  unter dem 10-jährigen Mittel. Trotz 104,6 mm Niederschlag im Juni wiesen die Monate April, Mai und Juni an der Wetterstation Hüll ein Defizit von 50 mm gegenüber dem 10-jährigen Mittel auf.

- Verregneter, kühler Juli nimmt den Wachstumsvorsprung

Durch einen regenreichen und kühlen Juli schmolz der anfängliche Entwicklungsvorsprung wieder dahin. Mit 229,4 mm fiel mehr als doppelt so viel Niederschlag als im Durchschnitt der letzten 10 Jahre (103,9 mm). Die Durchschnittstemperatur betrug  $16,3\text{ °C}$  und somit um  $2,1\text{ °C}$  weniger als im 10-jährigen Mittel. Die Folge war ein verlangsamtes Wachstum ohne Stressbedingungen mit einer reichlichen Bildung von Infloreszenzknospen und eine langanhaltende Blühphase. Eine pflanzenbauliche Herausforderung ist dabei der Schutz vor Pilzkrankheiten bei kurzen Witterungszeitfenstern für den Pflanzenschutz.

- Witterungsverlauf bis zur Ernte förderte Ertrag und Inhaltsstoffbildung

Die kühle, regnerische Witterung bis Mitte August verlängerte die Blühphase und verzögerte die Ausdoldung und Reife. Ab Mitte August kam der Hochsommer mit schwülheißer Witterung zurück. Die Durchschnittstemperatur im August lag um  $1,1\text{ °C}$  höher, die Niederschläge um 17,1 mm niedriger wie das 10-jährige Mittel. Trockenstress trat nur vereinzelt auf. Meist sorgten Gewitterregen für den notwendigen Wassernachschub auf leichten Standorten. Die feucht-warme Witterung wirkte sich positiv auf den Ertrag und die Inhaltsstoffbildung aus.

Der Erntebeginn bei den meisten Sorten lag im langjährigen Durchschnitt. Lediglich die erwähnten Frühblüher waren vorzeitig reif und hatten niedrigere Erträge.

## 2.1 Witterungsdaten (Monatsmittelwerte bzw. Monatssummen) 2011 im Vergleich zu den 10- und 50jährigen Mittelwerten

Monat		Temperatur in 2 m Höhe			Relat. Luftf. (%)	Nieder- schlag (mm)	Tage m. N'schlag >0,2 mm	Sonnen- schein (Std.)
		Mittel (°C)	Min.Ø (°C)	Max.Ø (°C)				
Januar	2011	-0,6	-3,8	2,9	95,1	57,7	16,0	53,7
	Ø 10-j.	-1,0	-4,5	2,8	88,0	51,0	11,8	73,1
	50-j.	-2,4	-5,1	1,0	85,7	51,7	13,7	44,5
Februar	2011	0,3	-3,1	4,5	90,3	15,9	7,0	86,6
	Ø 10-j.	0,3	-4,1	5,3	84,8	42,7	12,4	94,6
	50-j.	-1,2	-5,1	2,9	82,8	48,4	12,8	68,7
März	2011	4,8	-1,2	12,1	79,4	48,5	5,0	199,1
	Ø 10-j.	3,9	-1,1	9,6	80,7	75,0	13,4	144,2
	50-j.	2,7	-2,3	8,2	78,8	43,5	11,3	134,4
April	2011	11,1	3,5	18,9	67,6	36,3	5,0	269,8
	Ø 10-j.	9,1	2,8	15,8	72,8	59,2	11,0	201,6
	50-j.	7,4	1,8	13,3	75,9	55,9	12,4	165,0
Mai	2011	14,1	6,5	21,7	65,7	64,2	10,0	296,2
	Ø 10-j.	13,8	7,6	20,1	74,4	101,7	14,3	212,7
	50-j.	11,9	5,7	17,8	75,1	86,1	14,0	207,4
Juni	2011	16,7	10,9	23,1	76,2	104,6	17,0	184,4
	Ø 10-j.	17,2	10,7	23,8	74,0	94,1	14,3	237,8
	50-j.	15,3	8,9	21,2	75,6	106,1	14,2	220,0
Juli	2011	16,3	10,8	23,2	78,5	229,4	18,0	192,9
	Ø 10-j.	18,4	12,0	25,5	75,6	103,9	14,8	246,4
	50-j.	16,9	10,6	23,1	76,3	108,4	13,9	240,3
August	2011	18,6	12,1	26,8	78,5	90,3	14,0	263,5
	Ø 10-j.	17,5	11,5	24,5	79,7	107,4	13,1	210,0
	50-j.	16,0	10,2	22,5	79,4	94,9	13,3	218,4
September	2011	15,2	9,0	23,4	82,7	70,3	12,0	214,1
	Ø 10-j.	13,0	7,5	19,6	83,5	66,1	11,2	165,5
	50-j.	12,8	7,4	19,4	81,5	65,9	11,4	174,5
Oktober	2011	8,7	3,2	16,9	83,0	45,1	8,0	154,3
	Ø 10-j.	8,7	4,2	14,4	88,0	59,8	11,8	120,6
	50-j.	7,5	2,8	13,0	84,8	60,0	10,4	112,9
November	2011	2,8	-1	9,0	91,3	0,9	1,0	80,1
	Ø 10-j.	3,9	0,5	7,6	91,5	66,2	13,5	61,7
	50-j.	3,2	-0,2	6,4	87,5	58,8	12,6	42,8
Dezember	2011	3,2	0,2	7,0	85,5	101,5	21	34,9
	Ø 10-j.	-0,4	-3,4	2,8	91,5	58,2	14,4	56,4
	50-j.	-0,9	-4,4	1,6	88,1	49,1	13,3	34,3
Ø Jahr 2011		9,3	3,9	15,8	81,2	864,7	134,0	2029,6
10 – jähriges Mittel		8,7	3,6	14,3	82,0	885,4	156,0	1824,4
50 – jähriges Mittel		7,4	2,5	12,5	81,0	828,8	153,3	1663,2

Das 50-jährige Mittel bezieht sich auf die Jahre 1927 bis einschließlich 1976,  
das 10-jährige Mittel bezieht sich auf die Jahre 2001 bis einschließlich 2010.

### 3 Statistische Daten zur Hopfenproduktion

LD Johann Portner, Dipl. Ing. agr.

#### 3.1 Anbaudaten

##### 3.1.1 Struktur des Hopfenbaus

Tab. 3.1: Zahl der Hopfenbaubetriebe und deren Hopfenfläche in Deutschland

Jahr	Zahl der Betriebe	Hopfenfläche je Betrieb in ha	Jahr	Zahl der Betriebe	Hopfenfläche je Betrieb in ha
1963	13.259	0,68	1992	3.796	6,05
1973	8.591	2,33	1993	3.616	6,37
1974	8.120	2,48	1994	3.282	6,69
1975	7.654	2,64	1995	3.122	7,01
1976	7.063	2,79	1996	2.950	7,39
1977	6.617	2,90	1997	2.790	7,66
1978	5.979	2,94	1998	2.547	7,73
1979	5.772	2,99	1999	2.324	7,87
1980	5.716	3,14	2000	2.197	8,47
1981	5.649	3,40	2001	2.126	8,95
1982	5.580	3,58	2002	1.943	9,45
1983	5.408	3,66	2003	1.788	9,82
1984	5.206	3,77	2004	1.698	10,29
1985	5.044	3,89	2005	1.611	10,66
1986	4.847	4,05	2006	1.555	11,04
1987	4.613	4,18	2007	1.511	11,70
1988	4.488	4,41	2008	1.497	12,49
1989	4.298	4,64	2009	1.473	12,54
1990	4.183	5,35	2010	1.435	12,81
1991	3.957	5,70	2011	1.377	13,24

Tab. 3.2: Anbaufläche, Zahl der Hopfenbaubetriebe und durchschnittliche Hopfenfläche je Betrieb in den deutschen Anbaugebieten

Anbaugbiet	Hopfenanbauflächen				Hopfenbaubetriebe				Hopfenfläche je Betrieb in ha	
	in ha		Zunahme + / Abnahme - 2011 zu 2010		2010	2011	Zunahme + / Abnahme - 2011 zu 2010		2010	2011
	2010	2011	ha	%			Be- triebe	%		
Hallertau	15.387	15.229	- 158	- 1,0	1.164	1.119	- 45	- 3,9	13,22	13,61
Spalt	376	366	- 10	- 2,6	75	70	- 5	- 6,7	5,01	5,23
Tettnang	1.226	1.222	- 4	- 0,3	165	157	- 8	- 4,8	7,43	7,78
Baden, Bit- burg u.	20	20	± 0	± 0	2	2	± 0	± 0	10,00	10,00
Elbe-Saale	1.379	1.392	+ 13	+ 1,0	29	29	± 0	± 0	47,54	48,01
<b>Deutschland</b>	<b>18.386</b>	<b>18.228</b>	<b>- 158</b>	<b>- 0,9</b>	<b>1.435</b>	<b>1.377</b>	<b>- 58</b>	<b>- 4,0</b>	<b>12,81</b>	<b>13,24</b>

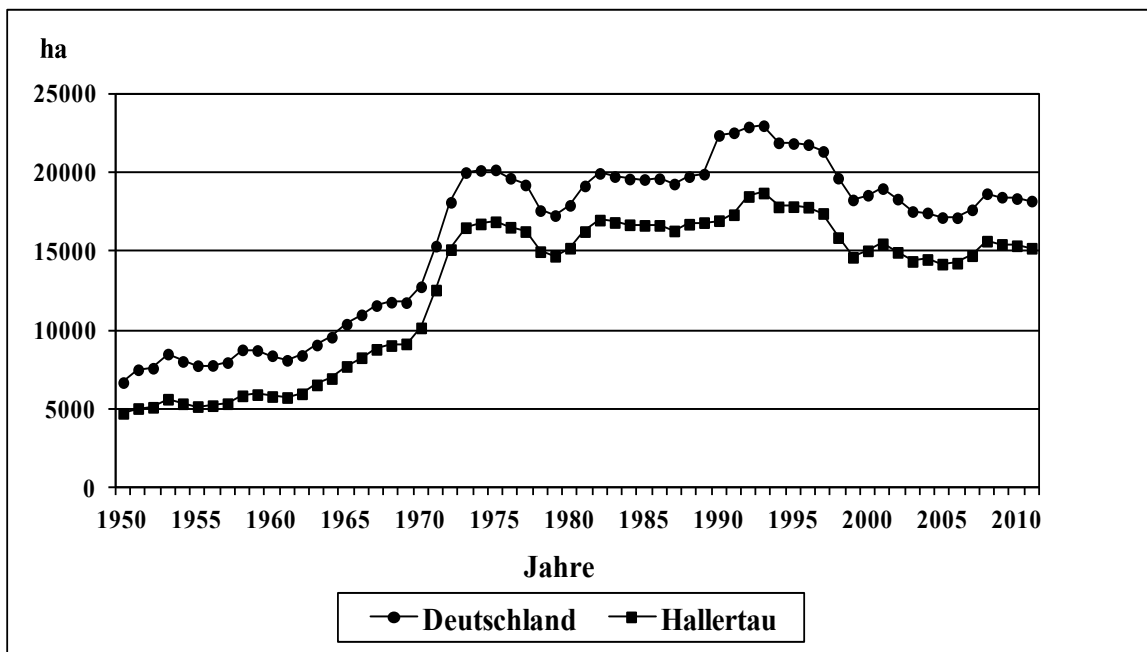


Abb. 3.1: Hopfenanbauflächen in Deutschland und in der Hallertau

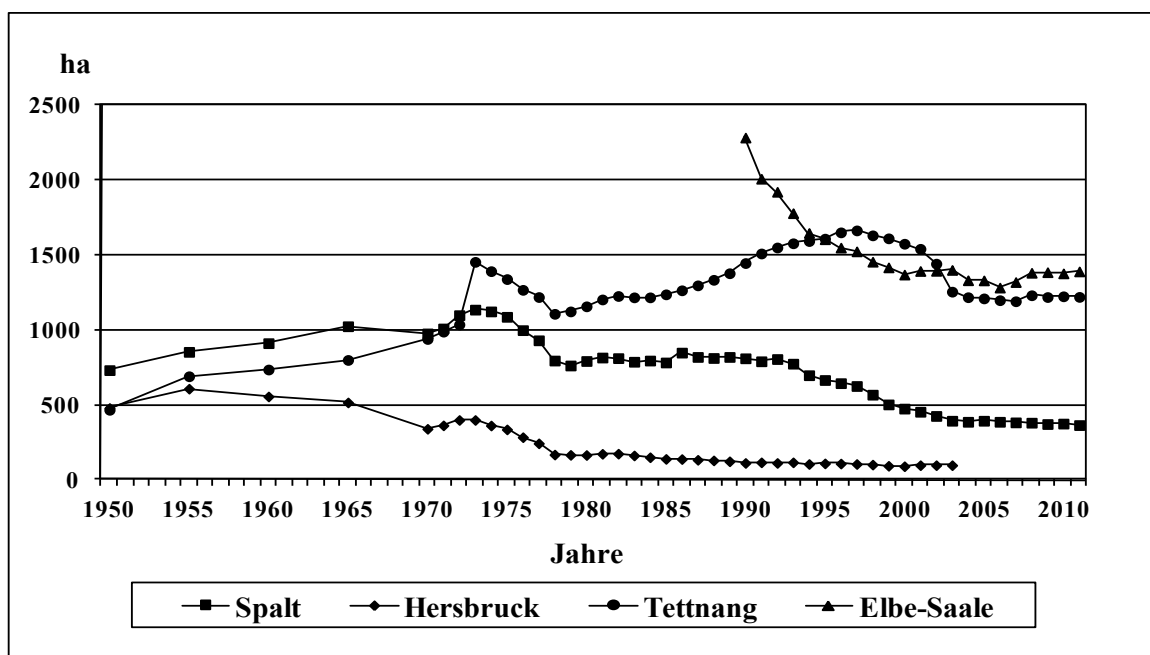


Abb. 3.2: Hopfenanbauflächen in den Gebieten Spalt, Hersbruck, Tett nang und Elbe-Saale

Das Anbaugebiet Hersbruck gehört seit 2004 zur Hallertau.

### 3.1.2 Hopfensorten

Der in den letzten Jahren zu beobachtende Trend der Verschiebung des Sortenspektrums weg von den Aromasorten und hin zu den Bittersorten wurde 2010 gestoppt und hat sich im zurückliegenden Jahr sogar wieder umgekehrt. Die Aromasorten haben 2011 um 95 ha zugelegt, während die Fläche bei den Bittersorten um 253 ha zurückgegangen ist. Der Anteil der Aromasorten beträgt jetzt 54,3 % (plus 1,0 %). Entsprechend liegt der Flächenanteil der Bitterstoffsorten bei 45,7 %.

Aufgrund der gesättigten Marktlage wurde der Hopfenanbau in Deutschland um 158 ha auf 18.228 ha reduziert. Bei den Aromasorten gab es mit 82 ha nennenswerte Flächenrodungen bei der Sorte Spalter Select. Flächenzuwächse hatten Hall. Tradition, Saphir und Hersbrucker Spät zu verzeichnen. Bei den Bitterstoffsorten wurden mit Ausnahme von Herkules (+ 72 ha) bei allen Sorten Flächenrodungen gemeldet.

Eine genaue Aufteilung der Sorten nach Anbaugebieten ist aus den Tab. 3.3 und Tab. 3.4 zu ersehen.

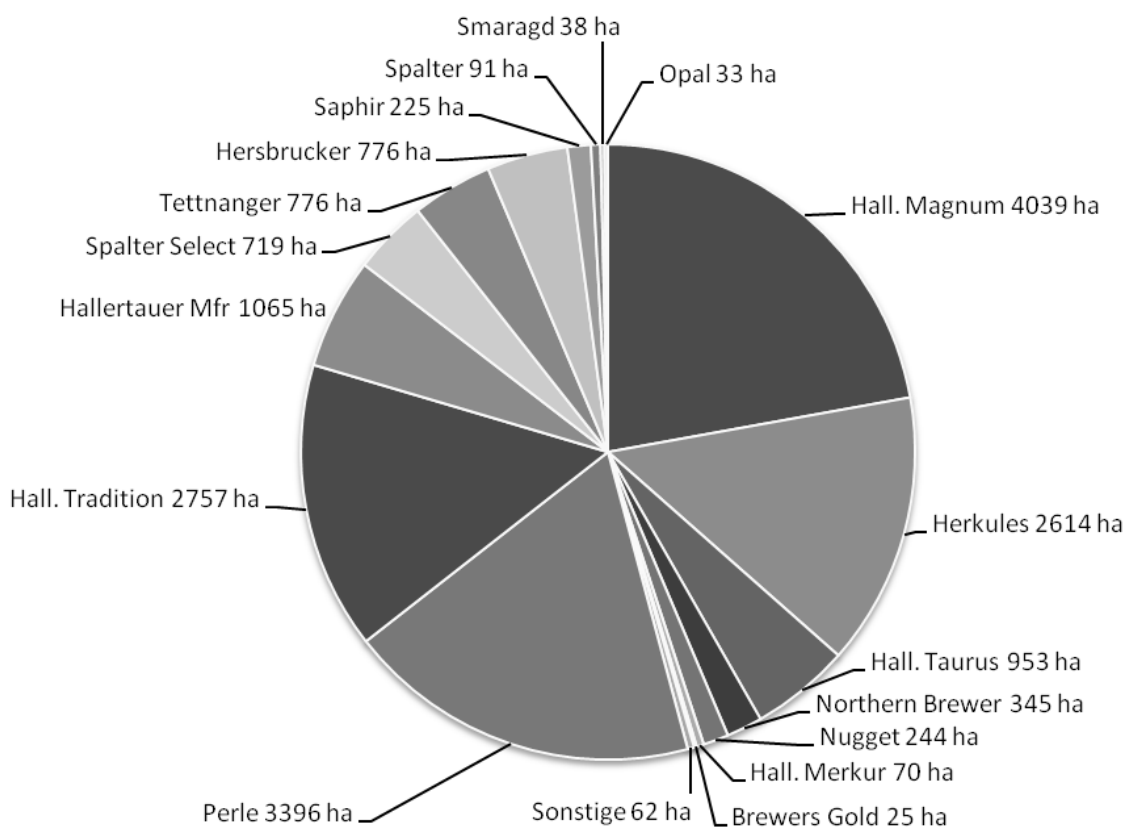


Abb. 3.3: Flächenanteile der Hopfensorten in Deutschland 2011

Tab. 3.3: Hopfensorten in den deutschen Anbaugebieten in ha im Jahre 2011  
Aromasorten

Anbauggebiet	Anbau- fläche gesamt	HA	SP	TE	HE	PE	SE	HT	SR	OL	SD	Sonst	Aromasorten	
													ha	%
Hallertau	15.229	729			773	3.129	614	2.634	220	33	30	11	8.172	53,7
Spalt	366	72	91		3	26	99	32	3				326	89,2
Tettnang	1.222	263		776		80	4	53	2		8		1.186	97,1
Baden, Bit- burg u. Rheinpfalz	20	1				8	2	5					16	80,4
Elbe-Saale	1.392					153		33				8	193	13,9
<b>Deutschland</b>	<b>18.228</b>	<b>1.065</b>	<b>91</b>	<b>776</b>	<b>776</b>	<b>3.396</b>	<b>719</b>	<b>2.757</b>	<b>225</b>	<b>33</b>	<b>38</b>	<b>18</b>	<b>9.895</b>	<b>54,3</b>
Sortenanteil in %		5,8	0,5	4,3	4,3	18,6	3,9	15,1	1,2	0,2	0,2	0,1		

### Sortenveränderung in Deutschland

2010 ha	18.386	1.069	91	772	758	3.403	801	2.624	196	33	38	16	9.800	53,3
2011 ha	18.228	1.065	91	776	776	3.396	719	2.757	225	33	38	18	9.895	54,3
Veränderung in ha	-158	-4	0	4	18	-7	-82	133	29	0	0	2	95	1,0

Tab. 3.4: Hopfensorten in den deutschen Anbaugebieten in ha im Jahre 2011  
Bitterstoffsorten

Anbauggebiet	NB	BG	NU	TA	HM	TU	MR	HS	Sonst.	Bitterstoff- sorten	
										ha	%
Hallertau	220	25	213	3	3.164	925	52	2.422	32	7.056	46,3
Spalt					4		8	27		40	10,8
Tettnang						6		29	1	35	2,9
Baden, Bit- burg u. Rheinpfalz					3			1		4	19,6
Elbe-Saale	125		30		868	22	11	134	8	1.199	86,1
<b>Deutschland</b>	<b>345</b>	<b>25</b>	<b>244</b>	<b>3</b>	<b>4.039</b>	<b>953</b>	<b>70</b>	<b>2.614</b>	<b>40</b>	<b>8.334</b>	<b>45,7</b>
Sortenanteil in %	1,9	0,1	1,3	0,0	22,2	5,2	0,4	14,3	0,2		

### Sortenveränderung in Deutschland

2010 ha	375	27	266	3	4.202	1.054	85	2.542	34	8.586	46,7
2011 ha	345	25	244	3	4.039	953	70	2.614	40	8.334	45,7
Veränderung in ha	-30	-2	-22	0	-162	-101	-14	72	6	-253	-1,0

### 3.2 Ertragssituation im Jahr 2011

Die Hopfenernte 2011 in Deutschland beträgt 38.110.620 kg (= 762.212 Ztr.) gegenüber 34.233.810 kg (= 684.676 Ztr.) im Jahre 2010. Die Erntemenge liegt damit um 3.876.810 kg (= 77.536 Ztr.) über dem Vorjahresergebnis; dies bedeutet eine Steigerung um 11,3 %.

Mit 2.091 kg Hektarertrag bezogen auf die Gesamtfläche fällt die Erntemenge überdurchschnittlich aus, obwohl großräumige Hagelschäden bis hin zum Totalausfall in der südlichen Hallertau zu verzeichnen waren. Die Alphagehalte weisen 2011 ebenfalls weit überdurchschnittliche Werte auf.

Tab. 3.5: Hektarerträge und Relativzahlen in Deutschland

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ertrag kg/ha bzw. ( Ztr./ha)	1.660 kg (33,2 Ztr.)	1.819 kg (36,4 Ztr.)	2.122 kg (42,4 Ztr.)	1.697 kg (33,9 Ztr.) (große Hagel- schäden)	1.862 kg (37,2 Ztr.) (Hagelschäden)	2.091 kg (41,8 Ztr.) (Hagelschäden)
Anbaufläche in ha	17.170	17.671	18.695	18.473	18.386	18.228
Gesamternte in kg bzw. Ztr.	28.508.250 kg = 570.165 Ztr.	32.138.870 kg = 642.777 Ztr.	39.676.470 kg = 793.529 Ztr.	31.343.670 kg = 626.873 Ztr.	34.233.810 kg = 684.676 Ztr.	38.110.20 kg = 762.212 Ztr.

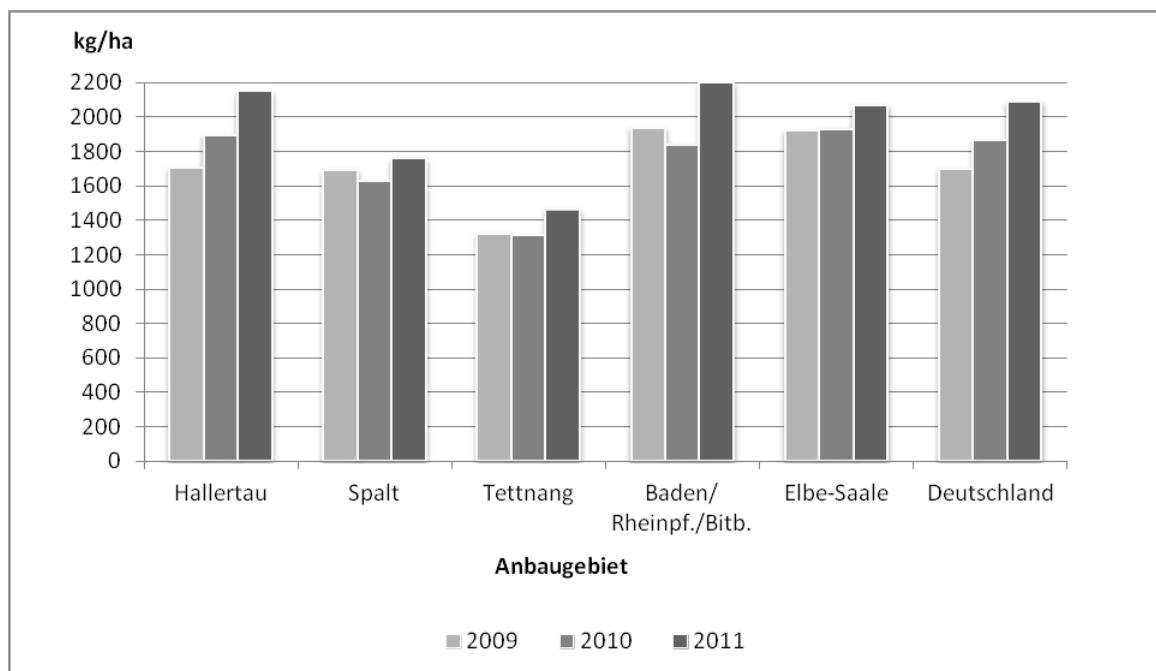


Abb. 3.4: Durchschnittserträge der einzelnen Anbauggebiete in kg/ha

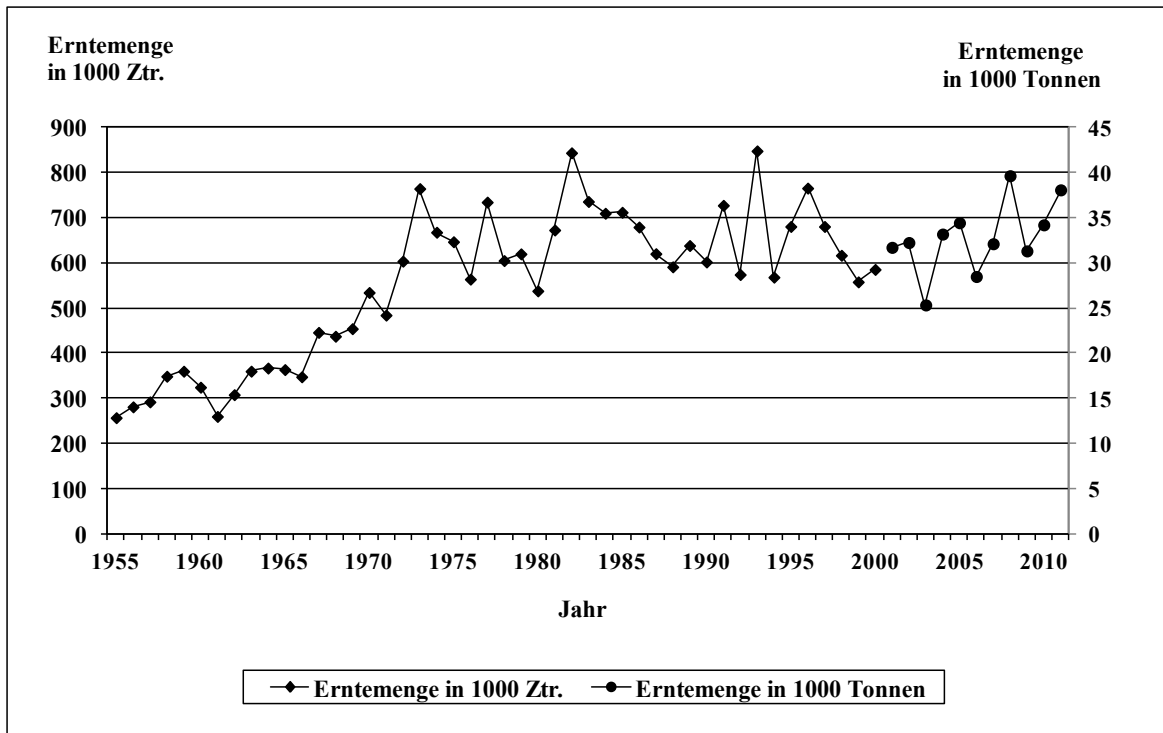


Abb. 3.5: Erntemenge in Deutschland

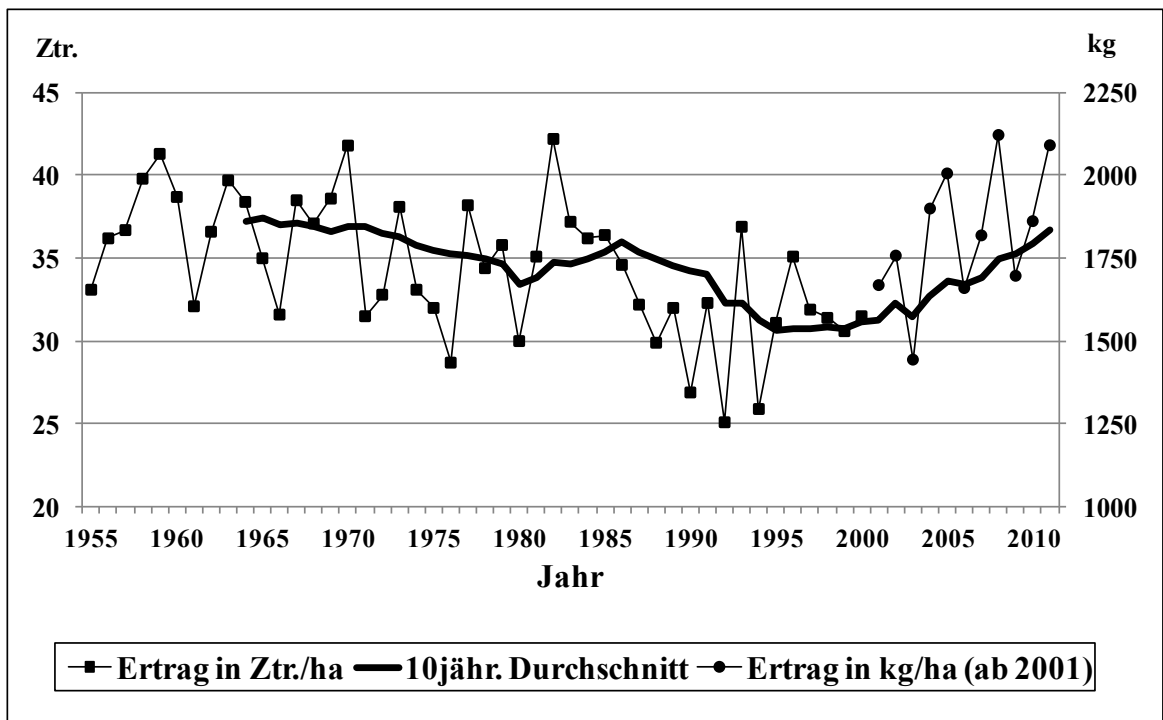


Abb. 3.6: Durchschnittsertrag (Ztr. bzw. kg/ha) in Deutschland



Tab. 3.6: Hektar-Erträge in den deutschen Anbaugebieten

Anbaugebiet	Erträge in kg/ha Gesamtfläche								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Hallertau	1.462	1.946	2.084	1.701	1.844	2.190	1.706	1.893	2.151
Spalt	1.131	1.400	1.518	1.300	1.532	1.680	1.691	1.625	1.759
Tett nang	1.216	1.525	1.405	1.187	1.353	1.489	1.320	1.315	1.460
Bad. Rheinpf./ Bitburg	1.936	1.889	1.881	1.818	2.029	1.988	1.937	1.839	2.202
Elbe-Saale	1.555	1.895	1.867	1.754	2.043	2.046	1.920	1.931	2.071
Ø Ertrag je ha <b>Deutschland</b>	<b>1.444 kg</b>	<b>1.900 kg</b>	<b>2.006 kg</b>	<b>1.660 kg</b>	<b>1.819 kg</b>	<b>2.122 kg</b>	<b>1.697 kg</b>	<b>1.862 kg</b>	<b>2.091 kg</b>
Gesamternte Deutschland (t bzw. Ztr.)	25.356 t 507.124	33.208 t 664.160	34.467 t 689.335	28.508 t 570.165	32.139 t 642.777	39.676 t 793.529	31.344 t 626.873	34.234 t 684.676	38.111 t 762.212
Anbaufläche Deutschland	17.563	17.476	17.179	17.170	17.671	18.695	18.473	18.386	18.228

Tab. 3.7: Alpha-Säurenwerte der einzelnen Hopfensorten

Anbaugebiet/Sorte	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Ø 5 Jahre	Ø 10 Jahre
Hallertau Hallertauer	4,6	3,1	4,3	4,4	2,4	3,9	4,4	4,2	3,8	<b>5,0</b>	<b>4,3</b>	<b>4,0</b>
Hallertau Hersbrucker	3,2	2,1	3,0	3,5	2,2	2,6	2,9	3,4	3,5	<b>4,5</b>	<b>3,4</b>	<b>3,1</b>
Hallertau Hall. Saphir			3,4	4,1	3,2	4,6	5,1	4,5	4,5	<b>5,3</b>	<b>4,8</b>	
Hallertau Opal						7,4	9,4	9,0	8,6	<b>9,7</b>	<b>8,8</b>	
Hallertau Smaragd						6,1	6,7	6,4	7,4	<b>8,0</b>	<b>6,9</b>	
Hallertau Perle	8,6	3,9	6,4	7,8	6,2	7,9	8,5	9,2	7,5	<b>9,6</b>	<b>8,5</b>	<b>7,6</b>
Hallertau Spalter Select	6,0	3,2	4,9	5,2	4,3	4,7	5,4	5,7	5,7	<b>6,4</b>	<b>5,6</b>	<b>5,2</b>
Hallertau Hall. Tradition	7,2	4,1	6,3	6,3	4,8	6,0	7,5	6,8	6,5	<b>7,1</b>	<b>6,8</b>	<b>6,3</b>
Hallertau North. Brewer	10,1	6,0	9,8	9,8	6,4	9,1	10,5	10,4	9,7	<b>10,9</b>	<b>10,1</b>	<b>9,3</b>
Hallertau Hall. Magnum	14,6	11,7	14,8	13,8	12,8	12,6	15,7	14,6	13,3	<b>14,9</b>	<b>14,2</b>	<b>13,9</b>
Hallertau Nugget	12,4	8,5	10,6	11,3	10,2	10,7	12,0	12,8	11,5	<b>13,0</b>	<b>12,0</b>	<b>11,3</b>
Hallertau Hall. Taurus	16,5	12,3	16,5	16,2	15,1	16,1	17,9	17,1	16,3	<b>17,4</b>	<b>17,0</b>	<b>16,1</b>
Hallertau Hall. Merkur			13,5	13,3	10,3	13,0	15,0	14,8	12,6	<b>15,2</b>	<b>14,1</b>	
Hallertau Herkules						16,1	17,3	17,3	16,1	<b>17,2</b>	<b>16,8</b>	
Tett nang Tett nanger	4,6	2,6	4,7	4,5	2,2	4,0	4,2	4,2	4,0	<b>5,1</b>	<b>4,3</b>	<b>4,0</b>
Tett nang Hallertauer	4,8	3,1	5,0	4,8	2,6	4,3	4,7	4,5	4,2	<b>5,1</b>	<b>4,6</b>	<b>4,3</b>
Spalt Spalter	4,6	3,1	4,4	4,3	2,8	4,6	4,1	4,4	3,7	<b>4,8</b>	<b>4,3</b>	<b>4,1</b>
Elbe-S. Hall. Magnum	13,9	10,2	14,0	14,4	12,4	13,3	12,2	13,7	13,1	<b>13,7</b>	<b>13,2</b>	<b>13,1</b>

Quelle: Arbeitsgruppe Hopfenanalyse (AHA)

## 4 Züchtungsforschung Hopfen

RDin Dr. Elisabeth Seigner, Dipl. Biol.

### 4.1 Klassische Züchtung

Mit der Entwicklung neuer Hopfensorten versucht die Hopfenzüchtung, immer am Puls der Zeit zu sein. Züchterisch bearbeitet wird in Hüll die gesamte Bandbreite von feinsten Aromahopfen bis zu Super-Hochalphasorten. Dabei stellt die Verbesserung der Resistenzen gegenüber den wichtigsten Krankheiten und Schädlingen die Basis für die Selektion neuer Sämlinge dar. Künftige Sorten sollen bei gesteigerter Leistungsfähigkeit und bester Qualität von den deutschen Hopfenpflanzern noch umweltschonender und kostengünstiger produziert werden können. Die klassische Züchtung wird seit Jahren durch biotechnologische Methoden unterstützt. Beispielsweise gelingt es nur über die Meristemkultur, virusfreies Pflanzmaterial zur Verfügung zu stellen. Des Weiteren werden molekulare Techniken eingesetzt, um das Erbmaterial des Hopfens selbst wie auch von Hopfenpathogenen zu identifizieren.

#### 4.1.1 Kreuzungen 2011

2011 wurden insgesamt 91 Kreuzungen durchgeführt. Die Anzahl der Kreuzungen zu den jeweiligen Zuchtzielen ist in Tab. 4.1 zusammengestellt.

Tab. 4.1: Zuchtziele der Kreuzungen 2011

Zuchtrichtung kombiniert mit Resistenz / Toleranz gegenüber versch. Hopfenkrankheiten	Weitere Anforderungen	Anzahl der Kreuzungen
Aromatyp	außergewöhnliche Aromausprägung	24
	neue Mehltaresistenzen (aus Wildhopfen)	28
	Blattlausresistenz	2
	hoher Betasäuregehalt	1
Hoch-Alphasäuren-Typ	verbesserte Mehltaresistenz	27
	hoher Betasäuregehalt	7
Kartierung	Mehltau und Welke	2

#### 4.1.2 Züchtung von Zwerghopfen für den Niedrigerüstanbau

##### Ziel

Ziel dieses von der BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) finanzierten Projektes ist es, Hopfensorten zu entwickeln, die durch ihren kürzeren Wuchs, breite Krankheitsresistenz und ausgezeichneter Brauqualität besonders geeignet sind, um wirtschaftlich erfolgreich und ökologisch nachhaltig auf Niedrigerüstanlagen angebaut zu werden. Bislang sind solche adaptierten Sorten der noch fehlende Baustein, mit dem es gelingt, die Produktionskosten auf den 3 m hohen Gerüsten deutlich zu senken.

Des Weiteren könnte mit diesem neuen Anbausystem die Umweltverträglichkeit des Hopfenanbaus verbessert werden, weil weniger Pflanzenschutz- und Düngemittel benötigt werden und diese zudem mit abdriftreduzierten Recycling-Tunnelspritzen ausgebracht werden können.

## **Ergebnisse**

### **Sämlinge 2008 - 2010**

Nach der Ernte 2010 wurden unter Berücksichtigung von Ertragsleistung, Doldenbonitur, Analysendaten und organoleptisch bestimmten Aromawerten aus den Sämlingsjahrgängen 2008 und 2009 13 Zuchtstämme aus diesem Zuchtprogramm für die vegetative Vermehrung und den anschließenden Probeanbau in der Niedrigerüstanlage Starzhausen ausgewählt. Die Auspflanzung erfolgte Anfang Juni und die Pflanzen zeigten bis zum Herbst gutes Wachstum, sodass 2012 mit Vollertrag zu rechnen ist.

Die Sämlinge aus den Jahrgängen 2008 bis 2010 wurden im Zuchtgarten in Hüll weiterhin intensiv beobachtet und bonitiert. Insgesamt konnten 73 erfolgversprechende Zuchtstämme (Sämlinge 2008: 6 Zuchtstämme, Sämlinge 2009: 14 und Sämlinge 2010: 53) für die Beerntung ausgewählt werden. Für die Vermehrung und den anschließenden Probeanbau in der Niedrigerüstanlage Starzhausen sind daraus insgesamt neun Zuchtstämme vorgesehen.

Während in den letzten beiden Jahren vor allem Sämlinge mit verbesserter Aromaqualität selektiert werden konnten, fielen bei dieser Ernte einige Zuchtstämme mit sehr hohen Alphasäuregehalten auf, sodass auch in diesem Bereich ein deutlicher Zuchtfortschritt zu verzeichnen ist. Daneben überraschten zwei Sämlinge durch ein intensives zitrusartiges Aroma. Da weltweit momentan ein neuer Trend hin zu Hopfen mit ausgeprägten zitrusartigen, fruchtigen und blumigen Aromanoten (siehe 4.1.3) entsteht, ist es äußerst wichtig, dass auch im Zuchtmaterial mit Niedrigerüsteignung möglichst rasch interessante Stämme für diesen Bereich selektiert werden.

### **Sämlinge 2011**

Die Vorselektion der Sämlinge aus den 15 Kreuzungen (6 Aroma- und 9 Bittertyp-Kreuzungen) des Vorjahres begann wie in jedem Jahr Anfang März und folgte der nachfolgend beschriebenen Routine. Als erstes wurden insgesamt ca. 18.000 aufgelaufene Sämlinge im Gewächshaus in Pflanzschalen mit vier für die Hallertau typischen Mehltaurassen inokuliert und so auf Resistenz gegenüber Echtem Mehltau (*Podospheera macularis*) getestet. Rund 1.900 Pflänzchen ohne sichtbaren Mehltaubefall wurden aus den Saatschalen einzeln in Töpfchen gesetzt und weiter im Gewächshaus unter Mehltauinfektionsbedingungen bis Mitte April bonitiert.

Als mehltaresistent eingestufte Sämlinge und weitere 1.100 Sämlinge, die nicht auf Mehltaresistenz vorselektiert worden waren, wurden nachfolgend auf ihre Peronospora (*Pseudoperonospora humuli*) Toleranz geprüft. Mitte Mai wurden 592 auf Krankheitsresistenz bzw. Toleranz vorselektierte Sämlinge in die Vegetationshalle gepflanzt. Bis zum Herbst wurden hier ihre Wüchsigkeit und erneut ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Pilzen unter natürlichen Bedingungen begutachtet. Zugleich konnte an Hand der Blüten, die sich ab Juli bildeten, eine Differenzierung in männliche und weibliche Pflanzen erfolgen. Pflanzen, die erhebliche Schwächen wie z. B. starken Befall mit Blattlaus, Mehltau, Wurzelfäule aufwiesen oder keinen geeigneten Wuchstyp zeigten, wurden jeweils bis zum Herbst gerodet.

Die Auspflanzung von 267 weiblichen und 39 männlichen Sämlingen in den Hochgerüst-Zuchtgarten in Hüll bzw. Freising erfolgte im November.

Während der folgenden 3-jährigen Sämlingsprüfung unter Hochgerüstbedingungen zeigen sich die Wüchsigkeit auf 7-m-Gerüsten sowie die Widerstandsfähigkeit gegenüber *Peronospora* und Echtem Mehltau unter natürlichen Infektionsbedingungen und erstmals auch gegenüber der *Verticillium*-Welke, deren Testung ein vollständig ausgebildetes Wurzelwerk der Pflanze voraussetzt. Frühestens im zweiten bzw. dritten Sämlingsjahr ist eine vegetative Vermehrung und die Umpflanzung der vielversprechendsten Zuchtstämme in die Niedrigerüstanlage möglich. Bei diesem Schritt wird ergänzend zu den Felddaten im Labor die Mehltaresistenz mit dem Blatttestsystem gegenüber nicht-heimischen Isolaten geprüft und somit eine breite Pilzresistenz der Sämlinge angestrebt.

### **Kreuzungen 2011**

Obgleich die Förderung dieses Programmes durch die BLE im Dezember 2011 nach 5-jähriger Laufzeit endete, wurden noch zwei Kreuzungen durchgeführt, die „Niedriggerüsteignung“ zum Ziel hatten. Bei der Auswahl der Kreuzungseltern wurde zusätzlich darauf geachtet, dass neben kurzen Internodienabständen auch das Potential für neuartige Aromanoten vorhanden ist.

### **Anbau auf den beiden Niedrigerüstanlagen in Starzhausen und Pfaffenhofen**

Um Erfahrung zum Anbau von Hopfen auf 3-m-Anlagen zu sammeln, werden seit 1993 englische Zwergsorten und Zuchtstämme mit geringerer Wüchsigkeit aus anderen Züchtungsprogrammen im Vergleich mit den traditionellen Hüller Hochgerüstsorten auf den Niedrigerüsten angebaut.

### **Anbau auf der Niedrigerüstanlage in Starzhausen des Hopfenbaubetriebes Mauermeier**

Erstmals wurden 2011 zwölf vorselektierte Sämlinge, die aus den gezielten Kreuzungen des Zwerghopfen-Projekts stammten und 2010 als Junghopfen auf der 3-m-Anlage ausgepflanzt worden waren, beerntet. In der Saison 2011 wurden weitere 15 vorselektierte Sämlinge ausgepflanzt. Während für diesen Junghopfen (Hopfen im ersten Anbaujahr) leider keine aussagekräftigen Einschätzungen zu Ernteertrag, Resistenzeigenschaften und Inhaltsstoffen und damit zur Brauqualität gemacht werden können, lassen die Ernteergebnisse der 2010 ausgepflanzten Sämlinge eine zuverlässige Beurteilung zu.

Der trocken-heiße Frühsommer führte an beiden Versuchsstandorten wegen der fehlenden Möglichkeit zur Bewässerung zu Trockenschäden und einem vorzeitigen Blühbeginn. Die Reben blieben vielfach schwach entwickelt und erzielten teilweise nur unbefriedigende Erträge im Vergleich zum vielversprechenden Vorjahr. Besonders betroffen waren dabei die ganz kurz wachsenden (dwarf) Typen, da sie zu Beginn der Saison sehr langsam wachsen und erst in der zweiten Julihälfte den vollen Habitus ausbilden. Da diese Sämlinge bis zu diesem Zeitpunkt schon stark aufgeblüht waren, konnten sie trotz der niederschlagsreichen Witterung im Juli den Wachstumsrückstand nicht mehr aufholen. Die Zwergstämme zeichnen sich neben ihrem sehr verkürzten oberirdischen Wuchs auch durch einen relativ kleinen Wurzelstock aus. Wahrscheinlich reicht das reduzierte Wurzelsystem bei Trockenheit nicht aus, um tiefer liegende Wasservorräte entsprechend zu nutzen. Die Zuchtstämme 2001/040/002 und 2001/045/702 wurden zudem durch Wildverbiss stark geschädigt.

Die wesentlich wüchsigeren „Halbzwerge“ (semi dwarfs) erreichten dagegen in etwa die Ertragsergebnisse des Vorjahres. Sie entwickelten sich in der Trockenphase deutlich besser und erreichten im Juli noch den vollen Habitus.

Am Standort Starzhausen wurden dieses Jahr langlebige Kunststoffschnüre als Alternative zu den starren verzinkten Drähten getestet. Da das Material bei warmer Witterung flexibel wird, finden die hochrankenden Triebe wesentlich besseren Halt.

Das Abrutschen der zur Ernte relativ schweren Reben wurde effektiv verhindert. Damit konnte eine Lösung für dieses seit langem bestehende Problem gefunden werden.

Deutliche Fortschritte konnten auch bei der Bekämpfung der Roten Spinne erzielt werden. Während in den letzten Jahren eine mehrmalige Spinnmilbenbehandlung unumgänglich war, wurden 2011 nach einer frühen ersten Behandlung am Standort Starzhausen Nützlinge ausgebracht. Dabei kam eine Mischung der beiden Raubmilbenarten *Phytoseiulus persimilis* und *Amblyoseiulus californicus* zum Einsatz. Die Raubmilben hielten im weiteren Vegetationsverlauf die Spinnmilben vollständig unter Kontrolle und der Bestand war zur Ernte befallsfrei. Beide Arten sind sehr wärmeliebend und überwintern bei uns nicht. Deshalb werden die Versuche 2012 mit der heimischen und überwinterten Art *Thyphlodromus pyrii* fortgeführt.



Abb. 4.1: Ernte in der Niedrigerüstanlage Starzhausen

Tab. 4.2: NG-Starzhausen – Ernteergebnisse der Zuchtstämme im Jahr 2011

Zuchtstamm/ Sorte	Rich- tung	Ertrag <sup>1</sup> in kg/ha	$\alpha$ -Säuren in %	$\beta$ -Säuren in %	Cohumulon in %	Aroma 1-30
<b>Englische Zwerghopfen als Vergleichssorten</b>						
Herald	B	761	13,1	5,1	31,2	21
Pioneer	A	1.132	10,9	4,4	31,9	22
<b>Hüller Hochgerüstsorten als Vergleich</b>						
Perle	A	1.130	12,9	5,6	27,7	25
Hall. Magnum	B	1.281	18,2	6,9	26,9	23
Hall. Taurus	B	1.114	16,0	4,2	24,9	22
Herkules	B	1.544	20,1	6,9	29,6	23
2000/109/728	B	1.259	20,5	6,0	25,3	23
<b>Zuchtstämme aus anderen Züchtungsprogrammen mit kürzerem Wuchs</b>						
99/097/702	B	879	13,9	5,5	27,0	23
99/097/706	B	923	6,8	4,6	37,2	25
99/097/725	B	599	14,7	5,8	31,7	23
2000/102/004	B	518	8,4	3,5	26,6	21
2000/102/005	B	1.228	14,4	6,0	30,6	24
2000/102/012	B	963	11,0	5,0	32,3	23
2000/102/019	B	1.433	<b>16,0</b>	4,5	27,2	24
2000/102/032	B	1.157	<b>16,4</b>	6,5	33,4	23
2000/102/043	B	1.220	13,3	5,2	26,8	23
2000/102/054	B	1.564	15,7	4,4	30,5	23
2000/102/074	B	931	11,8	4,5	27,0	24
2000/102/791	B	1.405	<b>16,3</b>	6,2	29,7	22
2001/040/002	A	353	11,1	4,6	24,2	25
2001/045/702	A	502	9,2	4,8	25,0	26
2003/039/022	B	1.730	14,6	7,1	34,0	23
2004/098/010	A	834	11,2	4,6	29,4	23
2004/107/719	B	1.272	14,2	6,5	32,0	23
2004/107/736	B	1.318	5,86	3,8	35,3	23
2005/098/005	B	1.088	14,2	6,1	31,0	23
2005/098/744	B	965	13,6	4,5	30,3	22
2005/100/718	B	1.758	<b>17,5</b>	6,0	28,8	21
2005/101/001	B	901	7,3	3,9	36,8	23
2005/102/009	B	1.131	9,1	3,2	31,8	23
2005/102/028	B	1.189	13,3	5,7	35,1	23
2005/102/710	B	1.576	13,9	6,1	29,3	23
2006/048/720	B	954	14,4	5,6	25,9	22
2006/047/735	B	1.322	10,7	5,1	34,1	23
2006/047/768	B	1.283	9,1	8,0	25,5	19
2006/049/006	B	1.470	14,1	4,6	27,4	21
2007/074/702	B	1.212	13,8	6,1	32,3	20
2007/074/709	B	930	14,7	5,0	32,2	19
2007/074/724	B	1.486	11,2	5,0	32,9	21
2007/074/736	B	1.212	15,7	5,6	32,1	22
2007/080/007	B	1.492	14,8	5,5	32,6	20
2007/080/015	B	1.188	10,5	6,8	32,1	21
2007/074/002	B	529	11,6	5,7	30,4	23
2007/080/012	A	1.524	11,2	5,7	27,5	24

Zuchtstamm/ Sorte	Richtung	Ertrag <sup>1</sup> in kg/ha	$\alpha$ -Säuren in %	$\beta$ -Säuren in %	Cohumulon in %	Aroma 1-30
2007/080/021	A	<b>1.980</b>	10,9	5,5	33,5	24
2007/081/703	B	<b>2.041</b>	12,3	5,4	27,3	22
<b>Erste Sämlingsgeneration aus dem BLE-Züchtungsprojekt</b>						
2008/073/054	A	1.555	10,0	3,7	30,2	<b>26</b>
2008/073/056	A	<b>1.959</b>	10,1	3,4	30,4	<b>27</b>
2008/073/064	A	<b>2.301</b>	11,5	3,9	29,3	<b>27</b>
2008/073/103	A	<b>1.892</b>	10,7	4,1	30,5	<b>26</b>
2008/073/110	A	1.389	12,2	4,9	25,1	25
2008/073/701	A	988	9,4	4,2	25,7	24
2008/076/014	A	1.087	9,1	5,1	24,1	25
2008/076/099	A	1.286	7,8	4,1	28,9	<b>26</b>
2008/077/084	A	636	6,9	3,0	32,2	<b>26</b>
2008/078/017	A	1.243	7,8	3,8	27,6	<b>26</b>
2008/082/001	B	1.489	11,1	6,3	30,2	23
2008/082/006	B	1.834	13,3	6,4	31,6	23

A= Aromatyp; B= Bittertyp; <sup>1</sup>Ertrag von 12 Pflanzen/Parzelle auf 1 ha hochgerechnet. Aroma: Aromabewertung mit max. 30 Punkten bei besonders feinem Aroma. Die Inhaltsstoffe wurden von der Arbeitsgruppe Hopfenqualität und Analytik (IPZ 5d) analysiert. NG=Niedrigerüstanlage; fett = Zuchtziel erfüllt

Wie Tab. 4.2 zeigt, zeichneten sich einige der erstmals beernteten Zuchtstämme (Sämlinge 2008) durch ein angenehmes und sehr feines Hopfenaroma aus. Mit 26 bis 27 von 30 möglichen Aromapunkten erreichen sie erstmals das Niveau der bekannten Hüller Aromazuchtsorten. Zuchtstamm 2008/073/056, 2008/073/064 und 2008/073/103 überzeugten zudem durch höhere Erträge. Damit ist ein erster Erfolg in dieser Züchtungsrichtung vor allem im Aromasektor zu verzeichnen.

### Anbau auf der Niedrigerüstanlage in Pfaffenhofen des Hopfenbaubetriebes Schrag

Tab. 4.3: NG-Pfaffenhofen – Ernteergebnisse der Zuchtstämme im Jahr 2011

Zuchtstamm	Richtung	Ertrag in kg/ha	$\alpha$ -Säuren in %	$\beta$ -Säuren in %	Cohumulon in %	Aroma 1-30
Zuchtstämme aus anderen Züchtungsprogrammen mit kürzerem Wuchs						
2000/102/005	B	945	15,6	5,6	30,1	21
2000/102/008	B	1.778	14,6	6,8	28,0	23
2000/102/019	B	983	15,4	4,6	27,4	23
2000/102/032	B	989	15,4	6,2	33,6	23
2000/102/791	B	943	13,8	4,9	29,4	22

A= Aromatyp; B= Bittertyp; Aromabewertung von max. 30 erreichbaren Punkten bei besonders feinem Aroma. Die Inhaltsstoffe wurden von der Arbeitsgruppe Hopfenqualität und Analytik (IPZ 5d) analysiert. NG =Niedrigerüstanlage

Auf dem lehmig-schweren Boden in Pfaffenhofen stellte die Peronospora wieder ein großes Problem dar.

Durch gezielte Behandlungen konnten zwar die Infektionen unter Kontrolle gebracht werden, aber nach der Abschluss-spritzung flammte der Befall rasch wieder auf und es kam zu einer deutlichen Schädigung des Erntegutes.

## Vergleich verschiedener Anbausysteme

Generell wurden die Reihen (75 cm Pflanzabstand) in den beiden Niedrigerüstanlagen konventionell bewirtschaftet, mit verzinktem Draht als Aufleitung. Außerdem wurden sowohl in Pfaffenhofen als auch in Starzhausen mit zwei vielversprechenden Zuchtstämmen in zwei zusätzlichen Reihen die verschiedenen Anbausysteme "konventionell – non cultivation" sowie "Drahtaufleitung – Netzaufleitung" verglichen. Die Ernte der gesamten Versuchsfläche erfolgte am 14. bzw. am 15.09.2011, wobei der Vergleich der Anbausysteme zum zweiten Mal beerntet wurde.

Tab. 4.4: NG-Pfaffenhofen – Ernteergebnisse des Vergleichs der Anbausysteme 2011

Zuchtstamm	Anbausystem	Ertrag in kg/ha	$\alpha$ -Säuren in %	kg $\alpha$ - Säuren/ha	$\beta$ -Säuren in %
2000/102/008	konventionell, Draht	977	14,1	138	6,4
2000/102/008	konventionell, Netz	1.579	14,2	224	6,7
2000/102/008	non cultivation, Draht	1.666	14,1	234	6,7
2000/102/008	non cultivation, Draht und Flies	1.412	13,2	187	6,3
2000/102/791	konventionell, Draht	598	14,3	85	5,0
2000/102/791	non cultivation, Draht	739	14,3	106	5,0

Tab. 4.5: NG-Starzhausen – Ernteergebnisse des Vergleichs der Anbausysteme 2011

Zuchtstamm	Anbausystem	Ertrag in kg/ha	$\alpha$ -Säuren in %	kg $\alpha$ - Säuren/ha	$\beta$ -Säuren in %
2000/102/008	konventionell, Draht	2.139	15,5	328	7,1
2000/102/008	konventionell, Netz	2.473	15,4	396	7,1
2000/102/008	non cultivation, Draht	2.106	13,9	292	7,0
2000/102/791	konventionell, Draht	1.581	14,6	232	5,7
2000/102/791	Non cultivation, Draht	1.529	17,6	268	5,1
2000/102/791	Non cultivation Draht und Flies	1.404	17,4	244	5,5

Wie bereits oben angeführt, waren von der Frühjahrs- und Frühsommertrockenheit besonders die ganz kurz wachsenden (dwarf) Typen betroffen. Hierzu gehört auch der Zuchtstamm 2000/102/791. Während er im Vorjahr den wesentlich wüchsigeren „Halbzweig“ (semi dwarf) 2000/102/008 am Standort Starzhausen ertraglich sogar noch übertreffen konnte, liegt er 2011 etwa 35 % zurück. Trotz seines höheren Alphasäuregehaltes konnte er den Rückstand nicht mehr ausgleichen. Wie Tab. 4.3 und Tab. 4.4 zeigen, beträgt der Ertragsunterschied der beiden Zuchtstämme am Standort Pfaffenhofen sogar rund 100 %. Auf dem sehr schweren Boden war das größere Wurzelsystem des Halbzweigtypen noch deutlich ertragsrelevanter.

In Hinblick auf das Aufleitmaterial zeichnet sich auch im dritten Versuchsjahr ab, dass die Netzaufleitung geeignet ist, das Ertragspotential der Zuchtstämme besser auszunutzen.

Es bildet sich bis zur Ernte eine homogene Hecke mit einem gleichmäßigen Behang. Problematisch ist lediglich, dass die Belichtung im Inneren der Hecke wesentlich schlechter ist, als bei einer Einzelrebenaufleitung. Herrscht dann während der Ausdoldungsphase noch bewölkte und regenreiche Witterung vor, so können sich die Dolden nicht mehr voll ausbilden und Schwächepilze wie *Alternaria* führen zum Absterben vieler Dolden.



Bei der Auswahl der Zuchtstämme ist deshalb besonders darauf zu achten, dass sie gegenüber einem solchen Doldensterben nicht anfällig sind.

Insbesondere beim Anbau und der Pflege des Hopfens auf 3-m-Gerüsten werden große arbeitswirtschaftliche Vorteile erwartet. So muss geklärt werden, inwieweit die deutlich arbeitsintensivere herkömmliche Anbauform mit Schneiden und Bodenbearbeitung durch das sog. „Non-cultivation“-Verfahren ersetzt werden kann. Hierbei werden die Stöcke nicht zurückgeschnitten und auch sonst wird der Boden nur reduziert bearbeitet. Nach dem dritten Erntejahr zeichnet sich noch kein klarer Trend ab. Während im Vorjahr die herkömmliche Anbauform überlegen schien, ist 2011 „non-cultivation“ am Standort Starzhausen annähernd ebenbürtig und am Standort Pfaffenhofen deutlich überlegen.

Aus Gründen einer weiteren Arbeitseinsparung wurde 2010 damit begonnen, in den „Non-cultivation“ Parzellen einen Teil der Reihen mit einem dauerhaften Flies zu bestücken. Dabei wurde ein 60 cm breiter Streifen direkt über der Pflanzenreihe ausgelegt und alle 75 cm über jeder Pflanzstelle wurde ein ca. 20 cm langer Kreuzschlitz gemacht. Normalerweise treiben die Hopfenstöcke entlang der gesamten Hopfenreihe in einem breiten Streifen aus. Überzählige Triebe müssen mit einem hydraulisch betriebenen Zwischenachs-Anbaugerät (Hopfenkreisel) zeit- und kostenintensiv entfernt werden. Andernfalls winden sich zu viele Triebe hoch und der Austrieb ist so üppig, dass Pflanzenschutzprobleme entstehen und viel Wuchskraft vegetativ „vergeudet“ wird. Ziel dieses Versuches ist es, die Zahl der Triebe zu regulieren und ohne großen Aufwand einen homogenen Bestand zu erzielen. Während dieses System auf dem gut drainierenden Sandboden in Starzhausen gut funktionierte, wurde der Bestand auf dem schweren Boden in Pfaffenhofen bereits im zweiten Versuchsjahr heterogen. Wahrscheinlich finden Fäulniserreger hier unter dem Flies günstige Bedingungen vor und beeinträchtigen in der Folge die Stockgesundheit.

Nach Abschluss des von der BLE seit 2007 geförderten Züchtungsprojektes werden die aktuellen Ergebnissen zur Züchtung und Erkenntnisse zum Anbau auf 3-m-Anlagen veröffentlicht.

#### **4.1.3 Neuer Trend in der Hopfenzüchtung – Hopfen mit zitrusartigen, fruchtigen und blumigen Aromanoten**

##### **Ziel**

Bis vor Kurzem folgten alle Züchtungsprogramme der Zielsetzung, Aromasorten mit feinem klassischem Aromaprofil zu züchten bzw. Hohertrags-Hochalphasorten zu entwickeln. Dabei waren und sind Pflanzler wie auch Brauer mit den Hüller Sorten beider Kategorien voll zufrieden. Als erste entdeckten US Craft-Brewer neuartige Hopfenaroma- und Geschmacksnoten für sich, und diese Ideen wurden schließlich auch von anderen kreativen Brauern aus aller Welt aufgegriffen. Deshalb wurde 2006 mit einer neuen Zuchtrichtung begonnen, um Hopfensorten anbieten zu können, die den Bieren vielfältige blumige, fruchtige, zitrusartige und harzige Aroma- und Geschmackseindrücke verleihen.

## Material und Methoden

Bis 2011 wurden 33 Kreuzungen durchgeführt, die diese neue Aromarichtung als Zielsetzung haben. Alle Sämlinge wurden auf Krankheitsresistenz, Wüchsigkeit, Geschlecht, vorselektiert. Die weiblichen Zuchtstämme wurden im Zuchtgarten in Hüll angebaut, während männliche Nachkommen in Freising in einem speziellen Hopfengarten erhalten und bonitiert wurden. Nur Zuchtstämme mit angenehmen, fruchtigen oder blumigen Aromanuancen wurden beerntet. Das Aroma der trockenen Hopfendolden wurde organoleptisch bestimmt und auch chemisch analysiert. Bittersubstanzen wurden mit der HPLC-Methode nach EBC 7.7 bestimmt. Zur Bestimmung der Ölkomponenten wurde die Headspace Gaschromatographie-Technik eingesetzt, die auch routinemäßig in Hüll zur schnellen und kostengünstigen Analyse einer großen Zahl an Proben für die Züchtung genutzt wird. Um eine bessere Vergleichbarkeit mit den ätherischen Ölkomponenten ausländischer Flavor-Hopfen zu ermöglichen, die nach den EBC-Methoden 7.10 und 7.12 analysiert und quantifiziert wurden, hat das Hüller Hopfenanalytik-Team auch bei diesen neuen Flavor-Zuchtstämmen das Wasserdampfdestillat mit dem Gaschromatographen nach den von der EBC vorgegebenen Methoden untersucht.

## Ergebnisse

Von den 33 durchgeführten Kreuzungen gehen 19 auf die US Sorte Cascade als Mutter zurück. Die Intention dabei war es, diese von den Craft Brewern sehr geschätzten fruchtig-zitrusartigen Geschmacksnuancen von Cascade mit den feinen, typisch hopfigen Aromakomponenten des Hüller Zuchtmaterials auf der Vaterseite zu vermischen. Gleichzeitig sollte mit den Hüller Linien verbesserte Krankheitsresistenz sowie gesteigerte agronomische Leistungsfähigkeit in die Nachkommenschaften eingebracht werden. 2.208 vorselektierte weibliche Stämme aus diesem Züchtungsprogramm wurden als Einzelpflanzen in Hüll angebaut und bonitiert. Die erfolgversprechendsten Stämme wurden in Wiederholung in Hüll wie auch in Rohrbach angebaut, um ihre Eignung für verschiedene Standorte zu prüfen und deren Einfluss auf die Aromaausprägung zu erfassen. Mehrere Zuchtstämme, die diesem neuen Aroma- und Geschmackstrend entsprachen, wurden geerntet und chemisch analysiert, wobei Cascade mit seinem fruchtig-zitrusartigen Aroma als Vergleichssorte neben Hallertauer Mittelfrüher, als Landsorte mit typisch europäischem Hopfenaroma, verwendet wurden.

Die Aromaausprägung dieser neuen Zuchtstämme wurde nicht nur vom Züchter, sondern auch von zahlreichen Experten aus der Hopfen- und Brauwirtschaft evaluiert. Zum ersten Mal hat die Hüller Züchtung Hopfen mit verschiedensten fruchtigen, zitrusartigen und auch blumigen Aroma- und Geschmacksstoffen in die Auswahl gebracht und das Interesse von Seiten der Brauer, unter ihnen auch US-Craft Brewer, des Hopfenhandels und der Hopfenpflanzer war ausgesprochen groß.

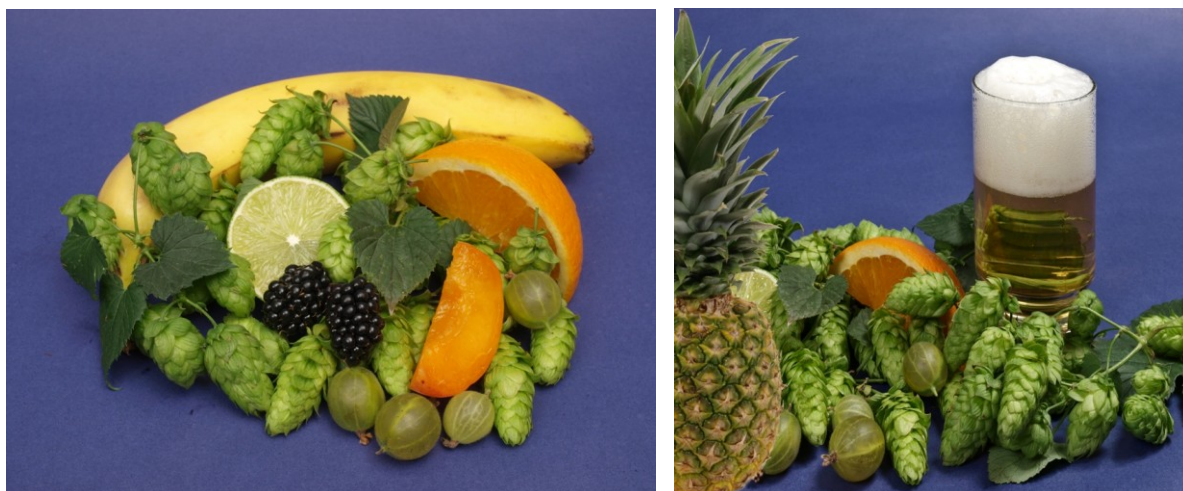
Dies sind die häufigsten Aromabeschreibungen der vorgestellten neuen Hüller Zuchtstämme:

- Cascade (Referenz für das Aroma eines typischen "Flavor-Hopfen"\*): mittlere Intensität, blumig, mit starker Zitrusnote
- Hallertauer Mittelfrüher (als Vertreter des Aromas von feinen Landsorten): mild, kräuterartig, holzige Noten, leichte Zitrusnuancen
- 2007/018/013: fruchtiges Aroma mit besonders stark ausgeprägter Mandarinen- und Zitrusnote, etwas süßlich

- 2007/019/008: intensives, lang anhaltendes blumiges Aroma, mit verschiedenen fruchtigen Noten wie von Maracuja, Grapefruit, Stachelbeere, Ananas, vergleichbar mit dem Bouquet eines feinen Weißweines
- 2008/020/004: verschiedene fruchtige Aromanuancen wie Melone, Minze, Banane, Erdbeere und Zitrone
- 2009/001/718: angenehm fruchtiges Aroma weckt Erinnerungen an Zitrone, Wassermelone, Grapefruit, auch Honignoten sowie frische Nuancen wie bei einem Gletschereisbonbon
- 2009/002/706: intensiv fruchtiges, etwas süßes Aroma, erinnert an Honigmelone und Erdbeere
- 2000/109/728: angenehm fruchtiges Aroma, darüber hinaus sehr erfrischend ähnlich wie ein „Gletschereisbonbon
- 2006/078/009: intensives fruchtige Note, erinnert an Zitrone und Minze, besonders stark ausgeprägtes Bananenaroma
- 2008/059/003: verschiedene fruchtige Aromen, besonders stark wahrnehmbare Ananasnote, auch blumige Eindrücke wie Lavendel und ein bisschen pfeffrig

\*Der Ausdruck „Flavor Hops“ wurde von Charles N. Papazian, dem Präsidenten der „American Association of Brewers“, vor etwa 20 Jahren geprägt und beschreibt Hopfsorten, die eher für Hopfen untypische fruchtige, florale und zitrusartige Aromanuancen ins Bier bringen.

Diese Aromabeschreibungen ausgehend von den getrockneten Hopfendolden wurden durch die chemischen Analysedaten der ätherischen Ölkomponenten ergänzt. Insbesondere die in Hüll als Standard zur Untersuchung und Evaluierung der Aromaqualität neuer Zuchtstämme eingesetzte Headspace Gaschromatographie unterstützt und bestätigt die organoleptische Einstufung dieser neuen Zuchtstamm.



Ausgehend von insgesamt 76 Peaks im GC-Ölprofil konnten 49 Substanzen identifiziert werden. Bei 39 ätherischen Ölkomponenten war es möglich, sie von der Aroma- bzw. zum Teil auch von der Geschmackswahrnehmung her den fünf Kategorien fruchtig (mit 7 Komponenten), zitrusartig (4), blumig (4), kräuterartig (9), würzig/harzig (3) und holzig (10) zuzuordnen. Ein Vergleich des Ölmusters der Landsorte Hallertauer Mittelfrührer, deren feines Aroma seit Beginn der Züchtung in Hüll Vorbild für alle Aromazüchtungsprogramme war, mit dem der neuen Zuchtlinien bestätigt deren „Neuartigkeit.“

Zudem treten Peaks im Headspace-Chromatogramm auf, die bei den Untersuchungen von den bisherigen Hüller Sorten und Zuchtstämme lediglich als Backgroundpeak zu sehen waren. Zum Beispiel trat beim Zuchtstamm 2007/018/013 ein Peak auf, der eine ähnliche Peakfläche erreicht wie die von Humulen. Diese neuartigen Substanzen sollen möglichst bald in Kooperation mit analytischen Gruppen, die Erfahrung mit MS-GC haben, identifiziert werden.

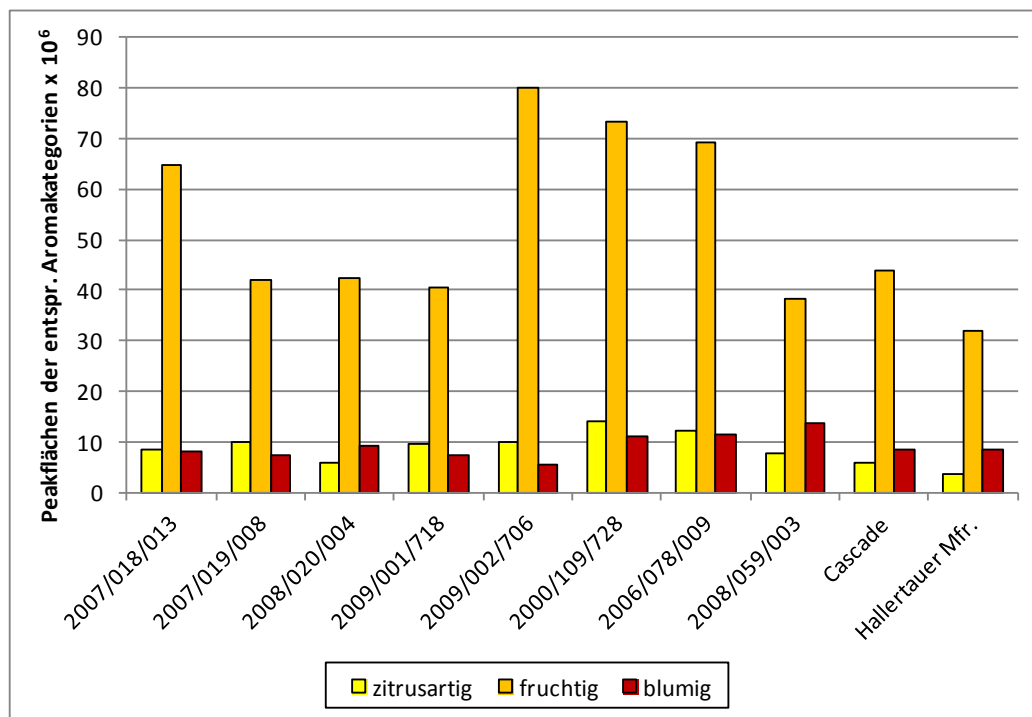


Abb. 4.2: Fruchtige, zitrusartige und blumige Ölkomponenten in den Hüller Neuzüchtungen. Dargestellt sind die Rohdaten.

Da heute oftmals beim Bierbrauen die Hopfengabe nach dem Ölgehalt dosiert wird, wurden für alle neuen Hüller Zuchtstämme in Vorbereitung auf die Brauveruche aus dem Wasserdampfdestillat die Ölmengen bestimmt. Dabei fielen besonders die sehr hohen Ölgehalte der Zuchtstämme 2008/059/003 und 2000/109/728 auf, die mit 3,8 und sogar 4,4 ml Öl pro 100 g Hopfen alle anderen Zuchtstämme bei weitem übertrafen, deren Gehalt zwischen 0,80 und 2,5 ml/100 g Hopfen schwankte, und auch den von Cascade (1,80 ml/100 g Hopfen) und Hallertauer Mfr. (0,95 %).

Die HPLC-Analysendaten zeigten, dass es mit diesem Züchtungsprogramm gelungen war, Zuchtstämme mit fruchtig-zitrusartigen und floralen Aromausprägungen unabhängig von hohen oder niedrigen Alphasäuregehalten zu entwickeln. So weisen die Stämme 2007/018/013, 2007/019/008, 2008/020/004, 2009/001/718 und 2009/002/706 Alphasäuregehalte zwischen 6,5 und 12,0 % auf, während die Gehalte bei 2006/078/009 und 2008/059 bis zu 16,0 % betragen und bei 2000/109/728 sogar bis 23 % ansteigen. Die Beta Säurenwerte reichen von 3,1 bis 6,5 %. Bei Cohumulon schwanken die Gehalte zwischen 21 und 40 %.

Ogleich es sehr schwierig ist, von Aromaeindrücken bei der organoleptischen Beurteilung der getrockneten Hopfendolden oder auch von den chemischen Daten der ätherischen Ölkomponenten her auf die Aromaqualität im Bier zu schließen, zeigten die erste Brauveruche mit diesen acht neuen Hüller Zuchtstämmen doch sehr vielversprechende Ergebnisse. In den Bieren entfalteten sich einzigartige Aromen, die an Mandarine, Melone, Grapefruit, Pfirsich erinnern, und es wurden auch blumige und harzige Duftnoten festgestellt.

Eine Veröffentlichung mit einer detaillierten Beschreibung der Aromennoten und den ersten Ergebnissen zu Brauversuchen ist in Vorbereitung.

Zwei Zuchtstämme wurden bereits beim Europäischen Sortenamtsamt als Sorte angemeldet. Die noch ausstehenden Erkenntnisse aus mehreren Brauversuchen werden darüber entscheiden, ob noch ein oder zwei weitere Flavor-Stämme als Sorte angemeldet werden.

Demnächst wird mit der Vermehrung der Flavorstämme 2000/109/728 und 2007/018/013 begonnen, um ausreichend Mutterpflanzen an die Vermehrungsbetriebe der GfH abgeben zu können. Das Fechsermaterial wird voraussichtlich im Herbst 2012 oder im Frühjahr 2013 zur Verfügung stehen.

#### **4.1.4 Monitoring von gefährlichen Viroid- und Virus-Infektionen an Hopfen in Deutschland**

##### **Ziel**

In einem breitangelegten Monitoring sollte die Befallssituation im Hinblick auf gefährliche Viroid- und Virus-Infektionen im deutschen Hopfenbau untersucht werden. Viren wie auch Viroide, allen voran das gefürchtete Hopfenstauche-Viroid (Hop stunt viroid, HSVd), stellen im Hopfenanbau ein besonderes Problem dar. Sie können mechanisch sehr leicht und schnell innerhalb eines Bestandes sowie von Bestand zu Bestand verbreitet werden. Dabei bleiben diese Erkrankungen oftmals über Jahre unerkannt und erst bei stressauslösenden Witterungsbedingungen zeigen sich wirtschaftliche Schäden auf Ertrag und Alphasäuregehalte. Zur Bekämpfung von Viren und Viroiden stehen keine Pflanzenschutzmittel zur Verfügung. Zudem kann nicht auf wirkungsvolle Resistenzen zur Einkreuzung und Züchtung virus- bzw. viroidresistenter, leistungsstarker Hopfensorten zurückgegriffen werden. Vorbeugemaßnahmen, zu denen auch ein Monitoring zur Aufdeckung und Eliminierung primärer Befallsherde sowie zur Abklärung der Verbreitung dieser Pathogene zählt, sind deshalb dringend notwendig.

##### **Methoden**

Die Auswahl der Monitoring-Standorte, die Organisation und die Probenahme erfolgte durch IPZ 5c und 5a. Die Proben stammten von Praxisflächen aus den verschiedenen Anbauregionen Deutschlands, einem Vermehrungsbetrieb der Gesellschaft für Hopfenforschung sowie von den Züchtungsgärten des Hopfenforschungszentrums; auch Wildhopfen der Hüller Wildhopfensammlung wurden beprobt. Bevorzugt wurden Pflanzen mit verdächtigem Erscheinungsbild ausgewählt, so dass es sich um ein „gezieltes“ und kein zufälliges Monitoring handelte. Des Weiteren wurden viele ausländische Sorten aus dem Internationalen Sortengarten in Hüll getestet. Die Untersuchungen der Monitoringproben auf HMV, ApMV und ArMV erfolgten über DAS-ELISA unter Nutzung kommerziell erhältlicher polyklonaler Antiseren. Die RT-PCR kam bei den Tests auf Hop stunt viroid zum Einsatz; die Primerinformationen stammten von Eastwell und Nelson (2007). Darüber hinaus wurde die RT-PCR für die Untersuchungen auf HLV und in einigen Fällen auf AHLV genutzt, weil hierfür keine Antiseren kommerziell angeboten werden. Die Primersequenzen wurden dankenswerterweise von Dr. Ken Eastwell (persönliche Mitteilungen an Dr. L. Seigner, IPS 2c, 2009) zur Verfügung gestellt. Zur Verifizierung einzelner Ergebnisse wurden PCR-Banden auch zur Sequenzierung gegeben. Alle Untersuchungen wurden größtenteils von einer Bachelorstudentin der TUM in Zusammenarbeit mit dem Pathogendiagnoselabor, IPS 2c, in Freising durchgeführt.

Tab. 4.6: Übersicht über die untersuchten Viroide/Viren (alphabetisch) und verwendeten Nachweismethoden

Viroid/Virus deutsche Bezeichnung	Viroid/Virus englische Bezeichnung	Abkürzung	Nachweis- methode
Latentes Amerikanisches Hopfen-Carlavirus	American hop latent carlavirus	AHLV	RT-PCR
Apfelmosaik-Illarvirus	Apple mosaic ilarvirus	ApMV	DAS-ELISA
Arabis Mosaik- Nepovirus	Arabismosaik nepovirus	ArMV	DAS-ELISA
Latentes Hopfen- Carlavirus	Hop latent carlavirus	HLV	RT-PCR
Hopfenmosaik- Carlavirus	Hop mosaic carlavirus	HMV	DAS-ELISA
Hopfenstauche-Viroid	Hop stunt viroid	HSVd	RT-PCR

### Ergebnisse

In keiner der 282 Hopfenproben (Tab. 4.7), die 2011 untersucht wurden, war das gefürchtete HSVd nachzuweisen. Dabei ist jedoch einschränkend festzustellen, dass bei 4 % der Proben wegen der fehlgeschlagenen Internen RT-PCR-Kontrolle das negative Ergebnis nicht aussagekräftig ist. Nachdem aber im Rahmen des Monitorings seit 2008 aus insgesamt 938 Hopfenproben lediglich 9 mit HSVd infizierte Hopfenpflanzen gefunden wurden, die im Sortengarten in Hüll standen, wird doch deutlich, dass HSVd noch nicht im deutschen Hopfenanbau verbreitet ist. Demgegenüber stehen Berichte von massiven Ertrags- und Qualitätsverlusten in früheren Jahren aus Japan und Korea bzw. 2006 zum ersten Mal auch aus den USA (Nelson and Eastwell 2007).

Ein anderes Bild ergibt sich für den Großteil der getesteten Hopfenviren, obgleich durch die bevorzugte Beprobung symptomzeigender Hopfenpflanzen die tatsächliche Befalls-situation überschätzt wird: in den Hüller Zuchtgärten sind Befall mit HMV, aber auch mit ApMV und HLV recht massiv. Grund hierfür ist, dass viele der ausländischen Sorten schon seit Jahrzehnten in den Hüller Zuchtgärten ausgepflanzt sind. In den meisten Fällen wurde das Ausgangsmaterial überhaupt nicht auf Virusinfektionen untersucht und daher auch keine Anstrengungen unternommen, über Meristemkultur virusfreies Pflanzmaterial zu schaffen. Meist wurden diese Hopfen in Parzellen mit vier Pflanzen angebaut und somit sind für eine Weitergabe der Viren mechanisch bzw. über Blattläuse aus diesen kleinen Infektionsherden an benachbarte Hopfen ideale Voraussetzungen gegeben. Dabei treten oftmals Doppelinfektionen mit HLV/ HMV bzw. HMV/ApMV auf und in wenigen Fällen wurden auch drei und in einem Fall alle vier Virusarten in einer Hopfenprobe erkannt. Beim Vermehrungsbetrieb der GfH wurden 11 Pflanzen mit HMV- und/oder HLV-Befall ausselektiert. Bei den Praxisproben waren vielfach HMV, ApMV und auch HLV einzeln oder in Kombination zu detektieren (Tab. 4.7). Dieses Monitoring beweist aber sehr augenfällig, dass die Virusdurchseuchung sehr gravierend ist. Der relativ hohe Anteil der mit den Carlaviren HMV und HLV infizierten Pflanzen, ist sehr wahrscheinlich in der nicht-persistente Blattlausübertragung dieser Viren begründet. Sind Pflanzen in einem Hopfen-garten mit diesen Viren infiziert, so breitet sich die Infektion über die Blattläuse im Bestand sukzessive aus; bereits kurze Probestiche der Blattlaus reichen für die Virusabgabe an die Pflanze bzw. für die Virusaufnahme aus der Pflanze aus.

Eine Bekämpfung dieser Viren durch Pflanzenschutzmaßnahmen ist insbesondere bei hohem Aufkommen von Blattläusen als Virusvektoren in der Praxis nahezu unmöglich. Die Verwendung von Carlavirus-freiem Pflanzgut, wie es durch Meristemkultur gewonnen wird, ist trotzdem sinnvoll, da diese Bestände wesentlich ertragsstärker sind und der Neubefall erst nach Jahren einsetzt. Im Gegensatz zu den Carlaviren scheint die Ausbreitung des mechanisch übertragbaren ApMV grundsätzlich besser kontrollierbar. Trotz der intensiven Kulturmaßnahmen im Hopfengarten, ist der Anteil ApMV-infizierter Pflanzen vergleichsweise gering. Das zur AHLV-Testung notwendige infizierte Material (Positivkontrolle) konnte von Dr. Eastwell erst im September 2011 bereitgestellt werden. Daher wurde nur eine sehr kleine Auswahl von zehn US-Sorten auf dieses Virus mit der RT-PCR untersucht. Bei sechs Hopfen wurde die AHLV-Bande nachgewiesen und über Sequenzierung das Ergebnis bestätigt. Wegen der offenbar recht hohen Infektionsrate mit HLV soll künftig wichtiges Ausgangsmaterial nicht nur auf HMV und ApMV, sondern auch auf HLV-Befall geprüft werden, bevor es zum Vermehrungsbetrieb der GfH gegeben wird. Zudem unterstützen diese Befallsdaten, die Notwendigkeit der Meristemkultur, um virusfreies Pflanzmaterial bereitstellen zu können.

Tab. 4.7: HSVd- und Virus-Untersuchungen 2011

Herkunft und Art des Probematerials 2011	Anzahl der Hopfenproben	RT-PCR HSVd positiv	RT-PCR HLV positiv	ELISA HMV positiv	ELISA ApMV positiv	ELISA ArMV positiv
Zuchtgarten Hüll: Mutterpflanzen	19	0	8 (42 %)	19 (100 %)	10 (53%)	1 (5%)
Zuchtgarten Hüll: Sortengarten	89	0	61 (69%)	78 (88%)	45 (51%)	0
Zuchtgarten Hüll: Sortenregister	28	0 + (10 ohne IPC)	15 (54%)	12 (43 %)	2 (7%)	0
Zuchtgarten Freising: männliche Hopfen	2	(2 ohne IPC)	1	2 (100%)	0	0
Vermehrungsbetrieb der GfH Hallertau: Mutterpflanzen	32	0	11 (34%)	4 (12%)	0	0
Praxisbetrieb Elbe-Saale: Hopsteiner Sorten	6	0	6 (100%)	4 (67%)	0	0
Praxisbetriebe Hallertau: Sorten	37	0	25 (69%)	30 (83%)	18+1 (47 %)	1+1 (5%)
Tettnang Versuchsgut u. Praxisbetriebe: Sorten	10	0	10 (100%)	10 (100%)	9 (90%)	0
Sorten aus dem Ausland	23	0	8 (35%)	3 (13%)	3 (13%)	0
Verschiedene (Ausland) – nicht auf Viren geprüft	36	0	3 (8%)	-	-	-
<b>Gesamt</b>	<b>282</b>	<b>0</b>	<b>148</b>	<b>162</b>	<b>87</b>	<b>3</b>

Da zum überwiegenden Teil „krank“ aussehende Hopfenproben von den Praxisbetrieben zur Untersuchung eingeschickt wurden, wird möglicherweise das Ausmaß der Virusinfektionen überschätzt.

## Literatur

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.

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.

## Dank

Wir danken Dr. Ken Eastwell für die Bereitstellung von Primerdaten und Positivkontrollen. Unser Dank geht auch an Prof. Dr. Ralph Hückelhoven für die wissenschaftliche Betreuung der Bachelorstudentin Frau Vanessa Auzinger, der wir hiermit ebenfalls für Ihre zuverlässigen und sorgfältigen Arbeiten danken.

## 4.2 Biotechnologie

### 4.2.1 Charakterisierung der Interaktion Hopfen-Hopfenmehltau auf Zellebene und Funktionsanalyse von an der Abwehr beteiligten Genen

#### Ziel

Ziel dieses Forschungsprojektes war es, auf Zellebene mit dem Licht- und Fluoreszenzmikroskop Abwehrreaktionen in verschiedenen Wildhopfen zu charakterisieren. Dadurch sollten neue Resistenzträger für die Mehlttauresistenzzüchtung gefunden werden.

Ein anderer Teil dieser Arbeit unterstützte mit einem molekularbiologischen Ansatz die Resistenzzüchtung. Ein sog. transienter Transformationsassay wurde bei Hopfen erarbeitet, mit dem es möglich ist, Gene, die an Abwehrreaktionen gegenüber Hopfenmehltau beteiligt sind, funktionell zu analysieren.



Abb. 4.3: Bilder aus einzelnen Arbeitsschritten des Projektes. **A)**, Inokulierte Blätter für mikroskopische Untersuchungen. **B)**, Zwei Haustorien (Pfeile) des Mehltaupilzes in einer transformierten Haarzelle, Blaufärbung durch das GUS-Reportersystem. **C)**, Zelltod (Pfeil) als Abwehrreaktion gegen den Mehltaupilz. **D)**, Sporulation des Mehltaupilzes aufgrund der Infektion einer einzelnen Haarzelle. Pfeil: Haustorium in Haarzelle. Maßstab: A: 1 cm; B,C,D: 25 µm



## Methoden

Aus dem Hüller Zuchtprogramm wurden acht Wildhopfen, zwei Zuchtstämme und zwei Sorten, die alle als mehlttauresistent eingestuft werden, sowie Northern Brewer als anfällige Kontrollsorte mit Echtem Mehltau inokuliert (vgl. Abb. 4.3 A). Die Infektion wurde zu verschiedenen Zeitpunkten (24 h, 48 h und 7 d) nach der Inokulation abgestoppt und Pilzstrukturen sowie Abwehrreaktionen auf Zellebene durch histochemische Färbungen sichtbar gemacht. Anschließend wurden ca. 30.170 Interaktionen zwischen einzelnen Epidermiszellen und dem Mehltaupilz unter einem Fluoreszenzmikroskop untersucht. Da sich herausstellte, dass der Mehltaupilz auch Haarzellen kolonisiert und diese ein anderes Resistenzverhalten im Vergleich zu normalen Epidermiszellen aufweisen, wurde ergänzend auch das Resistenzverhalten dieser Haarzellen untersucht.

Um einen transienten Transformationsassay für Hopfen zu etablieren, wurde zunächst ein Protokoll für die Transformation von Epidermiszellen mit der Particle Gun erarbeitet. Haarzellen erwiesen sich für den transienten Assay im Vergleich zu Epidermiszellen als geeigneter, da eine Mindestanzahl an Interaktionen zwischen transformierten Epidermiszellen und dem Mehltaupilz erforderlich ist und diese mit Haarzellen besser erreicht werden kann. Außerdem wurde eine Vermehrung des echten Mehltaupilzes auf lebenden Pflanzen in Klimakammern etabliert, da angenommen wurde, dass mit dieser Methode im Vergleich zu der Mehltauvermehrung in der Petrischale vitalere Sporen erhalten werden können. Um den transienten Transformationsassay mit dem Ziel der funktionale Analyse von an der Mehlttauresistenz beteiligten Genen zu validieren, wurde ein Hopfen *Mlo*-Gen ausgewählt. Von anderen Fruchtarten ist bekannt, dass es sich bei *Mlo*-Genen um Anfälligkeitsgene handelt und dass ein Funktionsverlust eines oder mehrerer dieser Gene zu einer erhöhten Resistenz dieser Pflanzen führt (Bai et al., 2008; Panstruga, 2005; Consonni et al., 2006; Pavan et al., 2011). Zunächst wurde die Aktivität dieses Hopfen *Mlo*-Gens nach Mehltaubefall in einer anfälligen und einer resistenten Sorte untersucht, um nähere Informationen über dieses Gen zu erhalten. Anschließend wurde ein „Knock-down“-Konstrukt für die funktionale Analyse dieses Gens durch die transiente Transformation von Haarzellen über Mikropartikelbeschuss hergestellt.

## Ergebnisse

Bei den mikroskopischen Untersuchungen der für die Mehlttauresistenz verantwortlichen Abwehrreaktionen zeigte sich, dass bei allen 12 Genotypen die Resistenz auf einem Zelltod der angegriffenen Zellen beruht (Abb. 4.3 C). Bei 11 Genotypen war dieser Zelltod bereits 24 h nach der Inokulation nachweisbar. Bei einem Genotyp beruhte die Resistenz auf einem Zelltod zu einem späteren Zeitpunkt. Zellwandverstärkungen, die ein Eindringen des Pilzes behindern, spielen bei allen untersuchten Genotypen eine geringere Rolle. Haarzellen waren in allen untersuchten Genotypen anfällig, auf 10 Genotypen konnten unter dem Mikroskop einzelne sporulierende Kolonien mit einer anfälligen Haarzelle in der Mitte gefunden werden (Abb. 4.3 D). Da allerdings der Flächenanteil der Haarzellen an der Blattoberfläche gering ist, scheint sich diese Beobachtung nicht auf die Ausprägung des Resistenzphänotyps auszuwirken.

Zur transienten Transformation von Epidermiszellen bei Hopfen durch Mikropartikelbeschuss wurden ein Protokoll erarbeitet, wozu folgende Punkte/Aspekte untersucht bzw. optimiert worden waren: Bestimmung des optimalen Beschleunigungsdruckes für den Mikropartikelbeschuss und Vergleich der Zellgrößen verschiedener epidermaler Zelltypen sowie die Optimierung der Mehlttauerhaltung und -vermehrung. Genexpressionsstudien eines Hopfen *Mlo*-Gens in einer anfälligen und einer resistenten Sorte deuteten auf vermehrte Aktivität dieses Gens nach Mehltaubefall und somit auf eine Funktion dieses Gens in der Interaktion Hopfen-Hopfenmehltau hin.

Abschließend wurde der transiente Transformationsassay durch die funktionale Charakterisierung dieses Mlo-Gens validiert. Hierbei zeigten die Knockdown-Experimente in der anfälligen Sorte Northern Brewer, dass Zellen, in welchen ein transienter Knockdown dieses Anfälligkeitgens erfolgt war, weniger Haustorien enthielten als die Kontrolle. Durch das Ausschalten des Gens wurden die Zellen also weniger anfällig. Abb. 4.3 C zeigt beispielhaft für die mikroskopische Auswertung des transienten Assays eine Interaktion einer transformierten Haarzelle mit dem Mehltaupilz. Die transformierte Haarzelle enthält zwei Haustorien.

Publikationen zu diesen Arbeiten sind in Vorbereitung.

## Literatur

Bai Y, Pavan S, Zheng Z, Zappel NF, Reinstädler A, Lotti C, De Giovanni C, Ricciardi L, Lindhout P, Visser R, Theres K, Panstruga R (2008): Naturally occurring broad-spectrum powdery mildew resistance in a Central American tomato accession is caused by loss of *Mlo* function. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 21: 30-39

Consonni C, Humphry ME, Hartmann HA, Livaja M, Durner J, Westphal L, Vogel J, Lipka V, Kemmerling B, Schulze-Lefert P, Somerville SC, Panstruga R (2006): Conserved requirement for a plant host cell protein in powdery mildew pathogenesis. *Nature Genetics*, 38: 716-720.

Panstruga R (2005): Serpentine plant MLO proteins as entry portals for powdery mildew fungi. *Biochemical Society Transactions*, 33: 389-392.

Pavan S, Schiavulli A, Appiano M, Marcotrigiano AR, Cillo F, Visser RGF, Bai Y, Lotti C, Ricciardi L (2011) Pea powdery mildew *er1* resistance is associated to loss-of-function mutations at a *MLO* homologous locus. *Theoretical and Applied Genetics*, 123: 1425-1431

## 4.3 Genomanalyse

### 4.3.1 Untersuchungen zu *Verticillium*-Infektionen in der Hallertau

#### Ziel

Nachdem seit dem verstärkten Auftreten der Hopfenwelke in der Hallertau sowohl molekulargenetisch als auch über künstliche Infektionstests das Vorkommen sowohl milder als auch letaler Rassen nachgewiesen werden konnte, ist es nun die Aufgabe, den *Verticillium*-Pilz und seine Rasse möglichst schnell in einem *in-planta*-Test zu bestimmen, um ackerbaulich geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Eine weiterer, wenngleich sehr schwieriger Bereich, ist der Nachweis von *Verticillium* in Bodenproben. Dies ist für die Landwirte immens wichtig, um speziell bei Neuanlagen von Hopfengärten dem Risiko einer *Verticillium*-Infektion begegnen zu können: Nachdem es bis heute für dieses Bodenpathogen keine chemischen Bekämpfungsmöglichkeiten gibt, sollen Bioantagonisten (biologische „Gegenspieler“); die als Maßnahme gegen den Welkepilz in anderen Kulturen wie z. B. Erdbeeren in Versuchen ihre präventive Wirksamkeit erfolgreich beweisen konnten, nun auch bei Hopfen getestet werden.

#### Methoden

Aufgrund der Tatsache, dass für die Etablierung eines *in-planta*-Laborschnelltests die Homogenisierung der sehr holzigen Rebenteile von Hopfenpflanzen eine Grundvoraussetzung darstellt und dies mit der in der Genomanalyse routinemäßig verwendeten Kugelmühle nicht möglich ist, wurde für diesen Arbeitsschritt ein Homogenisator beschafft. Im Gegensatz zu Kugelmühlen mit zweidimensionalen Bewegungen wird bei diesem Homogenisator das Pflanzenmaterial mit speziellen Kugeln in einer dreidimensionalen Bewegung unter hoher Frequenz (bis zu 6 m/s) aufgeschlossen.

Bevor verschiedenste kommerzielle DNA-Isolationskits auf ihre Eignung zu dieser Fragestellung getestet wurden, mussten zunächst unterschiedlichste Aufschlussparameter wie Material der Kugeln, Form und Größe der Kugeln und optimale Schwingfrequenz des Gerätes getestet werden. Zur Etablierung einer multiplex real-time PCR wurden ausgehend von bereits publizierten und für die qualitative PCR bereits etablierten spezifischen Genomsequenzen für *Verticillium albo-atrum*- (*V. a.a.*) und *Verticillium dahliae* (*V.d.*) Primer und real-time-Sonden für die jeweilige *Verticillium*-Art entwickelt.

Um erstmalig eine Basis zu bekommen, Bodenproben molekular auf *Verticillium* hin zu untersuchen, wurde Erde mit *Verticillium-albo-atrum*-Pilzmycelien oder Pilz-DNA versehen und in eine PCR eingesetzt. Bei der Suche nach geeigneten Mikroorganismen für die biologische Kontrolle des *Verticillium*-Pilzpathogens wurden fünf Bakterienstämme ausgewählt. Sie gehören den Gattungen *Bacillus*, *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Serratia* und *Stenotrophomonas* an. Aufgrund des verstärkten *Verticillium*-Befalls der Sorte Hallertauer Tradition wurde diese zur Testung verwendet. Wurzeln junger Hopfenfechser wurden hierzu in spontan mutierte Rifampicin-resistente Bakteriensuspensionen eingetaucht, eingetopft und nach 4 Wochen wieder von Erde befreit. Sowohl Endosphäre als auch Rhizosphäre der Wurzeln wurden auf ihre Bakterienbesiedelung hin untersucht. Die Kolonienzahl der Antagonisten pro Gramm Wurzel wurde auf Standard Bakterienmedien mit Rifampicin ermittelt.

## Ergebnisse

In einem ersten Vorlauf konnte anhand von 150 Proben der *in-planta Verticillium*-Schnelltest, d.h. der Nachweis des Pilzes direkt aus der Hopfenrebe ohne vorhergehende Pilzanzucht und DNA-Isolation, erfolgreich angewandt werden. Die neue Technik konnte dadurch verifiziert werden, weil diese Hopfenproben schon letztes Jahr unter Nutzung der herkömmlichen langwierigen Methodik auf *Verticillium albo atrum* untersucht worden waren.

Damals wurde der Pilz zuerst Inkultur gebracht, in Flüssigmedium vermehrt und nachfolgend erst die DNA des Pilzes nach der herkömmlich verwendeten Isolationsmethode extrahiert. Selbst in 5 bislang als phänotypisch gesund geführten Rebenproben konnte über diesen Schnelltest erstmalig *Verticillium dahliae* nachgewiesen werden.

In *Abb. 4.4* ist die Real-Time-Amplifikation von *in-planta V.a.a.*-DNA (A) im Vergleich zu DNA von kultivierten *V.a.a.* Referenzisolaten (B) dargestellt. In ersten real-time PCR-Reaktionen mit künstlichen DNA-Mischungen aus *Verticillium albo-atrum* und *Verticillium dahliae*-Referenzen konnten die für *V. a. a* und *V. d.* entwickelten Primer und Real-Time-Sonden erfolgreich getestet werden.

In bislang 2 Versuchsreihen mit je 12 Topfpflanzen/Bakterium der Sorte Hallertauer Tradition wurden alle Bakterienstämme zunächst auf ihre Fähigkeit der Besiedelung der Hopfenwurzeln (Endosphäre und Rhizosphäre) untersucht. Dies ist die Grundvoraussetzung zur Überprüfung ihrer antagonistischen Wirkung auf das Pathogen. Alle Gattungen konnten sich bislang erfolgreich an Hopfen ansiedeln.

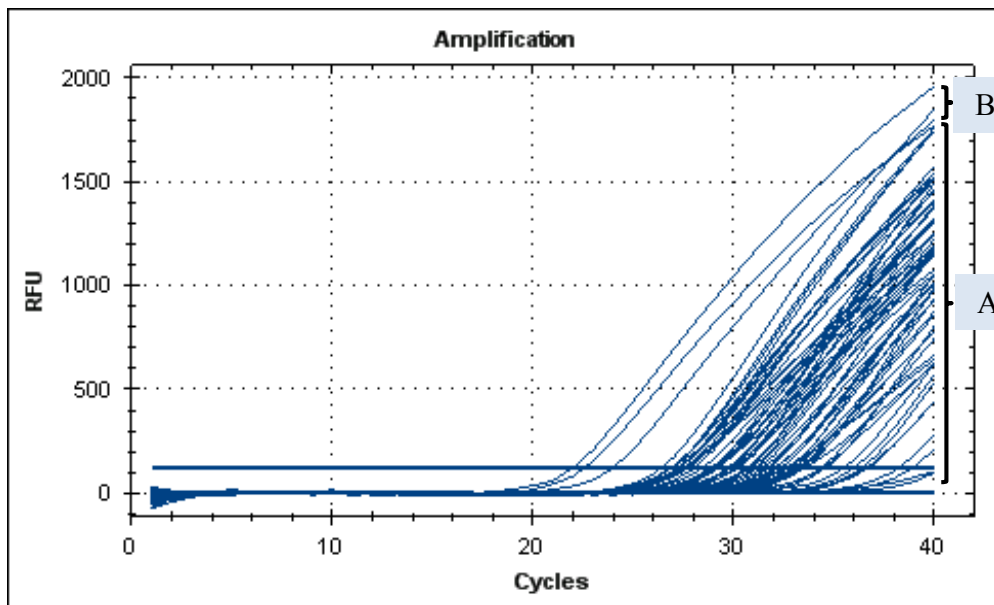


Abb. 4.4: Direkter Nachweis von *Verticillium albo-atrum* in Hopfenreben mittels Real-Time PCR A=Pilz aus Rebe, B=Referenzisolate; RFU=relative fluorescence units

### Ausblick

Zu einer statistischen Absicherung des *Verticillium*-Schnelltestes ist in der kommenden Hopfensaison eine umfassendere Untersuchungsreihe geplant. Des Weiteren ist geplant, Erde von *Verticillium*-verseuchten Hopfengärten mit Indikatorpflanzen auf das Vorkommen des Pilzpathogens hin zu untersuchen. Die Entwicklung von spezifischen Primern zur Differenzierung von milden und letalen *Verticillium*-Isolaten basierend auf den bereits detektierten AFLPs erweist sich schwieriger als erwartet und wird weiter forciert.

## 5 Hopfenbau, Produktionstechnik

LD Johann Portner, Dipl. Ing. agr.

### 5.1 $N_{\min}$ -Untersuchung 2011

Die Stickstoffdüngung nach DSN ( $N_{\min}$ ) ist seit langem in der Praxis eingeführt und zu einem festen Bestandteil der Düngeplanung in den Hopfenbaubetrieben geworden. Im Jahr 2011 wurden in Bayern 3.396 Hopfengärten auf den  $N_{\min}$ -Gehalt untersucht und eine Düngeempfehlung erstellt.

In Tab. 5.1 ist die Entwicklung der Zahl der Proben zur  $N_{\min}$ -Untersuchung zusammengestellt. Der durchschnittliche  $N_{\min}$ -Gehalt in den bayerischen Hopfengärten war 2011 mit durchschnittlich 76 kg N/ha 10 kg niedriger als 2010. Die davon abgeleitete durchschnittliche Düngeempfehlung erhöhte sich dementsprechend auf 154 kg N/ha.

Wie jedes Jahr waren auch heuer wieder größere Schwankungen zwischen den Betrieben und innerhalb der Betriebe zwischen den einzelnen Hopfengärten und Sorten festzustellen. Eine individuelle Untersuchung ist daher zur Bestimmung des Düngeoptimums unerlässlich.

Tab. 5.1: Zahl der  $N_{\min}$ -Untersuchungen und durchschnittliche  $N_{\min}$ -Gehalte sowie Düngeempfehlung in Hopfengärten der bayerischen Anbaugebiete

Jahr	Anzahl der Proben	$N_{\min}$ kg N/ha	Düngeempfehlung kg N/ha
1983	66	131	
1984	86	151	
1985	281	275	
1986	602	152	
1987	620	93	
1988	1031	95	
1989	2523	119	
1990	3000	102	
1991	2633	121	
1992	3166	141	130
1993	3149	124	146
1994	4532	88	171
1995	4403	148	127
1996	4682	139	123
1997	4624	104	147
1998	4728	148	119
1999	4056	62	167
2000	3954	73	158
2001	4082	59	163
2002	3993	70	169
2003	3809	52	171
2004	4029	127	122
2005	3904	100	139
2006	3619	84	151
2007	3668	94	140
2008	3507	76	153
2009	3338	85	148
2010	3610	86	148
2011	3396	76	154

In Tab. 5.2 ist für die bayerischen Anbauggebiete auf der Basis der Landkreise die Zahl der untersuchten Hopfengärten, der durchschnittliche  $N_{\min}$ -Wert, sowie die daraus errechnete durchschnittliche Stickstoffdüngempfehlung zusammengestellt. Die Aufstellung zeigt, dass die höchsten  $N_{\min}$ -Werte in der Region um Hersbruck und im Jura zu finden sind. Im Anbauggebiet Spalt wurden entgegen dem Vorjahr heuer die niedrigsten Werte gemessen.

Tab. 5.2: Zahl, durchschnittliche  $N_{\min}$ -Gehalte und Düngempfehlungen der Hopfengärten nach Landkreisen bzw. Regionen in Bayern 2011

Landkreis bzw. Region	Probenzahl	$N_{\min}$ kg N/ha	Düngempfehlung kg N/ha
Hersbruck	50	125	103
Eichstätt (mit Kinding)	250	94	143
Landshut	174	77	150
Kelheim	1.296	76	156
Pfaffenhofen	1.198	74	155
Freising	341	69	160
Spalt (ohne Kinding)	87	64	149
<b>Bayern</b>	<b>3.396</b>	<b>76</b>	<b>154</b>

In Tab. 5.3 sind die Werte nach Sorten aufgelistet und nach Höhe der Düngempfehlung sortiert.

Tab. 5.3: Zahl, durchschnittliche  $N_{\min}$ -Gehalte und Düngempfehlung bei verschiedenen Hopfensorten in Bayern 2011

Sorte	Probenzahl	$N_{\min}$ kg N/ha	Düngempfehlung kg N/ha
Herkules	491	72	173
Brewers Gold	7	55	167
Nugget	48	70	162
Hall. Magnum	617	71	159
Hall. Taurus	270	76	153
Saphir	42	79	149
Perle	644	79	148
Hall. Tradition	584	81	148
Hersbrucker Spät	178	84	147
Opal	10	73	146
Spalter Select	172	84	145
Northern Brewer	47	82	144
Hallertauer Mfr.	226	70	142
Hall. Merkur	8	77	142
Spalter	37	66	139
Smaragd	6	85	139
Sonstige	9	73	156
<b>Bayern</b>	<b>3.396</b>	<b>76</b>	<b>154</b>

## 5.2 Sortenreaktion auf Reduzierung der Gerüsthöhe (6 m)

### 5.2.1 Ziel

Aufgrund verheerender Sturmereignisse in den letzten Jahren, die in der Hallertau zum Einsturz von Hopfengerüstanlagen vor der Ernte geführt haben, soll untersucht werden, ob die Höhe der Gerüstanlagen bei gleichbleibenden Erträgen auf 6 m reduziert werden kann. Nach ersten Berechnungen würden sich dadurch die statischen Belastungen der Hallertauer Gerüstanlage um ca. 15 - 20 % verringern und sich die Standfestigkeit bei extremen Windgeschwindigkeiten stark verbessern.

Zudem könnten die Gerüstkosten durch die Verwendung von kürzeren und schwächeren Mittelmasten verringert werden, ohne dabei die Statik negativ zu beeinflussen. Desweiteren ergäben sich Vorteile beim Pflanzenschutz, da durch die Nähe zur Zielfläche der Gipfelbereich besser mit Pflanzenschutzmitteln benetzt werden könnte.

In dem Projekt wurde in mehreren Praxisgärten (Ertragsanlagen verschiedener Hopfsorten) das 7 m hohe Hopfengerüst im Bereich der Versuchspartellen auf 6 m reduziert. Ziel war es, die Reaktion verschiedener Sorten hinsichtlich Pflanzenentwicklung, Krankheits- und Schädlingsbefall, Ertrag und Qualität bei niedrigerer Gerüsthöhe zu untersuchen. Bei den Aromasorten wurden die Versuche mit den Sorten Perle und Hallertauer Tradition, bei den Bittersorten mit Hallertauer Magnum, Hallertauer Taurus und Herkules durchgeführt.

### 5.2.2 Methoden

Geeignete Praxisgärten verschiedener Sorten wurden in 4 gleich große Parzellen eingeteilt, wobei eine Parzelle 10 Säulenabstände lang und einen Säulenabstand breit war. In 2 Parzellen wurde die Gerüsthöhe durch ein zusätzlich eingezogenes Drahtnetz von 7 m auf 6 m reduziert. Die zwei Säulen breite „6-m-Anlage“ befand sich somit direkt neben der „7-m-Anlage“.

Je Parzelle wurden je zwei Wiederholungen als zu beerntende Versuchsglieder zufällig angeordnet. Ein Versuchsglied bestand aus 20 aufeinanderfolgenden Reben. In Absprache mit den Landwirten wurden die Versuchsflächen betriebsüblich bewirtschaftet.

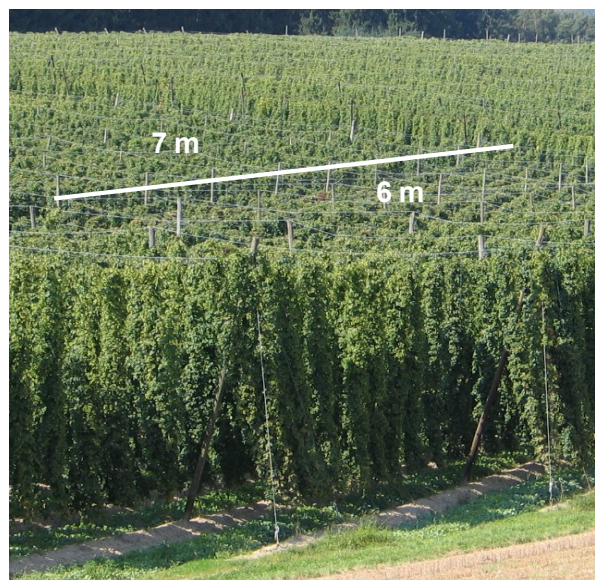


Abb. 5.1 und Abb. 5.2: 7-m-Gerüstanlage durch zusätzliches Drahtnetz auf 6 m reduziert

Von den beernteten Versuchsgliedern wurde der Ertrag, der Alphasäuregehalt und der Wassergehalt der grünen Dolden gemessen. Zusätzlich wurde bei den Bittersorten der Alphaertrag in kg je ha errechnet. Im ersten Versuchsjahr wurde von jeder Parzelle ein Doldenmuster genommen und jeweils 500 Dolden einzeln auf Doldenausbildung und Krankheitsbefall untersucht.

Da in 2009 aufgrund eines Hagelschlags vier der sechs Versuchsstandorte zerstört wurden, wurde das Projekt um ein Jahr verlängert.

### 5.2.3 Ergebnisse

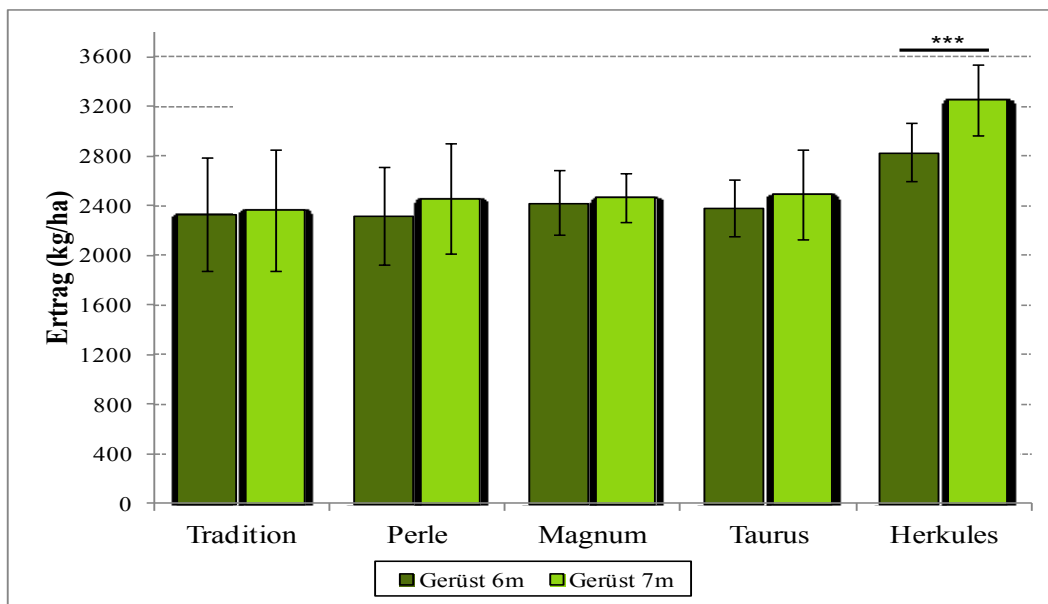


Abb. 5.3: Einfluss der Gerüsthöhe auf den Ertrag verschiedener Hopfensorten

Ertrag (kg/ha) mit Standardabweichung der Aromasorten Hallertauer Tradition und Perle (jew.  $n = 12$ ) sowie der Bittersorten Hallertauer Magnum ( $n = 12$ ), Hallertauer Taurus und Herkules (jew.  $n = 16$ ) im Vergleich bei 6 m und 7 m Gerüsthöhe. Signifikante Unterschiede der Erträge wurden intraspezifisch mittels mehrfaktorieller Varianzanalysen getestet und gekennzeichnet ( $p < 0,05$  \*,  $p < 0,01$  \*\* und  $p < 0,001$  \*\*\*).

Am Standort Winkelsbach mit der Sorte Hallertauer Tradition zeigen die Varianten mit 6 m bzw. 7 m keine signifikanten Unterschiede im Ertrag. Auch der geringe Mehrertrag der 7 m hohen Gerüstanlage bei der Sorte Perle am Standort Gebrontshausen ist statistisch nicht absicherbar. Am Standort Winkelsbach wurde auch die Sorte Hallertauer Magnum geprüft. Es konnte aber keine Auswirkung auf den Ertrag festgestellt werden. Die Sorte Taurus wurde am Standort Niederulrain getestet, wobei die Mehrerträge der 7 m hohen Anlage statistisch nicht abgesichert werden konnten. Der Standort Kirchdorf mit der Sorte Herkules zeigte einen hoch signifikanten Mehrertrag von 423 kg/ha bei der Variante mit 7 m Gerüsthöhe.

Der Trend zu höheren Erträgen bei 7 m Gerüsthöhe war bei allen Sorten unterschiedlich stark vorhanden, konnte aber nur bei Herkules statistisch abgesichert werden. Insbesondere bei der Sorte Herkules sollte dies beim Aufstellen von Gerüstanlagen in guten Ertragslagen berücksichtigt werden.



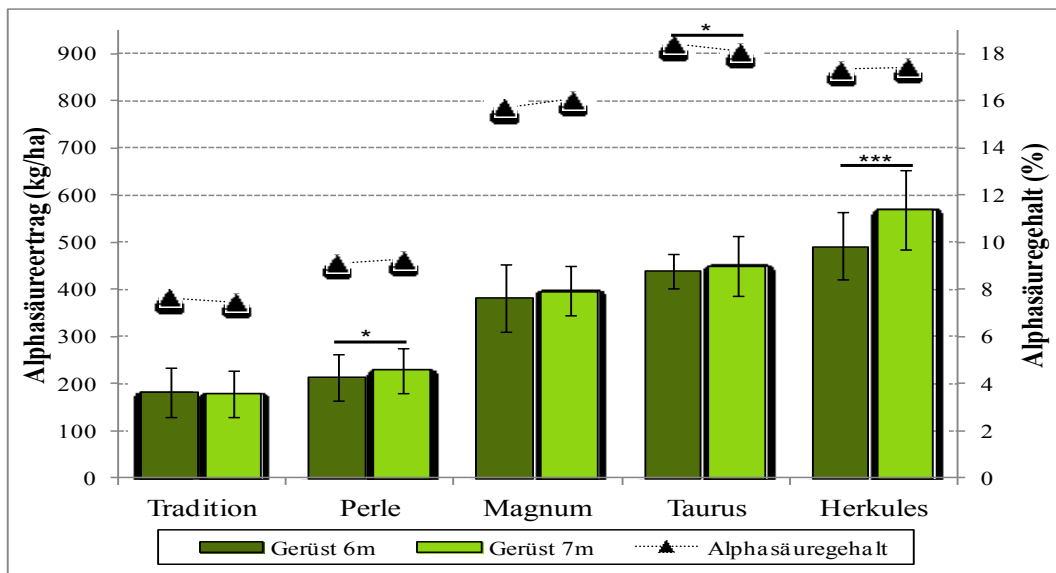


Abb. 5.4: Einfluss der Gerüsthöhe auf den Alphasäuregehalt und -ertrag verschiedener Hopfensorten

Alphasäuregehalt (%) und Alphasäureertrag (kg/ha) der Aromasorten Hallertauer Tradition und Perle (jew.  $n = 12$ ) sowie der Bittersorten Hallertauer Magnum ( $n = 12$ ), Hallertauer Taurus und Herkules (jew.  $n = 16$ ) im Vergleich bei 6 m und 7 m Gerüsthöhe. Signifikante Unterschiede der Erträge wurden intraspezifisch mittels mehrfaktorieller Varianzanalysen getestet und gekennzeichnet ( $p < 0,05$  \*,  $p < 0,01$  \*\* und  $p < 0,001$  \*\*\*).

Die geringen Unterschiede in den Alphasäuregehalten können vernachlässigt werden. Da kein Trend zu erkennen ist, könnte der signifikante Unterschied bei Hall. Taurus auf weitere variierende Faktoren (z. B. Standort, Sorte usw.) zurückzuführen sein. Der höhere Ertrag bei Herkules brachte bei gleichem Alphaergehalt auch einen höheren Alphaertrag pro Hektar.

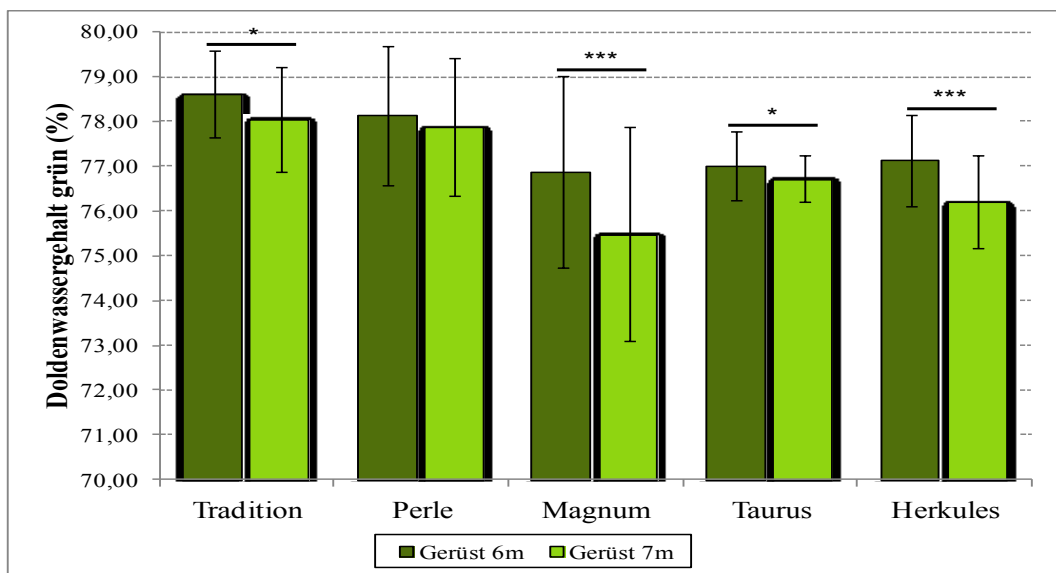


Abb. 5.5: Einfluss der Gerüsthöhe auf den Doldenwassergehalt bei gleichem Erntezeitpunkt

Alphasäuregehalt (%) und Alphasäureertrag (kg/ha) der Aromasorten Hallertauer Tradition und Perle (jew.  $n = 12$ ) sowie der Bittersorten Hallertauer Magnum ( $n = 12$ ), Hallertauer Taurus und Herkules (jew.  $n = 16$ ) im Vergleich bei 6 m und 7 m Gerüsthöhe. Signifikante Unterschiede der Erträge wurden intraspezifisch mittels mehrfaktorieller Varianzanalysen getestet und gekennzeichnet ( $p < 0,05$  \*,  $p < 0,01$  \*\* und  $p < 0,001$  \*\*\*).

Durch die Reduzierung der Gerüsthöhe konnte im Durchschnitt der Versuchsjahre bei allen Sorten (außer Perle) ein signifikant höherer Wassergehalt der grünen Dolde gemessen werden. Dies deutet darauf hin, dass der optimale Erntezeitpunkt bei der 6-m-Gerüstanlage später erreicht wird. Bei einer zu frühen Ernte wird Ertrag verschenkt, (siehe LfL-Information: „Hopfenqualität - Ernte zum richtigen Zeitpunkt“ S. 33) wobei die Höhe des Ertragszuwachses durch eine spätere Ernte der 6-m-Anlagen in diesem Versuch nicht betrachtet wurde und damit auch nicht quantifiziert werden kann. Für die Praxis lässt sich aber die klare Empfehlung ableiten, dass bei gesunden Beständen gleicher Sorte die 6 m hohen Anlage zuletzt beerntet werden sollte. Somit kann auch bei 6-m-Anlagen das Ertragsoptimum erreicht werden.

Bei den Doldenbonituren waren keine Unterschiede in der Größe und hinsichtlich des Krankheitsbefalls festzustellen.

Eine allgemeine Empfehlung für die Praxis zur Reduzierung der Gerüsthöhe aus statischen Gründen lässt sich aus den Versuchen noch nicht ableiten, da je Sorte nur ein Standort geprüft wurde. Lediglich in sturm- und krankheitsgefährdeten Lagen insbesondere auf ertragsschwächeren Standorten können die Vorteile niedrigerer Gerüsthöhe den Nachteil etwaiger Mindererträge kompensieren.

### **5.3 Prüfung verschiedener Stoffe auf Wirksamkeit und Wirkungsverbesserung zum ersten Hopfenputzen**

#### **5.3.1 Ausgangssituation, Problemstellung und Ziel**

Das Hopfenputzen fördert die Haupttriebe und hat eine phytosanitäre Wirkung. In der Hallertau werden bisher nur stickstoffhaltige Lösungen zum ersten Hopfenputzen verwendet. Ab einer Wuchshöhe von ca. 2 m werden die unteren Blätter und Seitentriebe der Hopfenrebe verätzt. Zur Wirkungsverstärkung können Haftmittel oder bei Bedarf Salze als Spurennährstoffdünger zugegeben werden. Um die Aggressivität dieser Mischung zusätzlich zu verstärken, kann Lotus, das eine Genehmigung zur Unkrautbekämpfung in Hopfen besitzt, in der zugelassenen Menge zugemischt werden. Für eine sichere und gute Wirkung ist die Zugabe von Lotus dringend erforderlich. Allerdings darf Lotus nicht in Hopfen eingesetzt werden, die für den Export in die USA vorgesehen sind. Zudem wird der Einsatz von Lotus letztmalig im Jahr 2013 möglich sein. Aus diesen Gründen ist es dringend erforderlich, nach Alternativen zu suchen, die die Aggressivität der Düngerlösungen verbessern.

Um hier Abhilfe zu schaffen, wurden im Rahmen von Tastversuchen an mehreren Standorten unterschiedliche Präparate und Lösungen auf ihre Ätzwirkung getestet.

#### **5.3.2 Methoden**

In der Versuchsplanung wurde festgelegt, möglichst viele unterschiedliche Präparate zu testen. Die technische Durchführbarkeit war mit der üblichen Applikationstechnik mit Spritzfass und Unterstockspritze nicht gegeben, da die Anzahl der festgelegten Varianten zu groß war. Alternativ wurden zwei Rückenspritzen mit TurboDrop-Düsen (TD 80-04) ausgestattet und ausgelitert. Bei der Ausbringung wurde durch die Einhaltung der Abstände zum Bestand und Boden das Hopfenputzen mit Unterstockspritze simuliert. Die verschiedenen Varianten wurden auf den Anteil verätzter Blattflächen und abgestorbenen Triebspitzen bonitiert. Auch die Rebenverätzung wurde in % festgehalten. Die Bonitur wurde bei allen Sorten 5 - 6 Tage nach der Applikation durchgeführt.

### 5.3.2.1 Versuchsplan Teil 1 vom 06.05.2011

Am Standort Oberhartheim wurden an den Sorten Perle, Herkules und Taurus die in der Tab. 5.4 dargestellten Mischungen zum Hopfenputzen getestet. Alle Varianten wurden mit einer Aufwandmenge von 400 l/ha ausgebracht. Die Standard-Spritzbrühe bestand aus 267 l Wasser und 133 l AHL und den Spurennährstoffdüngern (SE) Zink (0,3%) bzw. Bor (0,2%). Als Netzmittel wurde Adhäsit verwendet. In der Tab. 5.4 sind die zusätzlichen Präparate bzw. die abweichenden Zusammensetzungen der Spritzbrühe und die ausgebrachten Nährstoffmengen in kg/ha bzw. g/ha angegeben.

Erklärung zu den Varianten I bis XII:

- I. Unbehandelt als Kontrolle
- II. In der Praxis eingesetzte Mischung inkl. Lotus ohne Spurennährstoffe
- III. In der Praxis eingesetzte Mischung inkl. Lotus
- IV. Für Ackerbaukulturen gut verträgliches AHL aus Werk Piesteritz (P.)
- V. Für Ackerbaukulturen oft schlecht verträgliches AHL aus Werk Duslo Sala (D.S.)
- VI. Schwefelsaures Ammoniak als Ersatz für AHL
- VII. 1,66 % Pelargonsäure (Produkt: Finalsan) zur Wirkungsverstärkung
- VIII. ISAGRARwax GLI NEU als Ersatz für Adhäsit
- IX. 47%ig Magnesiumchlorid-Salz mit 40 kg (10 %) zur Wirkungsverstärkung
- X. 47%ig Magnesiumchlorid-Salz mit 60 kg (15 %) ohne AHL
- XI. 47%ig Magnesiumchlorid-Salz mit 80 kg (20 %) ohne AHL
- XII. Spurennährstoffdüngereinsatz erhöht Zink (0,5 %) Bor (0,5 %)

Tab. 5.4: Versuchsplan Teil 1 mit Aufwandmengen und Nährstoffmengen je ha

Variante	Aufwandmenge 400 l/ha	Nährstoffe/ha	Variante	Aufwandmenge 400 l/ha	Nährstoffe/ha
I	unbehandelt		VII	1,66 % = 6,64 l Finalsan	48 kg N 209 g Zn 170 g B
II	80 ml Lotus 100 l AHL (P.)	36 kg N	VIII	1,0 % = 4 l GLI	48 kg N 209 g Zn 170 g B
III	80 ml Lotus 100 l AHL (P.)	36 kg N 209 g Zn 170 g B	IX	10 % = 40 kg Magnesiumchlorid	48 kg N 8 kg MgO 209 g Zn 170 g B
IV	133 l AHL (P.)	48 kg N 209 g Zn 170 g B	X	15 % = 60 kg Magnesiumchlorid	12 kg MgO 209 g Zn 170 g B
V	133 l AHL (D.S.)	48 kg N 209 g Zn 170 g B	XI	20 % = 80 kg Magnesiumchlorid	16 kg MgO 350 g Zn 170 g B
VI	133 kg SSA	28 kg N Zn+B nicht lösl.	XII	0,5 % = 2 kg Zinksulfat 0,5 % = 2 kg Borsalz	48 kg N 350 g Zn 350 g B

## Ergebnisse Teil 1

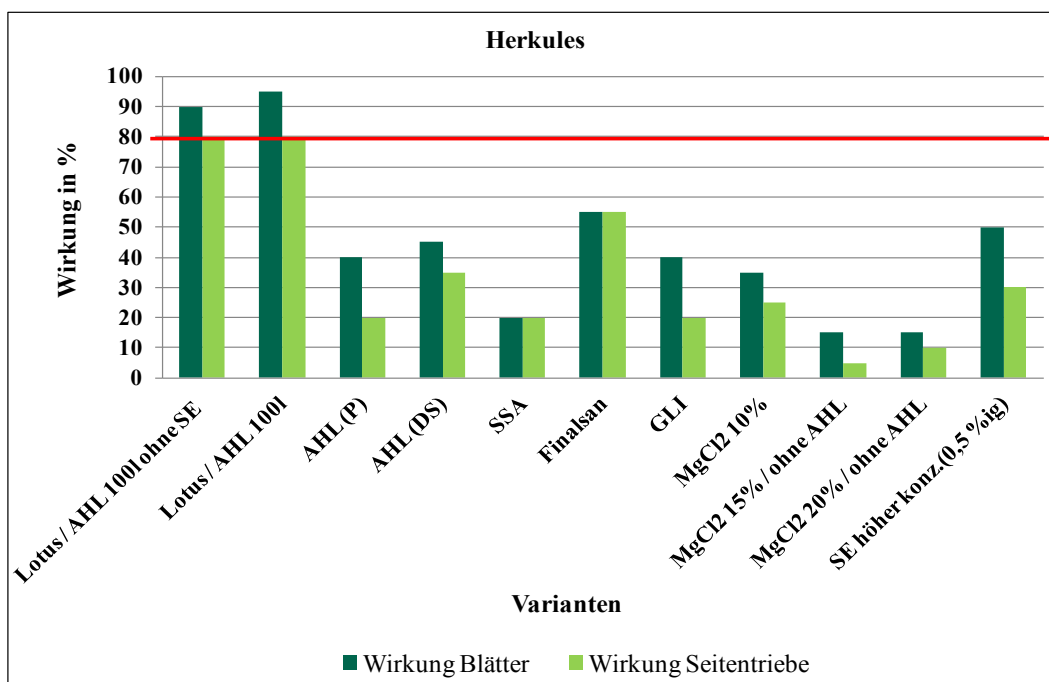


Abb. 5.6: Wirkung bei der Sorte Herkules

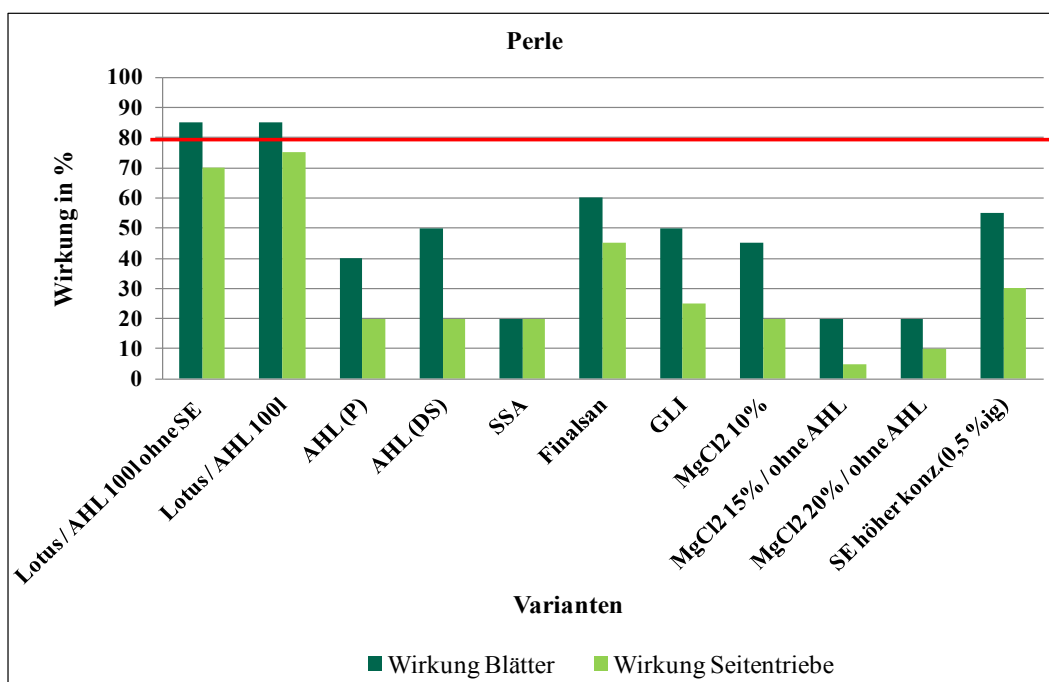


Abb. 5.7: Wirkung bei der Sorte Perle

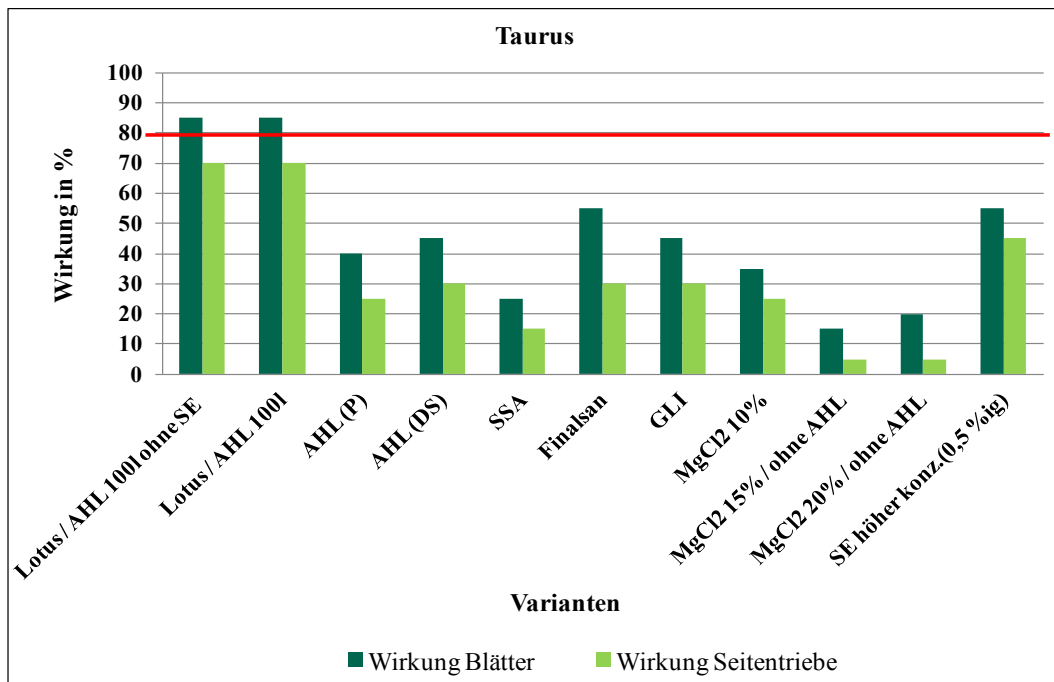


Abb. 5.8: Wirkung bei der Sorte Taurus

Vergleicht man die Ergebnisse der Bonitur, ist bei allen Sorten der gleiche Trend bei den unterschiedlichen Varianten zu erkennen. Die Wirkung fiel bei Perle und Taurus nur geringfügig gegenüber Herkules ab. Eindeutig zeigt sich allerdings, dass die Varianten mit dem Herbizid Lotus die besten Ergebnisse lieferten. Die gewünschte Wirkung bei Blätter und Seitentriebe von 80 % (mit der durchgehenden Linie markiert) konnten nur diese Versuchsglieder erreichen. Die stärkere Ätzwirkung der AHL Variante (D.S.) war erkennbar aber nicht ausreichend. Schwefelsaures Ammoniak zeigte auf Grund der trockenen Witterung ein sehr schlechtes Ergebnis. Finalsan zeigte eine Wirkungsverstärkung. Für die Anwendung wäre aber eine Zulassung notwendig und würde bei noch stärkerer Konzentration einen zu hohen Kostenaufwand verursachen. Das Netzmittel GLI brachte nur eine mäßige Wirkungsverbesserung. Magnesiumchlorid konnte bei einer Konzentration von 10 % keine Zusatzwirkung zeigen, auch die Soloanwendungen mit 15 % bzw. 20 % brachten keinen Erfolg. Die höhere Konzentration der Spurenelemente konnte die Wirkung leicht steigern, führten aber nach Niederschlägen zu Überversorgungssymptomen.

#### 5.3.2.2 Versuchsplan Teil 2 vom 13.05.2011

Im Zuchtgarten Rohrbach wurde an den Sorten Saphir, Magnum und Taurus Verträglichkeitsversuche durchgeführt. Durch die Erkenntnisse aus dem ersten Versuch konnten neue Varianten definiert werden. Außerdem stand eine neue 30%ige Magnesiumchlorid-Lösung zur Verfügung, die im Biokartoffelanbau zur Kartoffelkrautabtötung verwendet wird. Magnesiumchlorid (MgCl<sub>2</sub>) lässt sich mit dem Faktor 0,423 in pflanzenverfügbares Magnesiumoxid (MgO) umrechnen. Als Netzmittel wurde GLI verwendet. Den Spritzbrühen mit einer Aufwandmenge von 400 l/ha wurden außerdem die Spurennährstoffdünger Zink (0,3 %) bzw. Bor (0,2 %) zugemischt. Bei der Bonitur wurde zusätzlich die Rebenverätzung festgehalten. In der Tab. 5.5 sind die exakten Mischungsverhältnisse der Spritzbrühen dargestellt.

Erklärung zu Variante I-VI:

- I. Unbehandelt als Kontrolle
- II. In der Praxis eingesetzte Mischung inkl. Lotus
- III. 33 % AHL + 66 % MgCl<sub>2</sub>-Lösung ohne Wasser; Spurennährstoffe haben sich nicht mehr gelöst!
- IV. 50 % AHL + 50 % MgCl<sub>2</sub>-Lösung ohne Wasser; Spurennährstoffe haben sich nicht mehr gelöst!
- V. 100 % MgCl<sub>2</sub>-Lösung
- VI. 50 % AHL + 50 % Wasser

Tab. 5.5: Versuchsplan Teil 2 mit Aufwandmengen und Nährstoffmengen je ha

Variante	Aufwandmenge 400 l/ha	Nährstoffe/ha	Variante	Aufwandmenge 400 l/ha	Nährstoffe/ha
I	unbehandelt		IV	200 l AHL 200 l MgCl <sub>2</sub> (30 %ig) 1,2 kg Zinksulfat 0,8 kg Borsalz 1 % GLI	72 kg N 25 kg MgO Zn+B nicht lösl.
II	80 ml Lotus 133 l AHL 266 l Wasser 1,2 kg Zinksulfat 0,8 kg Borsalz 1 % GLI	48 kg N 209 g Zn 170 g B	V	400 l MgCl <sub>2</sub> (30 %ig)	51 kg MgO
III	133 l AHL 266 l MgCl <sub>2</sub> (30 %ig) 1,2 kg Zinksulfat 0,8 kg Borsalz 1 % GLI	48 kg N 34 kg MgO Zn+B nicht lösl.	VI	200 l MgCl <sub>2</sub> (30 %ig) 200 l Wasser	25 kg MgO

Ergebnisse Teil 2

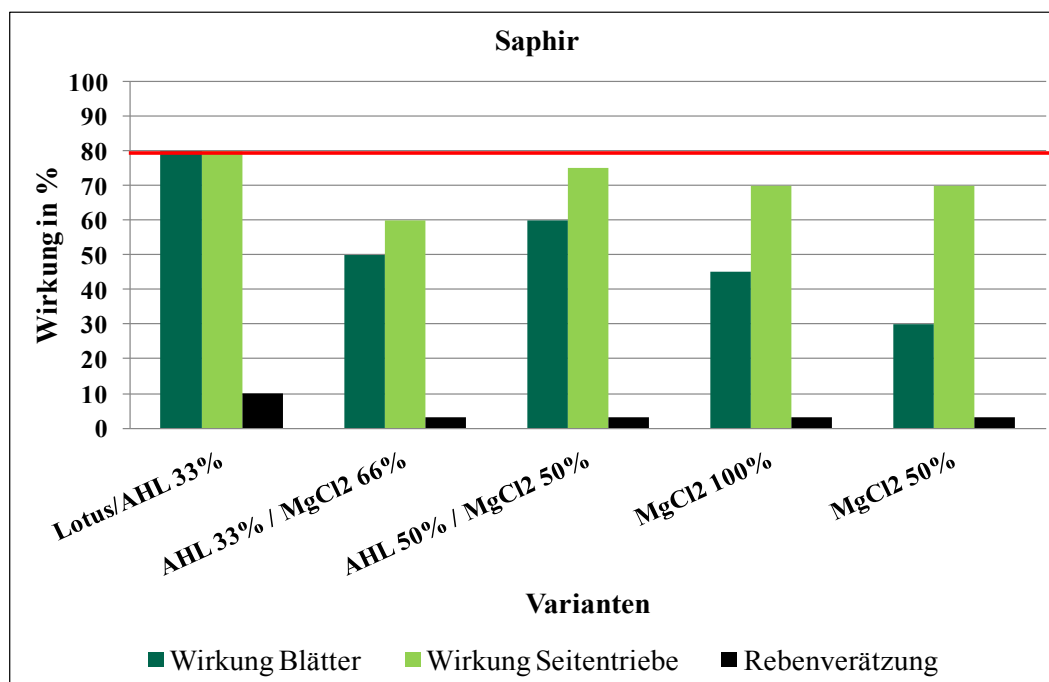


Abb. 5.9: Wirkung und Rebenverätzung bei der Sorte Saphir

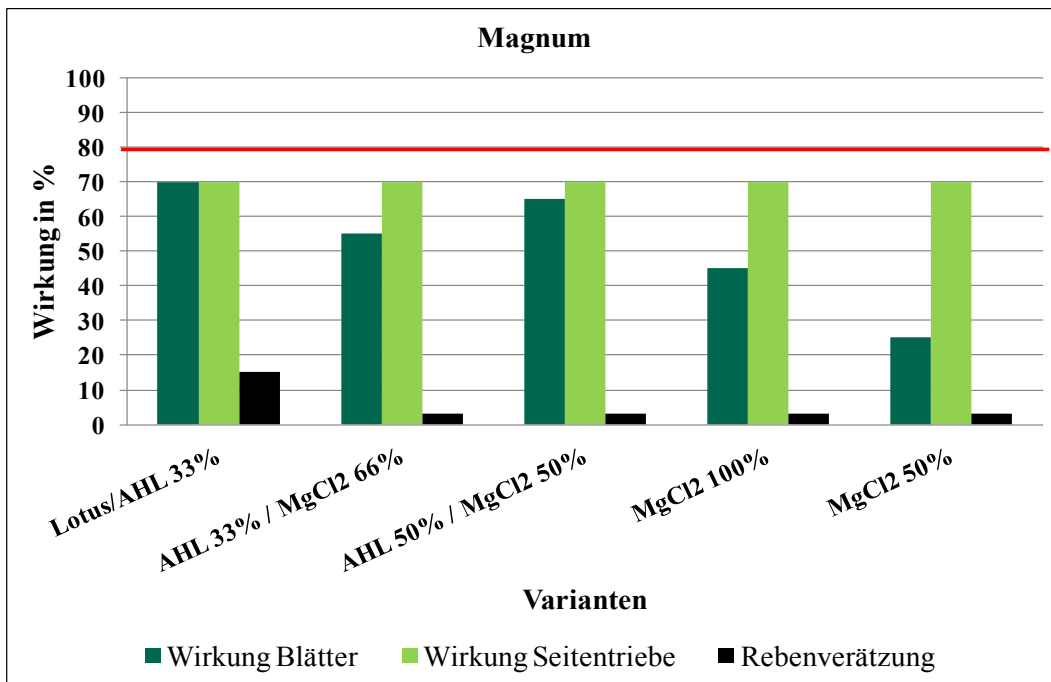


Abb. 5.10: Wirkung und Rebenverätzung bei der Sorte Magnum

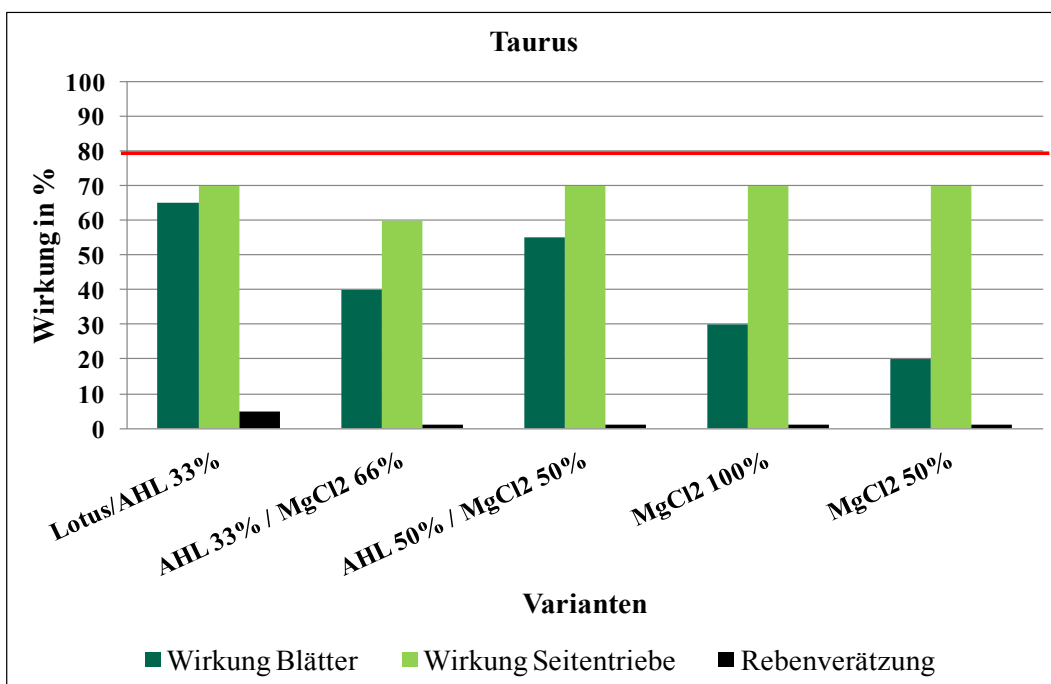


Abb. 5.11: Wirkung und Rebenverätzung bei der Sorte Taurus

Wie schon im ersten Versuch waren die Wirkungen bei der Sorte Taurus am schlechtesten. Bei allen Lotus-freien Varianten waren die Blätter nicht zufriedenstellend verätzt. Allerdings war die Wirkung an den Seitentrieben bzw. das Absterben der Triebspitzen bei allen Sorten und Varianten gut. An den Triebspitzen haben sich bei der Applikation kleine Tropfen angelagert, die dann zu einer starken Verätzung geführt haben. Dies ist auf die Konsistenz der Spritzflüssigkeit zurückzuführen, die durch die Zugabe der Magnesiumchlorid-Lösung zähflüssiger und klebriger wurde.

### 5.3.2.3 Versuchsplan Teil 3 vom 18.05.2011

Im zweiten Versuch konnte eine zufriedenstellende Wirkung aus der Kombination von AHL und Magnesiumchlorid erreicht werden. Im dritten Versuch sollte nun überprüft werden, ob durch die Zugabe von verschiedenen Netzmitteln diese Wirkung nochmals verbessert werden kann. Die Versuchsreihe wurde wie in den vorherigen Versuchen mit 400 l/ha an der Sorte Taurus durchgeführt, da Wirkungsschwächen am sichersten bei dieser Sorte erkennbar sind. Als Standardspritzbrühe wurde eine Mischung aus 50 % AHL und 50 %  $MgCl_2$ -Lösung verwendet. Das Zumischen von Zink und Bor war aufgrund der gesättigten Lösung nur durch starkes Aufrühren möglich. Zur Vergleichbarkeit war eine Variante wieder als Standard Lotus-Variante festgelegt. Außerdem wurde ein Versuchsglied ohne AHL und damit eine stickstofffreie Variante aus 50 %  $MgCl_2$ -Lösung und 50 % Wasser mit Lotus getestet.

### Ergebnisse Teil 3

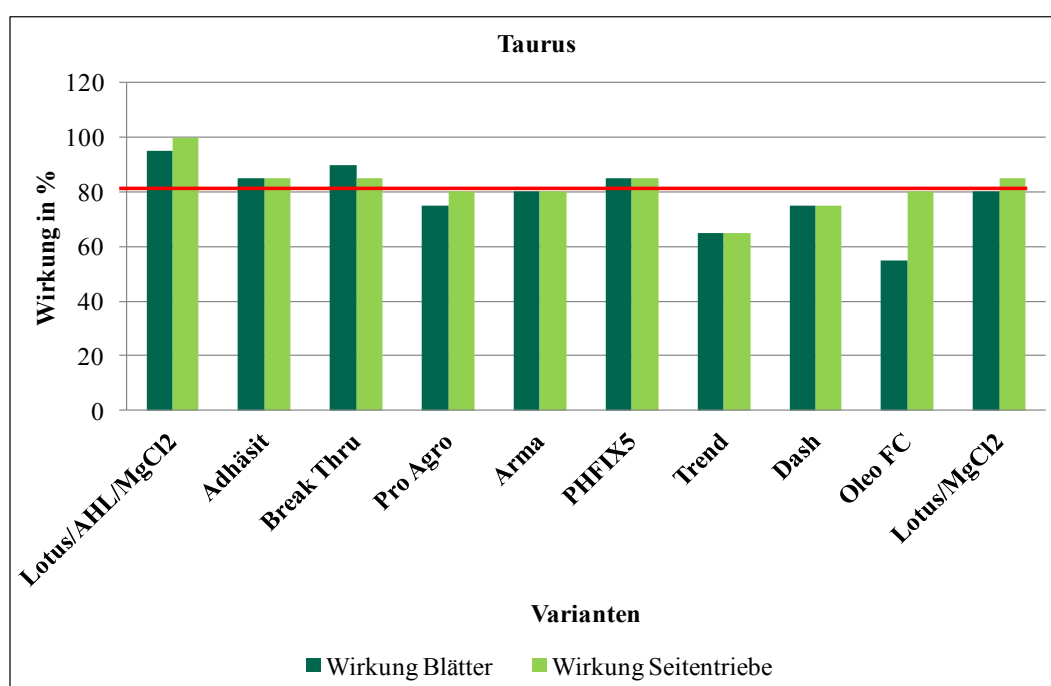


Abb. 5.12: Wirkung bei der Sorte Taurus

Durch die optimalen Witterungsbedingungen zum Hopfenputzen mit einem vorausgegangenen ergiebigen Niederschlagsereignis und darauffolgender starker Sonneneinstrahlung konnten gute Ätzwirkungen erwartet werden. Die Mischung aus Lotus, AHL und  $MgCl_2$ -Lösung hat ein nahezu perfektes Ergebnis geliefert. Aber auch die Varianten ohne Lotus haben gute Wirkungen gezeigt. Die Netzmittel Adhäsit, Pro Agro, Arma und PHFIX 5 waren gleich gut. Trend, Dash und Oleo FC fielen etwas ab. Bemerkenswert war allerdings die gute und schnelle Wirkung durch das Netzmittel Break Thru. Bereits nach einer Stunde zeigten die Blätter und Seitentriebe der Hopfenrebe Welkesymptome. Durch diese schnell einsetzende Wirkung, verursacht durch Break Thru, ist man weniger von der Witterung abhängig und zudem zeigte dieses Produkt zur Abschlussbonitur das beste Ergebnis aller Lotus-freien Varianten. Die Kombination aus Lotus und  $MgCl_2$ -Lösung ohne AHL stellt eine stickstofffreie Alternative dar, muss aber in einem weiteren Versuchsjahr und anderen Sorten nochmals auf Wirkung und Verträglichkeit überprüft werden.



### 5.3.2.4 Versuchsplan Teil 4 vom 24.05.2011

Für den letzten Versuch zum ersten Hopfenputzen wurden die Sorte Herkules und eine Zuchtsorte im Zuchtgarten bei Rohrbach ausgewählt. Die Firma AlzChem stellte eine neue Düngerlösung zur Verfügung, die auf ihre Ätzwirkung getestet werden sollte. Es handelte sich dabei um eine Ammonium-Nitratlösung (AN-Lösung) mit einem Nährstoffgehalt von 6 % NH<sub>4</sub>-N und 6 % NO<sub>3</sub>-N. Diese Lösung wurde in drei unterschiedlichen Konzentrationen getestet. Auch die im Jahr 2011 neu empfohlene Mischung zum Hopfenputzen mit AHL und MgCl<sub>2</sub>-Lösung wurde getestet. Als Vergleichsvariante diente Quickdown mit dem Netzmittel Toil. Alle anderen Varianten wurden wiederum mit einer Aufwandmenge von 400 l/ha, dem Netzmittel Break Thru und dem Zusatz von den Spurennährstoffdüngern Bor (0,2 %) und Zink (0,3 %) ausgebracht.

Erklärung zu Variante I-VII:

- I. Unbehandelt als Kontrolle
- II. 50 % AN-Lösung
- III. 66 % AN-Lösung
- IV. 75 % AN-Lösung
- V. Quickdown + Toil als Netzmittel
- VI. 33 % Wasser, 33 % AHL, 33 % MgCl<sub>2</sub>-Lösung
- VII. 33 % Wasser, 33 % AHL, 33 % MgCl<sub>2</sub>-Lösung + zusätzlich Adhäsit

Tab. 5.6: Versuchsplan Teil 4 mit Aufwandmengen und Nährstoffmengen je ha

Variante	Aufwandmenge 400 l/ha	Nährstoffe/ha	Variante	Aufwandmenge 400 l/ha	Nährstoffe/ha
I	unbehandelt				
II	200 l Wasser 200 l AN 200 ml Break Thru 1,2 kg Zinksulfat (0,3 %) 0,8 kg Borsalz (0,2 %)	24 kg N 209 g Zn 170 g B	V	400 l Wasser 107 ml Quickdown 266 ml Toil 1,2 kg Zinksulfat (0,3 %) 0,8 kg Borsalz (0,2 %)	209 g Zn 170 g B
III	133 l Wasser 266 l AN 200 ml Break Thru 1,2 kg Zinksulfat (0,3 %) 0,8 kg Borsalz (0,2 %)	32 kg N 209 g Zn 170 g B	VI	133 l Wasser 133 l MgCl <sub>2</sub> -Lösung 133 l AHL 200 ml Break Thru 1,2 kg Zinksulfat (0,3 %) 0,8 kg Borsalz (0,2 %)	48 kg N 17 kg MgO 209 g Zn 170 g B
IV	100 l Wasser 300 l AN 200 ml Break Thru 1,2 kg Zinksulfat (0,3 %) 0,8 kg Borsalz (0,2 %)	36 kg N 209 g Zn 170 g B	VI	133 l Wasser 133 l MgCl <sub>2</sub> -Lösung 133 l AHL 200 ml Break Thru 400 ml Adhäsit 1,2 kg Zinksulfat (0,3 %) 0,8 kg Borsalz (0,2 %)	48 kg N 17 kg MgO 209 g Zn 170 g B

## Ergebnisse Teil 4

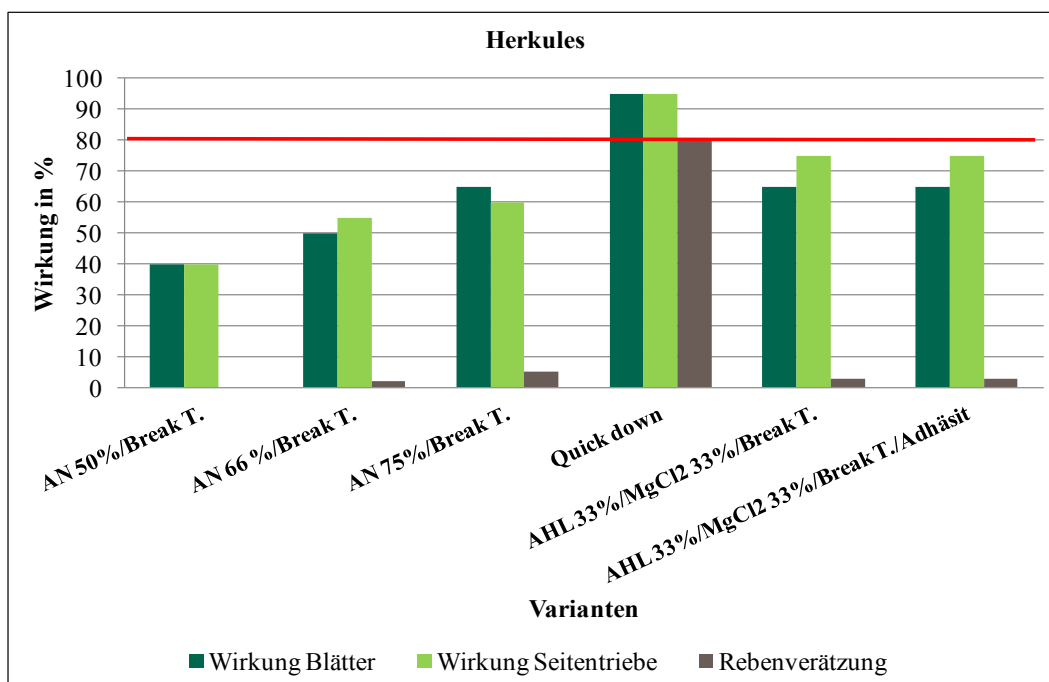


Abb. 5.13: Wirkung und Rebenverätzung bei der Sorte Herkules

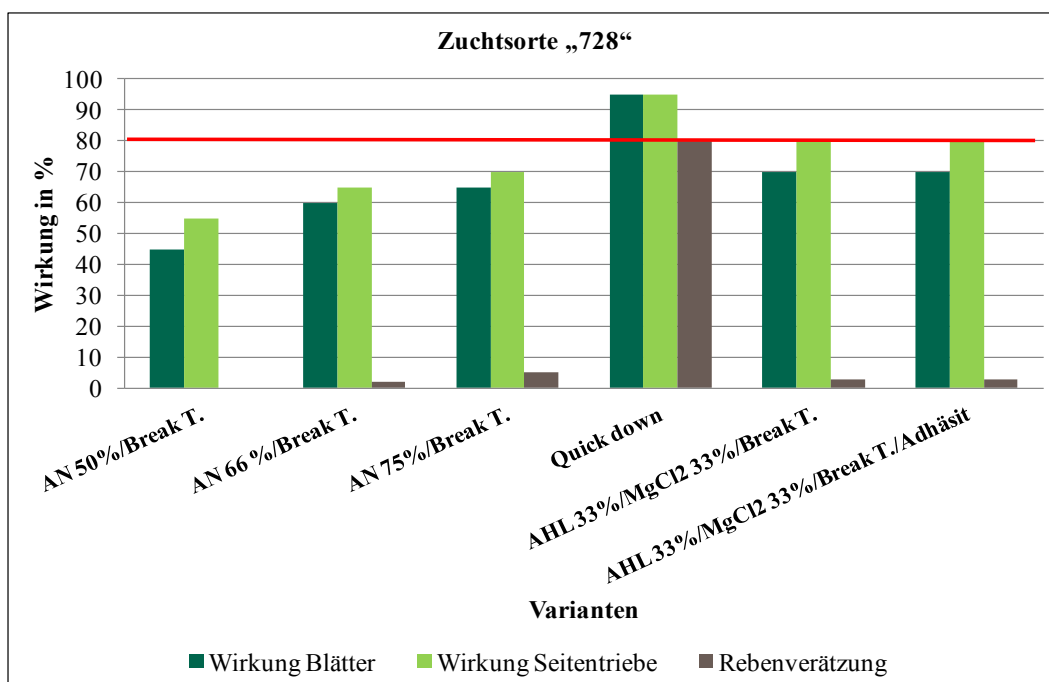


Abb. 5.14: Wirkung und Rebenverätzung bei der Zuchtsorte „728“

Die Varianten erzielten bei beiden Sorten die nahezu gleichen Wirkungsergebnisse. Je stärker die AN-Lösung konzentriert wurde, desto besser war die Verätzung. Allerdings konnte die gewünschte Wirkung von 80 % bei Blättern und Seitentrieben nicht erreicht werden. Dagegen lieferte die in der Praxis eingesetzte Nährstofflösung zum Hopfenputzen zufriedenstellende Ergebnisse. Durch den Zusatz von Adhäsit als zweites Netzmittel zu Break Thru konnte keine Wirkungsverbesserung erzielt werden.

Das Herbizid Quickdown hatte eine hervorragende Wirkung, verursachte aber auch erhebliche Verätzungen von ca. 80 % an der Rebenoberfläche. Da die Hopfenreben zum Applikationszeitpunkt noch nicht ausreichend verholzt waren, wurden Leitungsbahnen zerstört. Die optisch deutlich erkennbaren Einschnürungen verursachten in der weiteren Vegetation erhebliche Wuchsdepressionen, die bis zur Ernte deutlich sichtbar waren.

### **5.3.3 Diskussion**

Erste Tastversuche am Hopfenforschungszentrum Hüll haben gezeigt, dass die Ätzwirkung von AHL durch die Kombination unterschiedlicher Nährstofflösungen und Netzmittel verstärkt werden kann. Die neue 12%ige Ammonium-Nitrat Lösung hat die Erwartungen im Versuch nicht erfüllt und sollte in der jetzt angebotenen Form (15%ig) weiter getestet werden. Durch die Zumischung von  $MgCl_2$ -Lösung konnte v.a. die Ätzwirkung an den Triebspitzen verstärkt werden. Den Nährstofflösungen sollte aber immer ein Anteil von ca. 30 % Wasser zugegeben werden, um wegen der Löslichkeit die zu diesem Zeitpunkt wichtigen Spurennährstoffdünger Zink und Bor zumischen zu können.

Das Netzmittel mit den besten Wirkungsergebnissen war Break Thru. Gute Wirkungen in Kombination mit Nährstofflösungen sind aber nur bei der Anwendung nach Niederschlägen und einer intensiven Sonneneinstrahlung ohne zwischenzeitlichen Regen möglich. Aus Erfahrung hat sich gezeigt, dass bei der Applikation ein feines Tropfenspektrum erzeugt werden muss, damit Blätter und Seitentriebe gleichmäßig benetzt sind.

Bei Quickdown ist dringend darauf zu achten, dass die Anwendung erst ab Erreichen der vollen Gerüsthöhe erfolgt. Damit können Schädigungen der Hopfenpflanzen durch Rebenverätzungen ausgeschlossen werden.

## **5.4 Praxisversuche zum 2. Hopfenputzen**

### **5.4.1 Ausgangssituation, Problemstellung und Ziel**

Aus den Erfahrungen zum ersten Hopfenputzen ist bekannt, dass durch die Kombination von Nährstofflösungen mit Herbiziden die Ätzwirkung verbessert werden kann. Da in den letzten Jahren der Besatz mit Gräsern wie z. B. einjährige Rispel oder Hirse stark zugenommen hat, kombinieren viele Landwirte das Kontaktherbizid Reglone mit AHL oder systemischen Gräsermitteln wie z. B. Aramo. Dabei berücksichtigen die Landwirte nicht, dass durch den Abbrenneffekt das systemische Präparat nicht mehr in die Pflanze aufgenommen wird und somit die Wirkung gegen Unkräuter bzw. Ungräser abnehmen kann. Ziel der Versuchsreihe war es, mehrere Wirkstoffe und Nährstofflösungen zu kombinieren und auf Pflanzenverträglichkeit und Wirkung zu bonitieren.

### **5.4.2 Methoden**

In den Jahren 2010 und 2011 wurden Versuche zum 2. Hopfenputzen angelegt, die mit dem Unterstockspritzgestänge behandelt wurden. Das Abspritzgestänge war mit zwei TurboDrop Düsen (TD 80-04) je Seite ausgestattet. Die Vorfahrtgeschwindigkeit betrug ca. 4 km/h bei einem Arbeitsdruck von 6 bis 9,5 bar je nach Ausbringungsmenge. In Bonituren nach der Behandlung wurde festgehalten, wie viel Prozent der Blattflächen verätzt waren. Des Weiteren wurde der Anteil an abgestorbenen Triebspitzen und Bodentrieben bonitiert. Auch die Rebenverätzung wurde in Prozent festgehalten. Die Bonitur wurde bei allen Varianten ca. 14 Tage nach der Applikation durchgeführt.

## Versuchsplan Teil 1 vom 22.07.2010

Am Standort Wolnzach wurden an der Sorte Taurus bereits im Jahr 2010 die in der Tabelle dargestellten Spritzbrühen zum zweiten Hopfenputzen getestet. Als Standard wurde eine Aufwandmenge von 400 l/ha festgesetzt. Bei allen Varianten, außer bei Quickdown, wurde das Netzmittel Adhäsit (0,1%ig) verwendet, das sich in den letzten Jahren in diesem Einsatzbereich bewährt hat. In der Tab. 5.7 sind die eingesetzten Präparate und die ausgebrachte Nährstoffmenge in kg/ha angegeben.

Erklärung zu den Varianten I bis VI:

Unbehandelt nach jeder zweiten Säule als Kontrolle

- I. Standard Reglone-Anwendung mit 1,67 l/ha
- II. Reglone reduziert auf 1,2 l/ha + 25 % (=100 l) AHL zur Wirkungsverstärkung
- III. Standard Quickdown-Anwendung + Toil
- IV. Standard Reglone-Anwendung mit 1,67 l/ha + Aramo 0,67 l/ha
- V. Aramo 0,67 l/ha bei reduzierter Wassermenge (150 l/ha)
- VI. Aramo 0,67 l/ha

Tab. 5.7: Versuchsplan Teil 1 mit Aufwandmengen und Nährstoffmenge je ha

Variante	Aufwandmenge 400 l/ha	Nährstoffe/ha	Variante	Aufwandmenge 400 l/ha	Nährstoffe/ha
I	1,67 l Reglone 0,4 l Adhäsit		IV	1,67 l Reglone 0,67 l Aramo 0,4 l Adhäsit	
II	1,2 l Reglone 100 l AHL 0,4 l Adhäsit	36 kg N	V	0,67 l Aramo 0,15 l Adhäsit bei 150 l/ha	
III	100 ml Quickdown 250 ml Toil		VI	0,67 l Aramo 0,4 l Adhäsit	

## Ergebnisse Teil 1

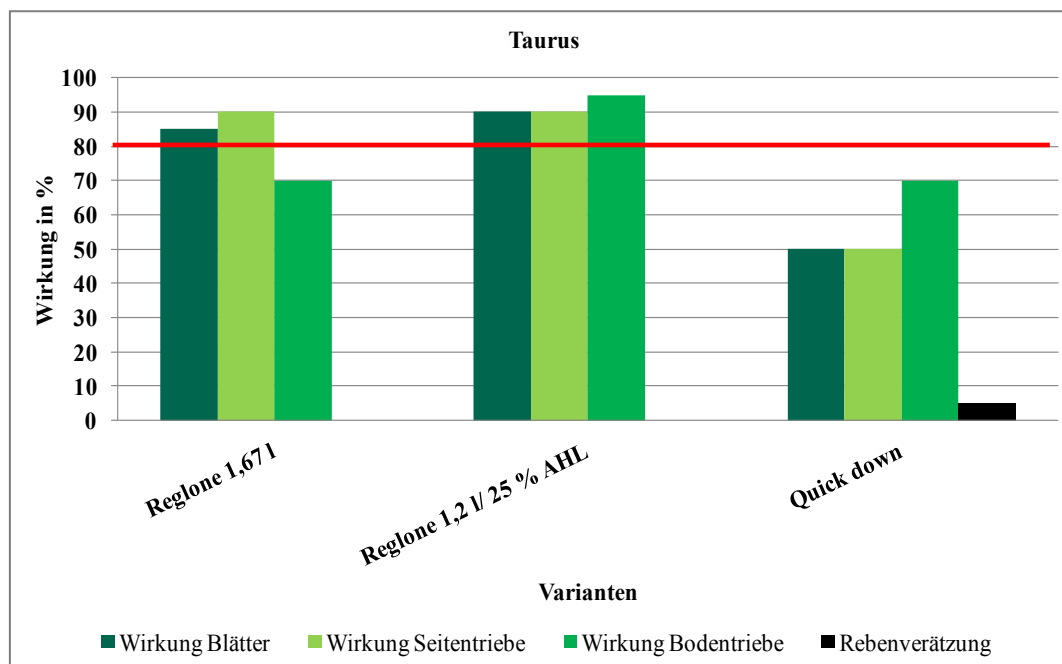


Abb. 5.15: Wirkung bei der Sorte Taurus

Die Standardvariante mit einer Aufwandmenge von 1,67 l/ha Reglone zeigte eine gute Ätzwirkung. Sowohl die Blatt- als auch die Seitentriebwirkung lag über 80 %. Nur bei den Bodentrieben wurden ca. 30 % nicht abgetötet. Bei der zweiten Variante mit der reduzierten Aufwandmenge an Reglone kombiniert mit 25 % AHL konnte ein extrem gutes Wirkungsergebnis erzielt werden. Typisch für diese Anwendung ist die gute Wirkung bei den Seiten- bzw. Bodentrieben. Allerdings konnte das für diese Kombination schon in Praxisflächen beobachtete „Aufziehen“ des Reglone Wirkstoffes in nicht besprühte Pflanzenteile festgestellt werden, d. h. der Wirkstoff wurde in den Leitungsbahnen akropetal transportiert. In diesem Fall wurde der Wirkstoff lediglich in die nächsten Internodien der Seitentriebe verlagert. Die Quickdown Variante fiel aus nicht nachvollziehbaren Gründen in der Wirkung stark ab.

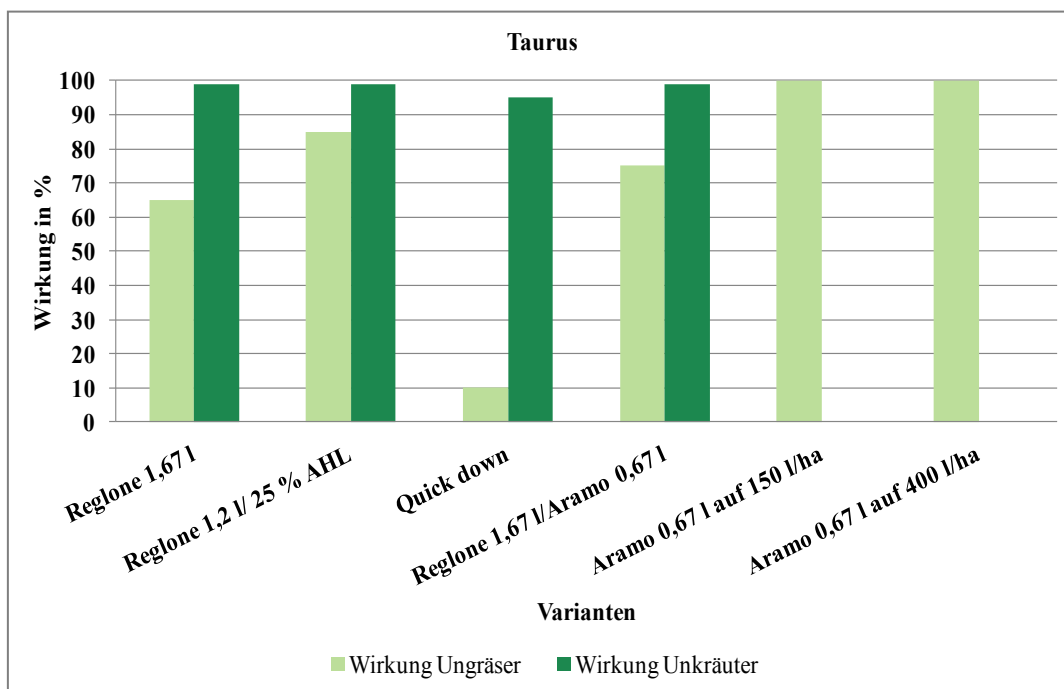


Abb. 5.16: Wirkung gegen Ungräser und Unkräuter auf dem Bifang

Betrachtet man die Wirkung gegen Ungräser und Unkräuter, zeigte die Reglone/AHL Variante ein sehr gutes Ergebnis. Bei Quickdown war die Wirkungsschwäche gegenüber Gräsern deutlich erkennbar. Die Kombination von Reglone und Aramo verbesserte die Gräserwirkung nicht. Im Gegenteil, die Wirkung von Aramo konnte durch das schnelle Abbrennen der Blätter nicht voll einsetzen. Der Beweis hierfür ist die 100 % Wirkung bei den Aramo-Soloanwendungen. Hier ist anzumerken, dass bei der Variante mit der reduzierten Wasseraufwandmenge von 150 l/ha die Wirkung deutlich schneller eingesetzt hat.

### Versuchsplan Teil 2 vom 20.07.2011

Im Jahr 2011 wurden weitere Versuche zum zweiten Hopfenputzen angelegt. An der Sorte Perle sollten Wirkungsstärke und Verträglichkeit von verschiedenen Kombinationen getestet werden. Die Aufwandmenge betrug bei allen Varianten 500 l/ha. Durch die Erkenntnisse aus den vorhergehenden Hopfenputzversuchen konnten neue Varianten definiert werden. In der Tab. 5.8 sind die exakten Mischungsverhältnisse der Spritzbrühen dargestellt.

## Erklärung zu Variante I-VI:

Unbehandelt nach jeder zweiten Säule als Kontrolle

- I. Standard Reglone-Anwendung mit 1,67 l/ha + Adhäsit
- II. Reglone reduziert auf 1,0 l/ha + 25 % (=100 l) AHL zur Wirkungsverstärkung + Adhäsit
- III. Standard Quickdown-Anwendung + Toil
- IV. Unkrautbekämpfung mit U 46 M-Fluid 0,33 l/ha + Adhäsit
- V. Stickstofffreies Hopfenputzen: 50 % MgCl<sub>2</sub> + 50 % Wasser + 80ml Lotus + Break Thru
- VI. Empfohlenen Nährstofflösung zum ersten Hopfenputzen im Jahr 2011: 33 % Wasser, 33 % AHL, 33 % MgCl<sub>2</sub> + Break Thru

Tab. 5.8: Versuchsplan Teil 2 mit Aufwandmengen und Nährstoffmengen je ha

Variante	Aufwandmenge 500 l/ha	Nährstoffe/ha	Variante	Aufwandmenge 500 l/ha	Nährstoffe/ha
I	1,67 l Reglone 0,5 l Adhäsit		IV	0,33 l U 46 M-Fluid 0,5 l Adhäsit	
II	1,0 l Reglone 100 l AHL 400 l Wasser 0,5 l Adhäsit	36 kg N	V	80 ml Lotus 250 l MgCl <sub>2</sub> (30 %ig) 250 l Wasser 250 ml Break Thru	32 kg MgO
III	100 ml Quickdown 250 ml Toil		VI	165 l AHL 165 l MgCl <sub>2</sub> (30 %ig) 165 l Wasser 250 ml Break Thru	59 kg N 21 kg MgO

## Ergebnisse Teil 2

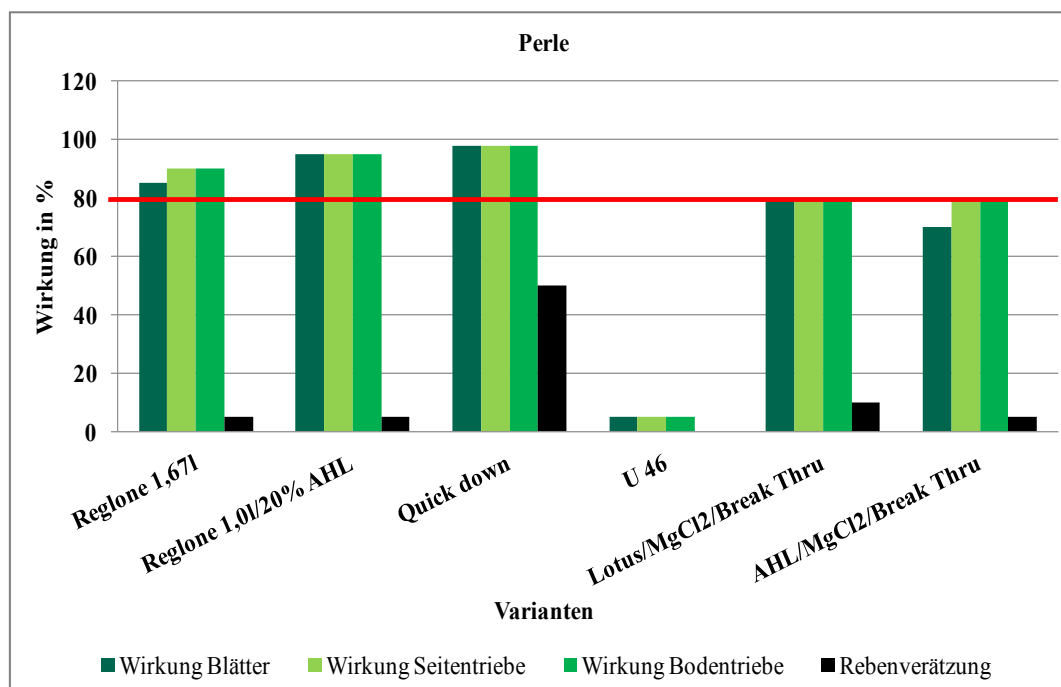


Abb. 5.17: Wirkung und Rebenverätzung bei der Sorte Perle

Wie schon im Vorjahr brachte die Standardvariante mit Reglone gute Wirkungen. Die zweite Variante mit AHL-Zusatz zeigte trotz der starken Reduzierung der Reglone-Aufwandmenge auf 1,0 l/ha ein hervorragendes Ergebnis. Allerdings konnte auch dieses Mal wieder der Transport von Reglone in den Leitungsbahnen festgestellt werden. Quick-down zeigte ebenfalls ein sehr gutes Ergebnis. Trotz der dunklen Rebenverätzungen von ca. 50 % konnten optisch keine negativen Veränderungen an den Hopfenpflanzen bonitiert werden. U 46 M-Fluid hatte erwartungsgemäß nahezu keine Wirkung gezeigt. Die stickstofffreie Variante mit Lotus, aber auch die Lotus-freie Nährstofflösung zeigten beide ein zufriedenstellendes Ergebnis.

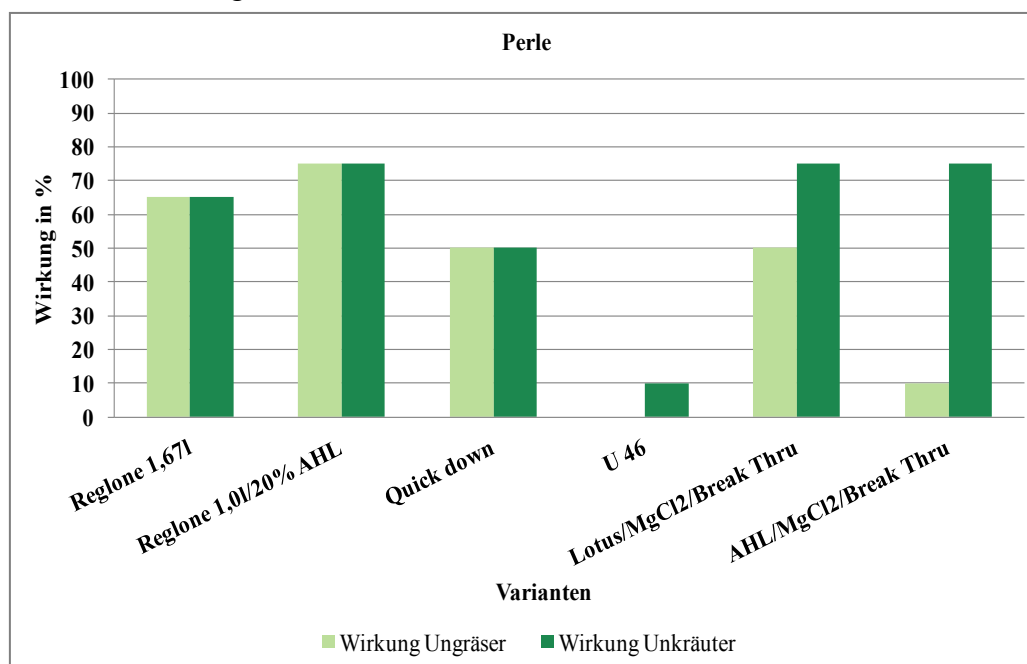


Abb. 5.18: Wirkung gegen Ungräser und Unkräuter auf dem Bifang

Bei der Wirkung gegen Ungräser war, wie im Vorjahr, die Reglone/AHL Kombination wiederum sehr stark. Quick down zeigt hier die bekannten Schwächen. Auch U 46 M-Fluid konnte bei den ausgebrachten Konzentrationen keine Wirkung erzielen. Leider zeigt die Variante aus Nährstofflösungen Schwächen bei Gräsern, wirkt aber gegen Unkräuter recht gut.

### Diskussion

Die Tastversuche zum zweiten Hopfenputzen am Hopfenforschungszentrum Hüll haben gezeigt, dass die Ätzwirkung von Reglone durch Zugabe von AHL verstärkt werden kann. Allerdings wurde der Wirkstoff in den Leitungsbahnen noch oben transportiert, was unter ungünstigen Witterungsbedingungen zu Schäden am Hopfen führen kann. Eine mögliche Einsparung von Reglone durch AHL-Zugabe muss in weiteren Verträglichkeitsversuchen überprüft werden. Quickdown eignet sich hervorragend zum zweiten Hopfenputzen, allerdings muss mit Wirkungsschwächen v. a. bei Ungräsern gerechnet werden. Bei den Herbiziden wie z. B. Aramo oder U 46 M-Fluid muss grundsätzlich, um einen Wirkungserfolg zu erzielen, die empfohlen Konzentration bzw. Wasseraufwandmenge eingehalten werden. Es gilt auch weiter die Empfehlung, diese systemischen Herbizide nicht in Kombination mit Kontaktherbiziden („Abbrenner“) auszubringen, da durch die sofortige Kontaktwirkung die notwendige Verlagerung des systemischen Herbizides in die Rhizome beeinträchtigt wird. Die Anwendung einer Nährstofflösung ist auch zum zweiten Hopfenputzen möglich, wird aber an das sichere und gute Ergebnis von Reglone nicht heranreichen können.

## 5.5 Hygienisierung von Hopfenrebenhäcksel durch Heißbrotte

### 5.5.1 Ziel

Durch den bodenbürtigen Pilz *Verticillium albo-atrum* wird die Welkekrankheit des Hopfens verursacht. Molekulargenetisch wurde nachgewiesen, dass sich neben den milden Formen auch letale Rassen in der Hallertau entwickelt haben. In der Praxis ist auffällig, dass die massivsten Ertragseinbrüche gerade in den Hopfengärten auftreten, in die grünes Rebhäcksel während der Ernte über viele Jahre zurück gebracht wurde. Die Rückführung von nicht hygienisierten Ernterückständen führte zu einer Anreicherung von *V. albo-atrum* im Boden. In früheren Versuchen konnte nachgewiesen werden, dass der *Verticillium*-Pilz während der Lagerung des Rebhäcksel auf Haufen durch Hitzeeinwirkung in Folge des Rotteprozesses zerstört wird. Ziel des Versuches war es, durch Folienabdeckung von auf dem Feld zwischengelagerten Rebhäckseln eine Temperaturerhöhung und somit Abtötung des Pilzes in den Randschichten es Haufen zu erreichen.

### 5.5.2 Methoden

Dazu wurden 2010 in einem Praxisbetrieb, der aufgrund begrenzter Lagerkapazitäten täglich Rebhäcksel ausfahren muss, Temperaturmessungen in zwischengelagerten Rebhäckselhaufen durchgeführt. Um ungünstigste Bedingungen zu simulieren wurden am Waldrand (Wald im Osten, keine Sonneneinstrahlung) zwei am gleichen Tag abgesetzte Rebhäckselloadungen mit jeweils ca. 30 m<sup>3</sup> verwendet. Ladung 1 ohne Folienabdeckung und Ladung 2 mit Folienabdeckung (Folie Weiß/Schwarz, 150 µm, schwarze Seite nach oben). Je 3 Datenlogger wurden an der Ostseite in einer Höhe von 80 cm über dem Boden horizontal in 10 cm, 50 cm und 90 cm Tiefe eingebracht. Die Datenlogger zeichneten im Abstand von 60 min. Temperatur und rel. LF vom 22.09. bis 26.10.2010 auf. Die angefügten Grafiken zeigen die Auswertung der gemittelten Tageswerte in °C und die Witterungsaufzeichnungen der naheliegenden Wetterstation Hüll.

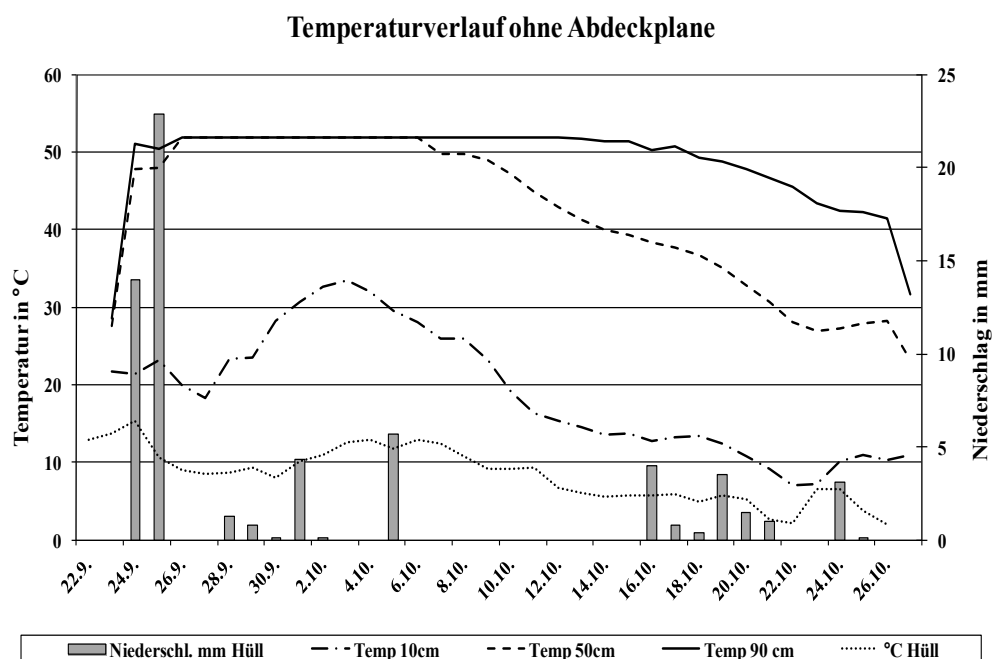


Abb. 5.19: Temperaturentwicklung **ohne** Folienabdeckung in 10 cm, 50 cm und 90 cm Tiefe und Witterungsdaten der Wetterstation Hüll



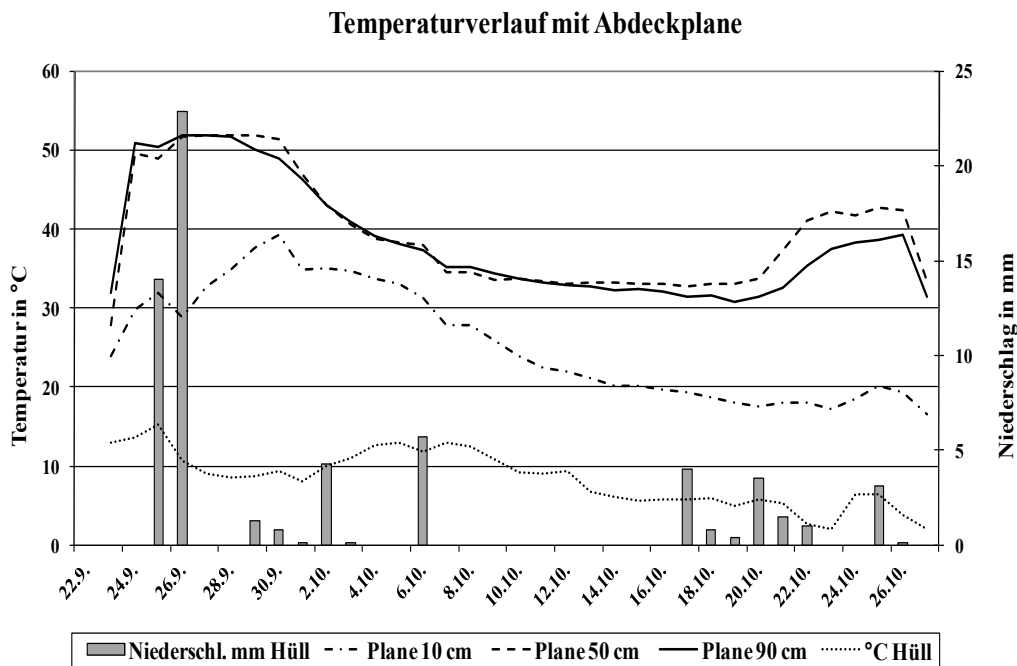


Abb. 5.20: Temperaturentwicklung **mit** Folienabdeckung in 10 cm, 50 cm und 90 cm Tiefe und Witterungsdaten der Wetterstation Hüll

### 5.5.3 Ergebnis und Diskussion

Die Aufzeichnungen zeigen einen relativ gleichen Temperaturanstieg in den jeweiligen Tiefen mit und ohne Abdeckung. Auf den ersten Blick überraschend war der frühe Temperaturabfall an den 3 Messpunkten der Ladung mit Folienabdeckung bereits nach 5-6 Tagen. Eine Erklärung ist, dass bei Abdeckung im Haufen früher ein Sauerstoffmangel auftritt und die Mikroorganismen, die für die Erwärmung verantwortlich sind, absterben. Der Temperaturanstieg um etwa 10°C in den Tiefen 50 und 90 cm der letzten Aufzeichnungswoche unter der Folie ist vermutlich auf die Bildung anaerober Bakterien zurückzuführen. Unmittelbar nach der Entnahme der Datenlogger wurde der Kompost ausgebracht, so dass nach der Datenauslesung eine bakterielle Untersuchung nicht mehr möglich war. Gemäß Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. wird eine Kompost-Hygienisierung bei *Verticillium albo-atrum* bei 40°C in 7 Tagen und bei 50°C in 3 Std. erreicht. Diese Erkenntnis mit den Ergebnissen des vorliegenden Versuchs in Beziehung gebracht bedeutet, dass bei kleinen Zwischenmieten nur ab einer Tiefe von 50 cm von einer ausreichenden Hygienisierung ausgegangen werden kann. Dies konnte in beiden Varianten (mit und ohne Folienabdeckung) nachgewiesen werden. Es zeigte sich aber auch, dass die Temperatur in den Randschichten voraussichtlich nicht ausreichte, um den Pilz zuverlässig abzutöten. Die arbeits- und kostenintensive Folienabdeckung ist daher nicht zielführend.

Eine geplante Wiederholung des Versuchs an einem kegelförmigen Rebenhäckselhaufen nach der Ernte 2011 scheiterte am kurzfristigen Verkauf und Abtransport des Rebenhäckselns an einen Ackerbaubetrieb.

## 5.6 Pflanzenschutzmitteleinsparung durch Sensortechnik bei der Reihenbehandlung

### 5.6.1 Ziel

Vor und nach dem Ausputzen und Anleiten des Hopfens (BBCH 11 - 19) werden Pflanzenschutzmittel in Reihenbehandlungen mit 1 - 3 Düsen pro Seite auf die Hopfentriebe appliziert, um Peronospora-Primärinfektionen oder Schädlinge wie z. B. den Erdfloh und Liebstöckelrüssler zu bekämpfen. Die Wasseraufwandmenge beträgt bei Reihenbehandlung 300 - 400 l/ha. Aufgrund des weiten Stockabstandes (1,4 - 1,6 m) und der geringen Bodenbedeckung der ausgetriebenen bzw. angeleiteten Triebe gelangen bei der durchgehenden Bandbehandlung ca. 80 - 90 % der Spritzbrühe auf den Boden. Durch ein Abschalten des Spritzfächers zwischen den Hopfenstöcken könnten bei gleicher Wirkung Pflanzenschutzmittel eingespart und die Umwelt geschont werden.

### 5.6.2 Methoden

Zur Ermittlung des Einsparpotentials wurde ein Pflanzenschutzgerät zur sensorgesteuerten Gießbehandlung umgebaut, indem die Düseneinheit zur Gießbehandlung durch 2 - 3 Flachstrahldüsen zum Spritzen ausgetauscht wurde. Bei vertikaler Anordnung der Düsen (Einsatz nach dem Aufleiten) kann der angeleitete Hopfen bis zu einer Höhe von 1,5 m behandelt werden.

Der optische Sensor erkennt während der Vorfahrt den Aufleitdraht oder die Hopfenrebe und öffnet über pneumatische Ventile die Düsen. In Abhängigkeit von der Vorfahrtgeschwindigkeit kann die Verzögerung und die Öffnungsdauer am Steuergerät eingestellt werden.

In zwei Versuchsreihen wurde im Zuchtgarten des Hopfenforschungszentrums Hüll am 19.04.2011 (vor dem Ausputzen und Anleiten) und am 02.05.2011 (nach dem Ausputzen und Anleiten) im Vergleich der durchgehenden Bandbehandlung mit der sensorgesteuerten Abschaltung die Einsparungsrate an PSM ermittelt.



Abb. 5.21 und Abb. 5.22: Stand der Technik in der Praxis zur durchgängigen Reihenbehandlung



*Abb. 5.23 und Abb. 5.24: Sensorgesteuerte Applikationstechnik zum 1. Anwendungszeitpunkt (19.04.2011) bis 40 cm Wuchshöhe*



*Abb. 5.25, Abb. 5.26 und Abb. 5.27: Sensorgesteuerte Applikationstechnik zum 2. Anwendungszeitpunkt (02.05.2011) bis 1,5 m Wuchshöhe*

### **5.6.3 Ergebnisse**

Im ersten Versuch am 19.04.2011 wurden die gekreiselten Hopfenstöcke mit einer Trieblänge von 5 - 40 cm in Bandbehandlung mit 2 Flachstrahldüsen je Seite besprüht. Im Vergleich zur durchgängigen Reihenbehandlung brachte die Abschaltung zwischen den Stöcken mit Hilfe des Sensors eine Einsparung an Spritzbrühe und somit Pflanzenschutzmittel in Höhe von 61,7 %.

Zum 2. Anwendungstermin nach dem Ausputzen und Anleiten betrug die Wuchshöhe schon ca. 1,5 m. Darum wurden 3 Flachstrahldüsen an einem vertikalen Gestänge angeordnet und zwischen den Aufleitungen mittels Sensor abgeschaltet. Die Einsparung an Spritzbrühe und Pflanzenschutzmittel betrug hier 55,2 %.

Es war kein optischer Unterschied bei der Blattbenetzung zwischen Bandbehandlung und sensorgesteuerter Applikationstechnik festzustellen. Ein Wirkungsversuch wurde nicht durchgeführt.

## **5.7 Untersuchungen möglicher Methoden zur Steuerung der Tröpfchenbewässerung**

### **5.7.1 Ziel**

Nicht nur in Trockenjahren, sondern auch in niederschlagsreichen Jahren mit hohem Ertragsniveau erbrachten in zahlreichen Versuchen die bewässerten gegenüber den unbewässerten Versuchsvarianten deutliche Mehrerträge. Dies zeigt, dass nicht nur die Niederschlagsmenge sondern vor allem eine gleichmäßige Wasserversorgung für ein stabiles Ertragsniveau eines Standortes entscheidend ist.

Durch Tröpfchenbewässerung soll die optimale Pflanzenentwicklung dadurch gesichert werden, dass einerseits eine optimale Bodenfeuchte im Hauptwurzelbereich gehalten wird und andererseits eine ausreichende Wasserversorgung in witterungsbedingten Stresssituationen für die Pflanze zur Verfügung steht, ohne dabei Nährstoffe aus dem Boden ins Grundwasser auszuwaschen.

Um dies zu gewährleisten, sind Messmethoden und Parameter erforderlich, damit der aktuelle Wasserbedarf der Pflanzen erkannt und eine gezielte Steuerung der Bewässerung möglich wird.

### **5.7.2 Mögliche Methoden zur Beurteilung der Bodenfeuchte bzw. des Wasserbedarfs des Hopfen**

Auf einem Sandboden mit einer nutzbaren Feldkapazität (nFK) von 11 Vol.-% und einer standortbedingten Hauptdurchwurzelungstiefe von bis zu 40 cm wurden im Rahmen eines Bewässerungsversuches unterschiedliche Messmethoden zur Beurteilung des Wasserbedarfs der Hopfenpflanze eingesetzt. Durch die geringe nutzbare Feldkapazität aber gleichzeitig bei ausreichender Wasserversorgung hohen erzielbaren Ertragsniveaus, kann auf diesem Standort die Reaktion der Pflanze auf unterschiedliche Wassergaben über Tröpfchenbewässerung sehr gut erforscht werden. Bei Wassermangel sind hier Wachstums- und Ertragsdepressionen optisch sehr schnell zu erkennen. Zugleich konnten in den letzten Jahren bedingt durch Tröpfchenbewässerung Erträge erzielt werden, welche das genetische Ertragspotential der Sorten zeigen.

#### **5.7.2.1 Messung der Saugspannung mit:**

##### **Tensiometern**

Die Messung der Saugspannung liefert Informationen, mit welcher Kraft Wasser im Boden gebunden ist oder den Pflanzen zur Verfügung steht. In der Praxis haben sich zur direkten Messung der Saugspannung Tensiometer bewährt. Ein Tensiometer besteht aus einem mit Wasser gefüllten Plexiglasrohr, an dem unten luftdicht eine Keramik- oder Tonzelle und oben ein Manometer angeschlossen ist. Das Wasser des Tensiometers steht über die Poren der Zelle, welche in einer definierten Bodentiefe eingebaut ist, mit dem Bodenwasser in Verbindung. Wird der Boden durch Wasserentzug durch die Pflanze oder durch Verdunstung trockener, steigt die Saugspannung an; im Tensiometer entsteht ein Unterdruck, welcher der Saugspannung entspricht, der über das Manometer in mbar oder cbar angezeigt wird. Nachteilig ist, dass bei starker Trockenheit die Wassersäule ab ca. 800 mbar Saugspannung, ein Bereich der im Hopfen mitunter sehr schnell erreicht wird, im Tensiometer abreißt.

## Watermarkensensoren

Im Versuch wurden zum Messen und Aufzeichnen der Saugspannung Watermarkensensoren auf Gibsblockbasis eingesetzt. Durch zwei eingebaute Elektroden im Sensorinneren wird der gemessene Widerstand in Saugspannungswerte umgerechnet. Dieser wartungsfreie Sensor liefert Messwerte bis 2000 mbar. Über die Watermark-Monitor-Datalogger konnten in den einzelnen Versuchsvarianten sämtliche Messwerte kontinuierlich aufgezeichnet, abgespeichert und ausgewertet werden.

## Einbau der Tensiometer und Watermarkensensoren im Versuch

Da die Messung der Saugspannung eine punktuelle Messung ist und aufgrund von Bodenheterogenität und unterschiedlichen Wurzelwachstum der Pflanzen unterschiedliche Bodenfeuchten natürlich sind, wurden in den Versuchsvarianten jeweils 3 Tensiometer oder 3 Watermarkensensoren im Bifang in Höhe der Schneidsohle eingebaut. Die Platzierung erfolgte genau in Bifangmitte zwischen 2 Hopfenstöcken unmittelbar bei der Tropfstelle des Bewässerungsschlauches. Der Bewässerungsbeginn in Abhängigkeit von der Saugspannung orientierte sich am Durchschnittswert der 3 oben eingebauten Sensoren. Zusätzlich wurden zu diesen Sensoren im Bifangbereich jeweils 3 Sensoren 30 cm unterhalb der Schneidsohle eingebaut. Die Auswirkungen der Bewässerung konnte über die unteren Sensoren über die Veränderung der Bodenfeuchte beobachtet werden.

### Einbautiefe von Tensiometern oder Watermarkensensoren zur Messung der Saugspannung

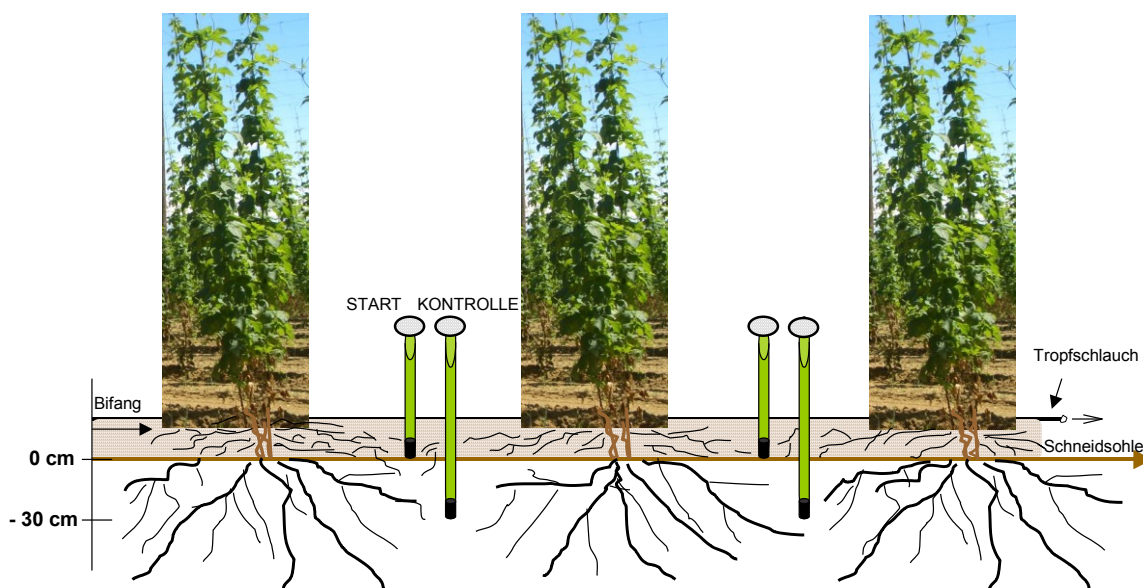


Abb. 5.28: Anordnung der Tensiometer und Watermarkensensoren im Bewässerungsversuch

### 5.7.2.2 Berechnen des Bewässerungsbedarfs über EDV-Wasserhaushaltsmodell HyMoHop

In den Jahren 2004 und 2005 wurde von Dr. Rötzer das Wasserhaushaltsmodell HyMoHop entwickelt und programmiert. HyMoHop berechnet in täglichen Schritten aus meteorologischen Daten die potentielle und tatsächliche Verdunstung, die Interzeption, Abfluss, Bodenwassergehalt und den Bewässerungsbedarf.

Ziel ist es langfristig, der Praxis über eine Internetanwendung eine Bewässerungsempfehlung anzubieten. Im Bewässerungsversuch sollte das Modell erprobt und Grundlagen für eine Weiterentwicklung erarbeitet werden. Die angelegten Varianten unterschieden sich im Bewässerungsbeginn in Abhängigkeit von der berechneten Bodenfeuchte. So ergaben sich bei einem Bewässerungsbeginn ab 70 %, 80 % und 90 % der nFK unterschiedliche Bewässerungsmengen und -zeitpunkte.

### 5.7.3 Ergebnisse

Durch die Messung der Saugspannung mit Tensiometern oder Watermarksensoren ist es möglich, die Bodenfeuchte direkt im Hauptwurzelbereich der Pflanze zu messen und zu beurteilen. Bei einer ausreichenden Wasserversorgung ergeben sich beim Hopfen, in Abhängigkeit von der Bodenart, Saugspannungswerte im Hauptwurzelbereich von 150 - 500 mbar. Für diesen Messbereich liefern sowohl die „klassischen“ Tensiometer als auch Watermarksensoren gute reproduzierbare Werte. Der beschriebene Einbau und die Positionierung der Tensiometer oder Sensoren in verschiedenen Tiefen ergeben einen ersten Ansatz einer gezielten Bewässerungssteuerung. So kann über den oberen Saugspannungswert der Bewässerungsbeginn festgelegt werden. Die Auswirkung bzw. Kontrolle der Bewässerung ist über die unteren Saugspannungswerte möglich.

Ein Vorteil der Saugspannungsmessung ist die Übertragbarkeit bzw. Vergleichbarkeit der Messwerte. Definierte Optimalbereiche sind bei gleicher Einbauart auf allen Bodenarten gültig.

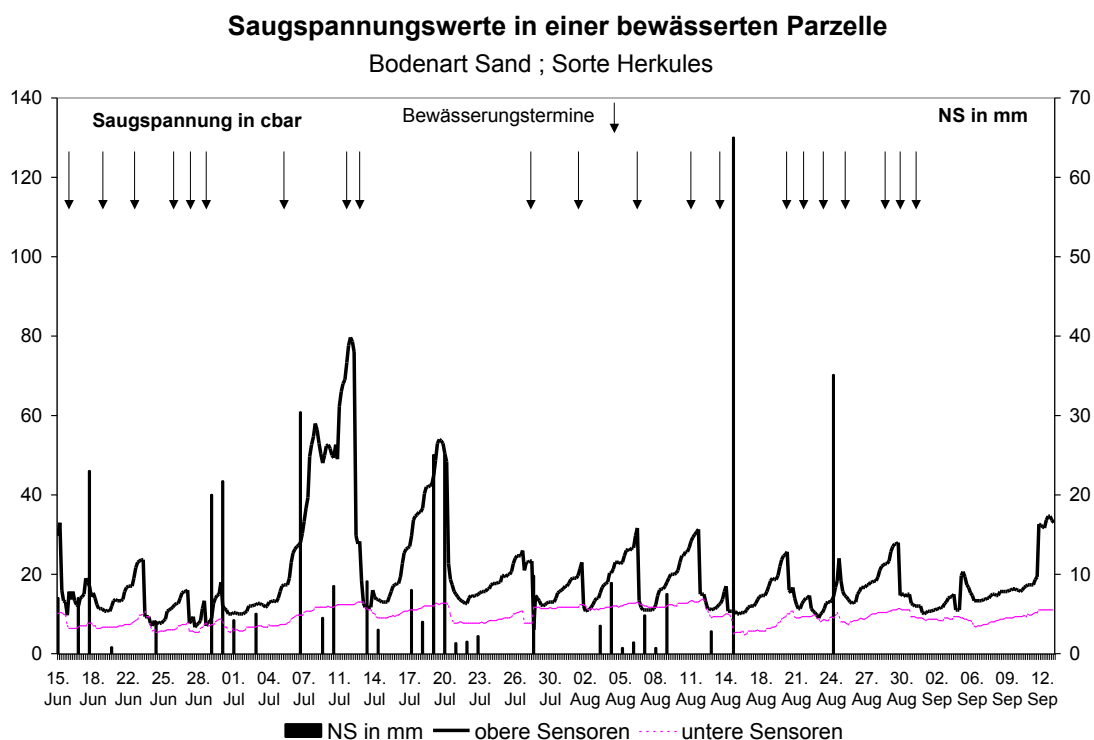


Abb. 5.29: Saugspannungswerte in einer bewässerten Parzelle

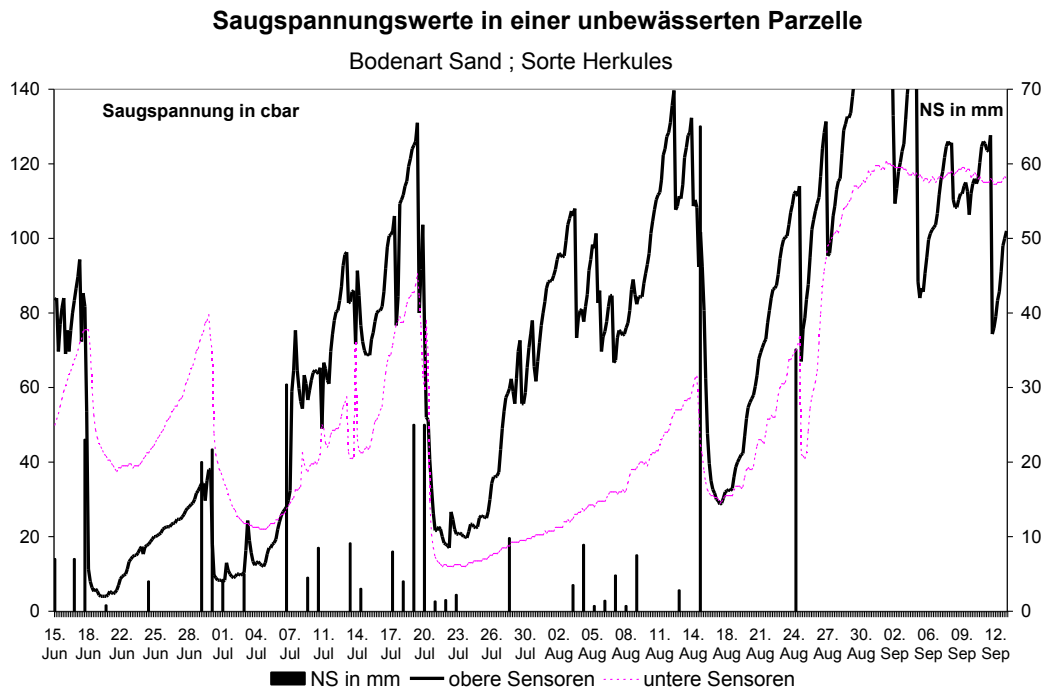


Abb. 5.30: Saugspannungswerte in einer unbewässerten Parzelle

Abb. 5.29 und Abb. 5.30 zeigen die Bodenfeuchte über die Saugspannungswerte im Bifang und im Hauptwurzelbereich 30 cm unterhalb der Schneidsohle. Die geringere Bodenfeuchte in den unbewässerten gegenüber den bewässerten Varianten wird durch die hohen Saugspannungswerte sehr gut beschrieben. Zudem kann man erkennen, dass trotz hoher Niederschlagsmengen im Juli der Boden im Bifangbereich der unbewässerten Parzelle immer wieder sehr schnell austrocknet. Grund dafür ist die über die Fläche ungleichmäßige Verteilung der Niederschläge. Durch dichten Wuchs und starke Belaubung der Hopfenreben wird der Bifang zum Teil von Niederschlägen abgeschirmt. Zusätzlich besteht über die Wurzelmassen des Hopfens ein starker Wasserentzug. Dagegen konnten durch die Bewässerung die Schwankungen der Saugspannungswerte in den bewässerten Parzellen reduziert und auf niedrigem Niveau gehalten werden.

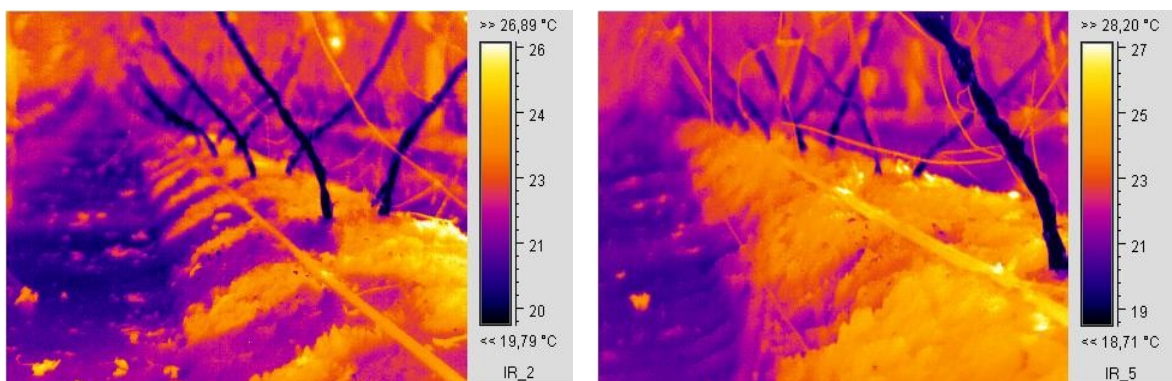


Abb. 5.31: Wärmebildaufnahmen einer bewässerten (links) und unbewässerten Parzelle (rechts)

Die Wärmebildaufnahmen bestätigen die starke Austrocknung des Bifangs. Sehr gut zu erkennen sind die durch Tröpfchenbewässerung durchfeuchteten Zonen (linkes Bild). Der große Unterschied in der Bodenfeuchte zwischen Bifang und Fahrgasse ist zusätzlich in der geringen seitlichen Wasserbewegung des Sandbodens und in dem standortbedingten geringen Wurzelvorkommen in der Fahrgasse begründet.

Mit dem EDV-Wasserhaushaltsmodell HyMoHop wurde erstmals versucht den Bewässerungsbedarf des Hopfens zu berechnen. Grundlage ist die klimatische Wasserbilanz, bei der der Bewässerungsbedarf aus der Bilanz der potentiellen Verdunstung (nach Penman) multipliziert mit den pflanzenspezifischen kc-Faktor abzüglich des natürlichen Niederschlages berechnet wird. Das Verhältnis der aktuellen zur potentiellen Verdunstung ergibt den pflanzenspezifischen kc-Faktor. Da sich die verschiedenen Hopfensorten z. B. in Habitus, Wurzelmasse, Blattfläche, Ertragsniveau und Vegetationszeit wesentlich unterscheiden, muss für eine Weiterentwicklung des Modells nicht nur ein kc-Faktor für die Kultur Hopfen, sondern sogar für jede einzelne Hopfensorten oder vergleichbare Sortengruppen genauer definiert werden. Dies zeigten die unterschiedlichen Saugspannungswerte und die unterschiedlichen gravimetrisch bestimmten Bodenwassergehalte der Sorten Perle, Magnum und Herkules bei gleichem Standort, gleicher Witterung und gleichen Bewässerungszeitpunkten und -mengen.

### **Ausblick**

In dem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Bewässerungsprojekt „Optimierung des Bewässerungsmanagements im Hopfenbau“ wird auf den bisherigen Untersuchungen aufbauend, der Bewässerungsbedarf des Hopfens weiter erforscht. Dabei sollen physiologische Messungen an der Pflanze, korreliert mit der Bodenfeuchte, Rückschlüsse auf den optimalen Bewässerungszeitpunkt geben, welche zukünftig zu einer gezielten Steuerung herangezogen werden können.

## **5.8 LfL-Projekte im Rahmen der Produktions- und Qualitätsinitiative**

Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft lässt in den Jahren 2009 bis 2013 im Rahmen einer Produktions- und Qualitätsoffensive für die Landwirtschaft in Bayern, repräsentative Ertrags- und Qualitätsdaten ausgewählter landwirtschaftlicher Kulturen erheben, erfassen und auswerten. Für den IPZ-Arbeitsbereich Hopfen führt diese Tätigkeiten der Verbundpartner Hopfenring e.V. durch. Nachfolgend werden die Zielsetzung der Hopfenprojekte kurz beschrieben und die Ergebnisse aus 2011 zusammengefasst.

### **5.8.1 Jährliche Erhebung, Untersuchung und Auswertung von Qualitätsdaten von Hopfen nach der Ernte**

#### **„Alpha-Express“**

In der Ernte 2011 wurden 600 erntefrische Hopfenmuster noch am selben Tag auf den Alphagehalt untersucht. Aus den täglich aktuellen Ergebnissen können Rückschlüsse auf die Erntereife des Hopfens bei den jeweiligen Sorten gezogen und Beratungshinweise zum optimalen Erntezeitpunkt gegeben werden.

#### **Ergebnisse der Neutralen Qualitätsfeststellung (NQF)**

Die im Rahmen der Neutralen Qualitätsfeststellung erhobenen Qualitätsdaten liefern wertvolle Aussagen über die Hopfenqualität des jeweiligen Jahrgangs und geben Hinweise auf produktionstechnische Fehler oder eine falsche Behandlung des geernteten Hopfens.



So wurde auch 2011 wieder ein hoher Anteil angegangener und geschädigter Dolden festgestellt.

Mit der Bonitur auf Krankheiten und Schädlinge und die Einstufung in Befallsklassen können Sortenunterschiede in den Resistenzen abgelesen, regionale Befallsunterschiede aufgezeigt und die Wirksamkeit der eingesetzten Pflanzenschutzmittel beurteilt werden. Die Ergebnisse 2011 lieferten dem Jahrgang und der Witterung entsprechende Befallswerte. So war aufgrund der reichlichen Sommerniederschläge ein höherer Anteil an Peronospora- und Botrytisbefall zu verzeichnen.

### **5.8.2 Jährliche Erhebung und Untersuchung des Schädlingsbefalls in repräsentativen Hopfengärten in Bayern**

Zur Einschätzung des Krankheits- und Schädlingsbefalls für die Festlegung von Beratungsaussagen und Bekämpfungsstrategien sind repräsentative, zeitnahe und exakte Bonituren bzw. Untersuchungen hinsichtlich des Befalls notwendig. Ergebnisse dazu liefert der Hopfenring im Rahmen eines Monitorings zur Erhebung des Blattlaus-, Spinnmilben- und Virusbefalls.

### **5.8.3 Betreuung von Adcon-Wetterstationen für die Peronospora-Prognose im Hopfenbau**

Aufgabe des Hopfenrings in diesem Projekt ist das Aufstellen, Warten und Betreiben von Adcon-Wetterstationen an den 7 Peronospora-Prognosestandorten in der Hallertau (5), Spalt (1) und Hersbruck (1). Hierbei müssen die Witterungsdaten täglich ausgewertet und ein Index für die Peronosporabefallswahrscheinlichkeit errechnet werden. Der übermittelte Index ist für die LfL notwendig, um an den 3 Exaktversuchsstandorten einen Vergleich der Bekämpfung der Peronospora-Sekundärinfektion nach dem bisherigen Warndienstmodell und dem Adcon-Witterungsmodell durchführen zu können.

Im Versuchsjahr 2011 wurde mit den im Vorjahr angehobenen Bekämpfungsschwellen nach Indexwerten weitergearbeitet, welche eine Differenzierung in „vor der Blüte“ und „nach der Blüte“ mit berücksichtigen.

Als Ergebnis aus 2011 kann festgestellt werden, dass die Zahl der Behandlungen nach dem bisherigen Warndienstmodell für tolerante Sorten am Versuchsstandort Aiglsbach um zwei Spritzungen geringer war als die Bekämpfung nach dem Adcon-Modell trotz der Anhebung des Index-Schwellenwertes. Bei der anfälligen Sorte Hersbrucker spät wurde dagegen beim Adcon-Modell eine Spritzung weniger ausgebracht.

Bei der Sorte Hallertauer Magnum am Versuchsstandort Eschenhart war im Jahr 2011 die Anzahl der Behandlungen nach Adcon nicht höher als bei der Warndienst-Parzelle.

Am Standort Speikern in Hersbruck waren bei der toleranten Sorte Spalter Select nach dem Warndienstmodell heuer nur 3 Spritzungen notwendig im Gegensatz zu 5 Behandlungen nach dem Adcon-Modell. Bei der anfälligen Sorte Hersbrucker wurde nach dem Warndienstmodell ebenfalls eine Spritzung eingespart.

Nach der Ernte wurden wiederum Doldenmuster von den Vergleichsparzellen der Exaktversuchsstandorte auf Peronosporabefall untersucht, wobei der Doldenbefall nach dem gewogenen Mittelwert bei der Sorte Hersbrucker in Aiglsbach sowie ebenfalls bei der Sorte Hersbrucker in Speikern geringfügig höher war als bei der nach Warndienst behandelten Parzelle.

## 5.9 Beratungs- und Schulungstätigkeit

Neben der angewandten Forschung im Bereich der Produktionstechnik des Hopfenbaues hat die Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik (IPZ 5a) die Aufgabe, die Versuchsergebnisse für die Praxis aufzubereiten und den Hopfenbauern direkt durch Spezialberatungen, Unterricht, Arbeitskreise, Schulungen, Seminare, Vorträge, Printmedien und über das Internet zur Verfügung zu stellen. Die Organisation und Durchführung des Peronosporawarndienstes und die Aktualisierung der Warndiensthinweise gehören ebenso zu den Aufgaben wie die Zusammenarbeit mit den Hopfenorganisationen oder die Schulung und fachliche Betreuung des Verbundpartners Hopfenring.

Im Folgenden sind die Schulungs- und Beratungsaktivitäten des vergangenen Jahres zusammengestellt:

### 5.9.1 Informationen in schriftlicher Form

- Das „Grüne Heft“ Hopfen 2011 – Anbau, Sorten, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte wurde gemeinsam mit der Arbeitsgruppe Pflanzenschutz in Abstimmung mit den Beratungsstellen der Bundesländer Baden-Württemberg, Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt aktualisiert und in einer Auflage von 2640 Stück von der LfL an die ÄELF und Forschungseinrichtungen und vom Hopfenring Hallertau an die Hopfenpflanzer verteilt.
- Über das Ringfax des Hopfenringes (2011: 57 Faxe à 1102 Teilnehmer) wurden in 40 Faxen aktuelle Hopfenbauhinweise und Warndienstaufrufe an die Hopfenpflanzer verschickt.
- Für das Wetterfax des DWD wurden ebenfalls in unregelmäßigen Abständen aktuelle Informationen zur Verfügung gestellt.
- Im Rahmen der  $N_{\min}$ -Bodenuntersuchung wurden 3.396 Ergebnisse auf Plausibilität kontrolliert und zum Versand an die Hopfenpflanzer freigegeben.
- In 2 ER-Rundschreiben des Hopfenrings, in 7 Monatsausgaben der Hopfen Rundschau und in der Hopfenrundschau International wurden Beratungshinweise und Fachbeiträge für die Hopfenpflanzer veröffentlicht.
- Mit dem Erfassungs- und Auswertungsprogramm HSK wurden für die Ernte 2011 in 2 Arbeitskreisen von 250 Schlägen Schlagkarteiauswertungen durchgeführt und in schriftlicher Form an die Landwirte zurückgegeben.

### 5.9.2 Internet und Intranet

Warndienst- und Beratungshinweise, Fachbeiträge und Vorträge wurden über das Internet für die Hopfenpflanzer zur Verfügung gestellt.

### 5.9.3 Telefonberatung Ansagedienste

- Der Peronospora-Warndienst wurde in der Zeit vom 10.05.-23.08.2011 von der Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik in Wolnzach in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Pflanzenschutz in Hüll erstellt und zur Abfrage über den Anrufbeantworter (Tel. 08442/9257-60 u. -61) oder das Internet 75 Mal aktualisiert.
- Zu Spezialfragen des Hopfenbaus erteilten die Fachberater der Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik in ca. 2.800 Fällen telefonische Auskunft oder führten Beratungen in Einzelgesprächen oder vor Ort durch.

#### **5.9.4 Vorträge, Tagungen, Führungen, Schulungen und Versammlungen**

- 9 Schulungen für die Ringbetreuer des Verbundpartners Hopfenring
- wöchentlicher Erfahrungsaustausch während der Vegetationszeit mit den Ringfachberatern
- 9 Hopfenbauversammlungen in Zusammenarbeit mit den ÄELF
- 54 Fachvorträge
- Posterausstellung am IHGC-SC-Kongress in Lublin, Polen und auf der HopFA im Rahmen des Gallimarktes in Mainburg
- 15 Versuchsführungen für die Hopfenpflanzer und die Hopfenwirtschaft
- 7 Tagungen, Fachveranstaltungen oder Seminare

#### **5.9.5 Aus- und Fortbildung**

- Themenstellung und Prüfung von 2 Arbeitsprojekten im Rahmen der Meisterprüfung
- 12 Unterrichtsstunden an der Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen für die Studierenden im Fach Hopfenbau
- 1 Schultag des Sommersemesters der Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen
- Prüfungsvorbereitung und Prüfung von Auszubildenden der Landwirtschaft mit Schwerpunkt Hopfenbau an 3 Terminen
- 1 Informationsveranstaltung für Berufsschüler von Pfaffenhofen
- Durchführung eines BiLa-Seminars „Hopfenbau“ an 4 Abenden
- Mitwirkung bei der Prüfungsvorbereitung und Sachkundeprüfung Pflanzenschutz für Anwender von PSM speziell für Hopfenbäuerinnen
- 6 Treffen des Arbeitskreises „Unternehmensführung Hopfen“

## 6 Pflanzenschutz im Hopfen

LLD Bernhard Engelhard, Dipl. Ing. agr. (bis 03/2011)

LD Johann Portner, Dipl. Ing. agr. (kommissarisch ab 04/2011)

### 6.1 Schädlinge und Krankheiten des Hopfens

#### 6.1.1 Blattlaus

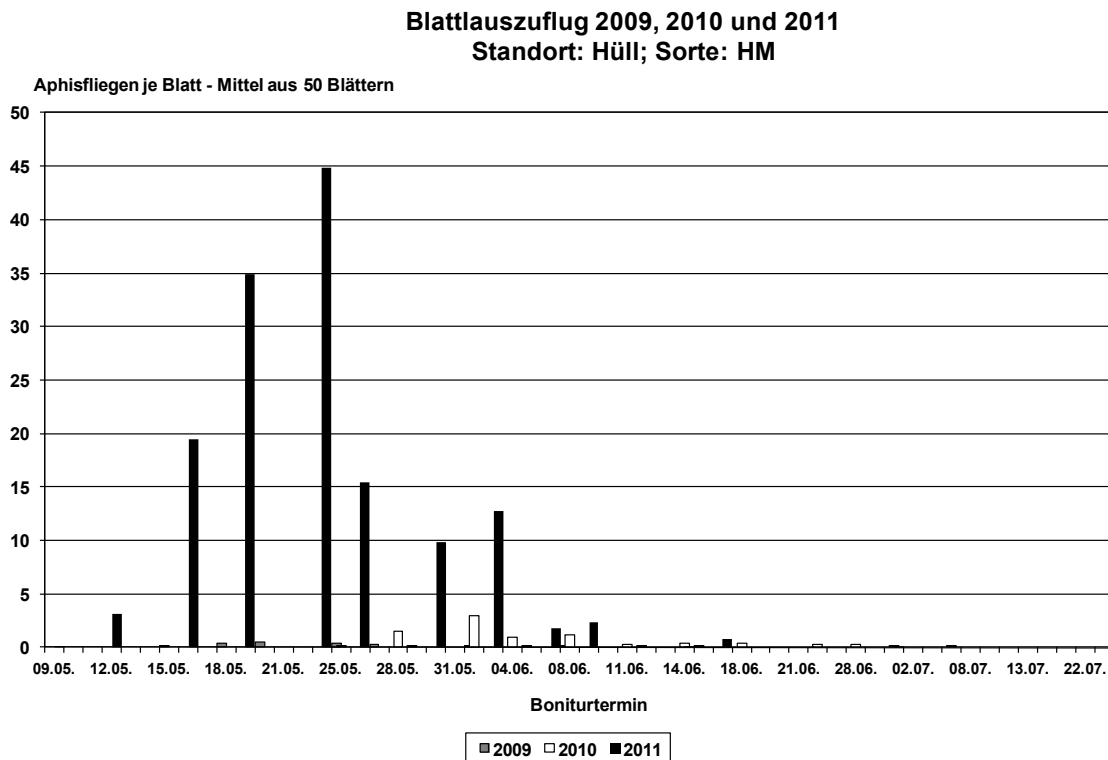


Abb. 6.1: Blattlauszuflug

Ein immer größeres Problem wird der Erdflohbefall unmittelbar nach dem Austrieb bis zum Anleiten. Dabei werden die jungen Hopfentriebe teilweise so stark geschädigt, dass kein Längenwachstum mehr möglich ist und dadurch eine effektive Behandlung nötig wird. Auch die Sommergeneration ab Anfang August trat dieses Jahr wieder vereinzelt auf, was angefressene Dolden zur Folge hatte. Eine Bekämpfung des Hopfen-Erdflchs im August ist derzeit nicht gezielt möglich.

In 2011 war ein extremer und massierter Blattlauszuflug von bis zu 45 geflügelten Blattläusen pro Blatt zu verzeichnen. Dieser ebte danach bald ab und so gab es insgesamt wenige Probleme mit Hopfenblattlaus und Gemeiner Spinnmilbe. In vielen Fällen wurde gegen die Hopfenblattlaus eine sog. Sicherheits-spritzung ausgebracht, um jedes Risiko zu vermeiden.

## 6.1.2 Peronospora

Tab. 6.1: Warndienst zu *Peronospora* und Echten Mehltau

Fax -Nr.	Datum	Hinweis Pero-Primär	Spritzaufrufe Sorten			Echter Mehltau
			anfällige	alle	späte	
4 bis 17	13.05. bis 01.06.	x x x	Behandlung von <i>Peronospora</i> Primärinf. bei Befall besonders in den Hagelgebieten vom Vorjahr			
19 24	06.06. 14.06.			x		alle
			Nur hagelgeschädigte Flächen			
26 32 38	16.06. 27.06. 06.07.		x x			anfällige
45 53 57	15.07. 27.07. 02.08.		x	x		
62 71	09.08. 23.08.		x	x	x	
Anzahl Spritzaufrufe			4	4	1	3

## 6.2 Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen den Luzernerüssler *Otiiorhynchus ligustici* im Hopfenbau: Die Eierproduktion

### Ziel

Dieses Projekt ist eingebettet in das „Verbundvorhaben Bodenschädlinge“, in dem sich weitere fünf Institutionen mit integrierten und alternativen Bekämpfungsmöglichkeiten von Bodenschädlingen, mit den Schwerpunkten Bodenrüsselkäfer und Drahtwürmer, beschäftigten. Hierbei wurden dreijährige Freilandversuche in der Hallertau angelegt, in denen die Wirksamkeit von entomopathogenen Nematoden (EPN) und Pilzen (EPP) getestet wurden. Aufgrund des geringen Befalls mit Rüsselkäferlarven und indifferenter Abundanz von adulten Käfern konnten hier keine Aussagen bezüglich der Wirksamkeit getroffen werden. Flankierend zur Absicherung der Wirksamkeit von EPN und EPP war ein Biotest nach GLAZER & LEWIS (2000) angedacht, welcher jedoch ebenfalls aufgrund des geringen Befalls mit L2- bzw. L3-Larven an Fangpflanzen im Freiland (Rotklee) nicht durchgeführt werden konnte. Aus diesem Grund wurde mit der Methode nach VAN TOL & GWYNN (2004) gearbeitet. Hierbei wurde eine Käferzucht zur Gewinnung von Eiern aufgebaut, um für einen definierten Ausgangsbefall für Topfversuche zu sorgen. 2010 wurde die Anzahl abgelegter Eier/Individuum von Käfern, welche mit Rotklee gefüttert worden waren, mit denen von Käfern mit Luzerne als Futterpflanze verglichen. 2011 wurde der Vergleich mit Rotklee und Hopfen durchgeführt.

### Methoden

Für die Eierproduktion wurden jeweils Anfang April Käfer aus Hopfenanlagen der Hallertau gesammelt und in acht Haltungsgefäßen, mit Populationsdichten von jeweils 5 Individuen/Gefäß, aufgeteilt.

Vier Gefäße wurden mit Rotklee als Futterpflanze bestückt und vier Gefäße mit Luzerne (2010) bzw. Hopfen (2011). Die relative Luftfeuchtigkeit in den Gefäßen betrug 85 %, um ein Austrocknen der abgelegten Eier zu vermeiden. Die Futterpflanzen wurden wöchentlich erneuert und dabei die Eier abgesammelt und gezählt.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Eiablage begann jeweils Anfang April und endete bei den Varianten Klee und Luzerne Mitte Juli, wobei sich die Hauptablagezeit von Ende April bis Mitte Juni erstreckte. Bei der Variante Hopfen wurde eine verzettelte Eiablage auf hohem Niveau mit Spitzen Ende Mai und Mitte Juli beobachtet. Das Ende der Eiablage zog sich bis in den September. Zusätzlich zeigte sich bei der Hopfenvariante eine verzögerte Mortalität nach Ende der Eiablage, wohingegen bei den Klee- und Luzernevarianten die Sterberate nach beendeter Eiablage sehr stark anstieg. Die durchschnittlich abgelegten Eier lagen 2010 bei Rotklee als Futterpflanze bei 421 Eier/Individuum und bei Luzerne bei 291 Eier/Individuum. Folglich kam es bei *O. ligustici*, welche mit Luzerne gefüttert worden waren, zu einer reduzierten Eiablage ( $df = 1$ ;  $F = 9,9492$ ;  $P = 0,0197$ ). 2011 wurde eine durchschnittliche Anzahl abgelegter Eier bei der Rotkleevariante von 1.001 Eier/Individuum beobachtet, wohingegen die Käfer mit Hopfen als Futterpflanze 1.467 Eier je adultem Tier legten. Die Fütterung mit Hopfen brachte somit nicht nur eine verzettelte Eiablage und Mortalität, sondern auch eine Steigerung der Eiproduktivität der einzelnen Individuen ( $df = 1$ ;  $F = 30,7153$ ;  $P = 0,0014$ ). Die Wahl der Futterpflanze hatte folglich einen signifikanten Einfluss auf die Eiablage von *O. ligustici*. Die Reduktion bei Luzerne gegenüber Rotklee als Futterpflanze in 2010 kann auf die spezifische Zusammensetzung der Pflanzenmasse beider Leguminosen-Arten beruhen. Die Zunahme der Anzahl abgelegter Eier bei der Hopfenvariante gegenüber der Rotkleevariante in 2011 kann an dem fortschreitenden Übergang des Rotklees zum generativen Wachstum gelegen haben, wohingegen der Hopfen stets im vegetativen Wachstum beerntet wurde. 2012 werden etwaige Einflussfaktoren in den Versuch mit aufgenommen.

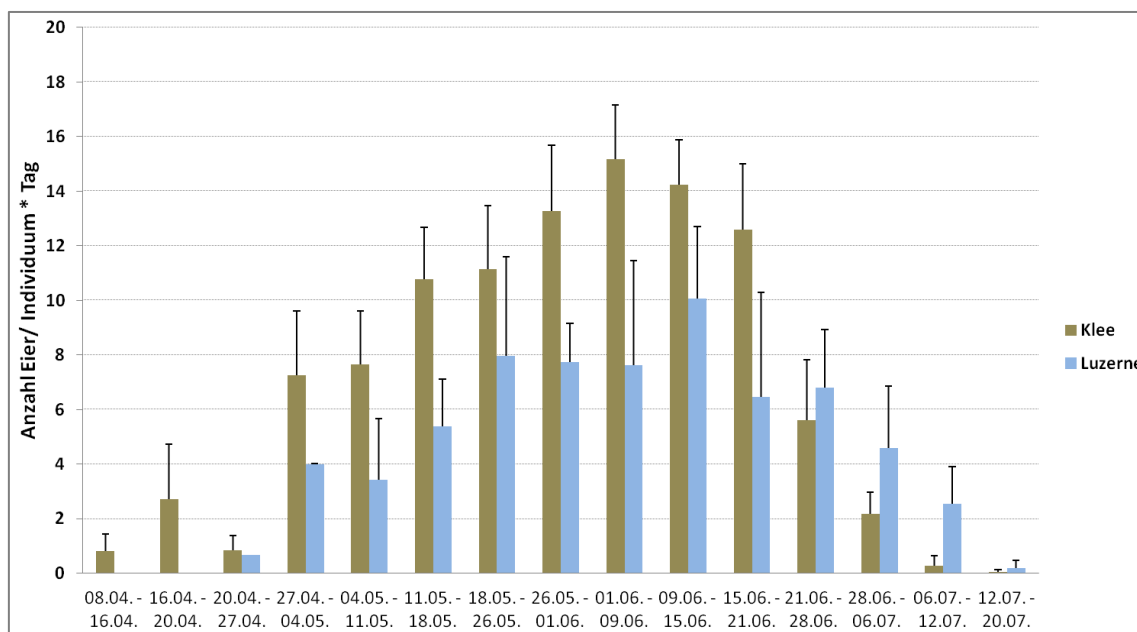


Abb. 6.2: Anzahl abgelegter Eier/Individuum \* Tag von *O. ligustici* mit Rotklee bzw. Luzerne als Futterpflanzen in Haltungsgefäßen in 2010

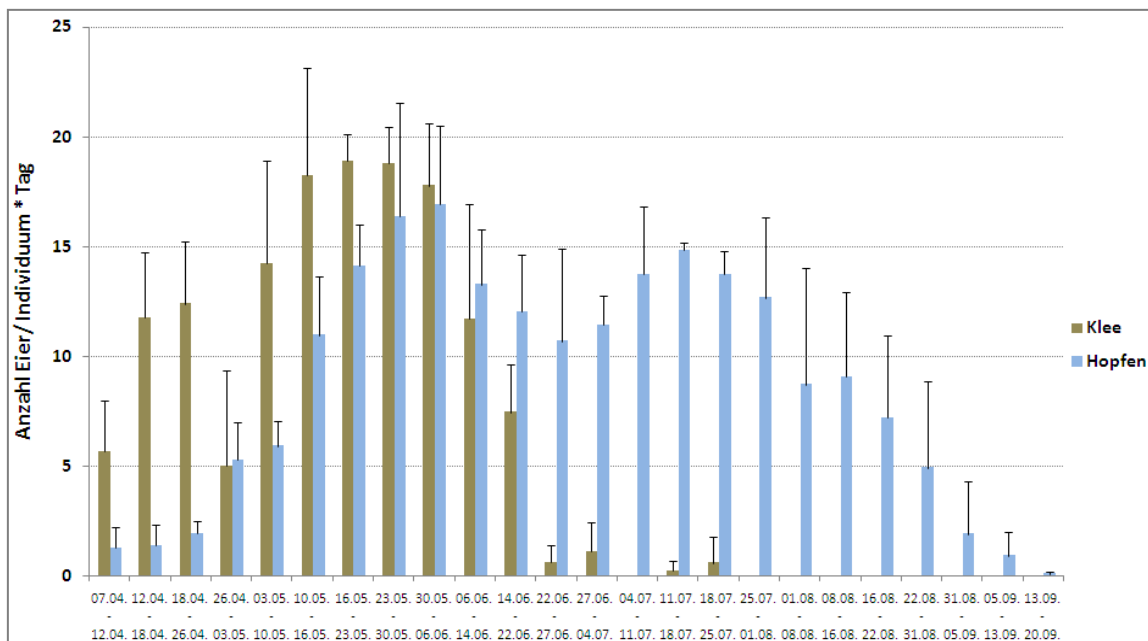


Abb. 6.3: Anzahl abgelegter Eier/Individuum \* Tag von *O. ligustici* an Rotklee bzw. Hopfen als Futterpflanze in Haltungsgefäßen in 2011

## 7 Hopfenqualität und Analytik

ORR Dr. Klaus Kamhuber, Dipl. Chemiker

### 7.1 Allgemeines

Die Arbeitsgruppe IPZ 5d führt im Arbeitsbereich IPZ 5 Hopfen alle analytischen Untersuchungen durch, die zur Unterstützung von Versuchsfragen der anderen Arbeitsgruppen, insbesondere der Hopfenzüchtung, benötigt werden. Der Hopfen hat drei Gruppen von wertgebenden Inhaltsstoffen. Dies sind in der Reihenfolge ihrer Bedeutung die Bitterstoffe, die ätherischen Öle und die Polyphenole. Die Bitterstoffe bestehen aus den  $\alpha$ - und  $\beta$ -Säuren, wobei der  $\alpha$ -Säuregehalt als das primäre wirtschaftliche Qualitätsmerkmal des Hopfens gilt, da er ein Maß für das Bitterpotential darstellt. Die  $\alpha$ -Säuren geben dem Bier die typische Hopfenbittere, sorgen für dessen biologische Stabilität und auch für eine gute Schaumstabilität. Die  $\beta$ -Säuren sind wegen ihrer antimikrobiellen Eigenschaften für alternative Anwendungen des Hopfens interessant, z. B. als Konservierungsmittel in der Lebensmittelindustrie. In der Zuckerindustrie und auch bei der Ethanolherstellung werden  $\beta$ -Säuren bereits erfolgreich eingesetzt, um Formalin zu ersetzen.

Die ätherischen Öle sind für den Geruch und das Aroma verantwortlich. Insbesondere in der Craft Brewers Szene erlangen sie immer mehr Bedeutung, da die Craft Brewers Hopfen mit besonderen und teilweise hopfenuntypischen Aromen wünschen. Diese werden unter dem Begriff „Flavor Hops“ zusammengefasst.

Wegen der beruhigenden Wirkung der ätherischen Öle werden aus Hopfen in Kombination mit Baldrian pharmazeutische Präparate hergestellt, wobei der Hopfen wie das Schlafhormon Melatonin und Baldrian wie Adenosin wirkt.

Über die positiven Wirkungen von Polyphenolen für die Gesundheit gibt es eine Vielzahl von Veröffentlichungen, da Polyphenole als starke Antioxidantien wirken und freie Radikale einfangen können. Hopfen ist eine Pflanze mit einem sehr hohen Polyphenolgehalt.

Insbesondere Xanthohumol erlangte in den letzten Jahren wegen seines großen antikanzerogenen Potentials viel öffentliche Aufmerksamkeit, wobei aber nach neuesten Studien dessen Bioverfügbarkeit im menschlichen Organismus nicht besonders gut ist. Die Substanz 8-Prenylnaringenin, die im Hopfen in Spuren vorkommt, gilt als eines der stärksten Phytoöstrogene und verleiht dem Hopfen eine leicht östrogene Aktivität. Dies war bereits seit Jahrhunderten bekannt, doch die dafür verantwortliche Substanz wurde erst vor 10 Jahren entdeckt.

Momentan gibt es für die Brauereien ein großes Überangebot an Hopfen, deshalb wäre es sehr wichtig, alternative Anwendungen zu erschließen. Weitere Einsatzmöglichkeiten von Hopfen sind in der Lebensmittelindustrie sowie in den Bereichen Medizin und Wellness zu finden.

## **7.2 Optimierung der Inhaltsstoffe als Zuchtziel**

### **7.2.1 Anforderungen der Brauindustrie**

95 % der produzierten Hopfenmenge finden in der Brauindustrie Verwendung und diese wird auch in Zukunft der mit Abstand größte Abnehmer für Hopfen sein. Bezüglich der Hopfung gibt es bei den Brauereien zwei extrem unterschiedliche Philosophien. Die eine ist, möglichst billig Alpha-Säuren zu bekommen, wobei die Sorten und Anbauggebiete keine Rolle spielen. Die andere ist die, Pflege der Biervielfalt mit verschiedenen Hopfengaben und Produkten. Hier wird noch Wert auf Sorten und Anbauggebiete gelegt und die Kosten spielen keine Rolle. Zwischen diesen Extremen gibt es jedoch fließende Übergänge.

Die Anforderungen der Brauindustrie und der Hopfenwirtschaft bezüglich der Hopfeninhaltsstoffe ändern sich stetig. Es besteht jedoch ein Konsens, dass Hopfensorten mit möglichst hohen  $\alpha$ -Säuregehalten und hoher  $\alpha$ -Säurestabilität in Bezug auf Jahrgangsschwankungen gezüchtet werden sollen. Der niedrige Cohumulonanteil als Qualitätsparameter spielt keine so große Rolle mehr. Für sogenannte Downstream-Produkte und Produkte für Beyond Brewing sind sogar Hochalphasorten mit hohen Cohumulongehalten erwünscht.

Die Rolle der ätherischen Öle beim Bierbrauen gleicht einer unendlichen Geschichte. Die ätherischen Öle des Hopfens bestehen aus etwa 300 verschiedenen Substanzen. Der Geruchs- und Aromaeindruck muss als ganzheitliche und synergistische Eigenschaft angesehen werden. Manche Substanzen verstärken sich in ihrer Wahrnehmung und andere heben sich auf. Es ist aber notwendig Leitsubstanzen zu definieren, um die Aromaqualität auch analytisch beschreiben zu können. Myrcen gilt als Indikator für ein eher schlechtes harziges Aroma und Linalool für ein angenehmes blumiges Aroma. Es sollen Aromasorten mit unterschiedlichen Spektren von Hopfenölen gezüchtet werden, um eine Produktvielfalt zu gewährleisten. Für das Hopfenaroma haben Leitsubstanzen wie Linalool, Humulen, Caryophyllen und Myrcen Bedeutung. Besonders in der Craft Brewers Szene wünscht man sich Hopfensorten, die durch ihr Aroma klar abgrenzbar sind. Auch exotische Aromen wie Mandarine, Melone, Mango oder Johannisbeere sind gefragt. Wie man Aroma ins Bier bringt hängt auch stark von technologischen Faktoren ab, wie z. B. späte Hopfengabe oder am besten Hopfenstopfen (Dry Hopping).

Die Polyphenole tragen zum Bittereindruck (Harmonie und Qualität der Bittere) bei und haben teilweise für die Gesundheit funktionelle Zusatznutzen. Die Erhöhung des Gehalts an niedermolekularen Polyphenolen wie Xanthohumol, den Prenylflavonoiden und den phenolischen Carbonsäuren soll ein Ziel der Hopfenzüchtung sein.



## 7.2.2 Alternative Anwendungsmöglichkeiten

Lediglich 5 % der Hopfenernte werden für alternative Anwendungen genutzt (Abb. 7.1).

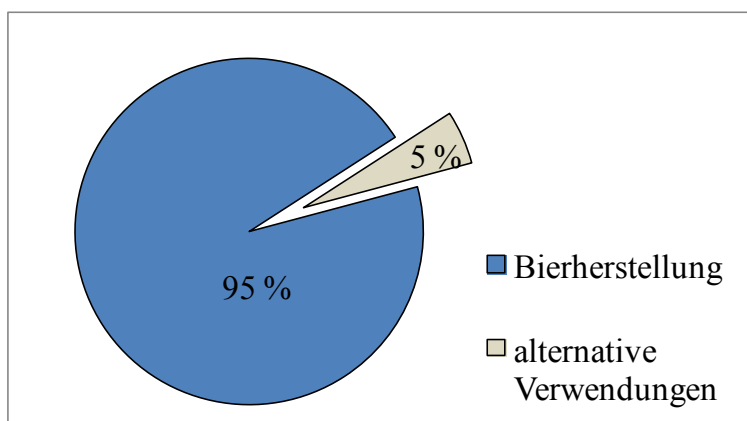


Abb. 7.1: Einsatz von Hopfen

Von der Hopfenpflanze können sowohl die Dolden als auch die Restpflanze verwertet werden. Unter den Hopfenschäben versteht man die herausgelösten inneren holzigen Teile der Hopfenrebe. Diese eignen sich wegen ihrer guten Isolationseigenschaften und hoher mechanischer Festigkeit als Material für Schüttisolationen und auch gebunden für Isoliermatten. Sie können auch als Fasern für Formteile wie z. B. Kfz-Türverkleidungen verarbeitet werden. Bis jetzt gibt es aber noch keine großtechnischen Anwendungen.

Bei den Dolden sind vor allem die antimikrobiellen Eigenschaften der Bitterstoffe für alternative Nutzungen geeignet. Die Bitterstoffe haben schon in katalytischen Mengen (0,001-0,1 Gew. %) antimikrobielle und konservierende Eigenschaften und zwar in der aufsteigenden Reihenfolge Iso- $\alpha$ -Säuren,  $\alpha$ -Säuren und  $\beta$ -Säuren. Sie zerstören den pH-Gradienten an den Zellmembranen von Bakterien. Die Bakterien können dann keine Nährstoffe mehr aufnehmen und sterben ab. Die Iso- $\alpha$ -Säuren im Bier schützen sogar vor dem Magenkrebs auslösenden „*Helicobacter pylori*“. Die  $\beta$ -Säuren wirken besonders gegen gram-positive Bakterien wie Listerien und Clostridien, auch hemmen sie sehr aktiv das Wachstum des „*Mycobacterium tuberculosis*“. Dies kann genutzt werden, um die Hopfenbitterstoffe als natürliche Biozide überall dort einzusetzen, wo Bakterien unter Kontrolle gehalten werden müssen. In der Zucker- und Ethanolindustrie ist es bereits etabliert, Formalin durch  $\beta$ -Säuren zu ersetzen. Weitere Anwendungsmöglichkeiten hinsichtlich der antimikrobiellen Aktivität sind: die Verwendung als Konservierungsmittel in der Lebensmittelindustrie (Fisch-, Fleischwaren, Milchprodukte), die Hygienisierung von biogenen Abfällen (Klärschlamm, Kompost), Beseitigung von Schimmelpilzbefall, Geruchs- und Hygieneverbesserung von Streu, Kontrolle von Allergenen und der Einsatz als Antibiotikum in der Tierernährung. Für diese Anwendungsbereiche ist in der Zukunft sicher ein größerer Bedarf an Hopfen vorstellbar. Daher ist es ein Zuchtziel in Hüll, den  $\beta$ -Säuregehalt zu erhöhen. Momentan liegt der Rekord bei einem Gehalt um etwa 20 %. Es gibt sogar einen Zuchtstamm, der nur  $\beta$ -Säuren produziert und keine  $\alpha$ -Säuren.

Hopfen ist auch für den Bereich Gesundheit, Wellness, Nahrungsergänzungsmittel und Functional Food interessant, da er eine Vielzahl polyphenolischer Substanzen besitzt. Mit einem Polyphenolgehalt bis zu 8 % ist Hopfen eine sehr polyphenolreiche Pflanze. An der Erhöhung des Xanthohumolgehalts wird gearbeitet. Ein Zuchtstamm mit 1,7 % Xanthohumol ist bereits vorhanden.

Andere prenylierte Flavonoide wie z. B. 8-Prenylnaringenin kommen im Hopfen nur in Spuren vor. Substanzen mit sehr hohen antioxidativen Potentialen sind die oligomeren Proanthocyanidine (bis 1,3 %) und glykosidisch gebundenes Quercetin (bis 0,2 %) bzw. Kämpferol (bis 0,2 %). Aromahopfen haben in der Regel einen höheren Polyphenolgehalt als Bitterhopfen. Wenn bestimmte Inhaltsstoffe gewünscht werden, kann Hüll jederzeit reagieren und die Züchtung in Zusammenarbeit mit der Analytik auf diese gewünschten Stoffe selektieren.

### 7.3 Differenzierung des Welthopfensortiments mit Hilfe der niedermolekularen Polyphenole

Dieses Projekt wird vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten mit 20.000,- € unterstützt. Die Tab. 7.1 zeigt die Zusammensetzung der Polyphenole beim Hopfen.

Tab. 7.1: Die Zusammensetzung der Hopfenpolyphenole und deren Konzentrationen im Hopfen

Substanzen und Substanzgruppen	Konzentrationen
<b>Phenolische Carbonsäuren</b>	
1) Benzoesäure-Derivate	< 0,01 %
2) Zimtsäure-Derivate	0,01 – 0,03 %
<b>Flavonoide</b>	
3) Xanthohumol	0,20 – 1,70 %
4) 8,6-Prenylnaringenin	< 0,01 %
5) Quercetinglykoside	0,05 – 0,23 %
6) Kämpferolglykoside	0,02 – 0,24 %
7) Catechine und Epicatechine	0,03 – 0,30 %
8) Oligomere Proanthocyanidine	0,20 – 1,30 %
9) Acylphloroglucinol-Derivate (Multifidole)	0,05 – 0,50 %
<b>Höhermolekulare Substanzen</b>	
10) Catechingerbstoffe und Tannine	2,00 – 7,00 %

Polyphenole kommen als bioaktive Substanzen in fast allen Pflanzen vor. Sie haben Funktionen als Farb- und Geschmackstoffe und sie sind auch bei der Abwehr von Krankheiten und Schädlingen beteiligt. In höherer molekularer Form wirken sie als Gerbstoffe. Die Polyphenole sind zwar eine sehr heterogene Stoffgruppe, sie haben jedoch als ein gemeinsames Strukturelement einen aromatischen Ring mit mindestens 2 Hydroxylgruppen. Da sie selbst sehr leicht oxidiert werden können, wirken sie als starke Antioxidantien.

Alle Polyphenole teilen sich Elemente eines gemeinsamen Biosyntheseweges. Der Schlüssel schritt ist die Umwandlung der Aminosäure Phenylalanin in Zimtsäure. Diese Reaktion wird von dem Enzym PAL Phenylalaninammoniumlyase katalysiert. Dieses Enzym kann durch Nitrat blockiert werden. Das ist auch der Grund, dass eine Überdüngung mit Stickstoff zu einer geringeren Polyphenolkonzentration in der Pflanze führt und damit auch zu einer geringeren Widerstandskraft gegenüber Krankheiten. Die Flavonoide sind eine Untergruppe der Polyphenole und wurden in den neunzehnhundertdreißiger Jahren von dem Medizinnobelpreisträger Albert Szent-Györgyi Nagyropolt entdeckt. Er bezeichnete sie zuerst als Vitamin P, da diese die Permeabilität von Blutgefäßen beeinflussen konnten. Später bekamen sie den Namen Flavonoide, da sie sich von der Struktur Flavon ableiten. (Abb. 7.2).

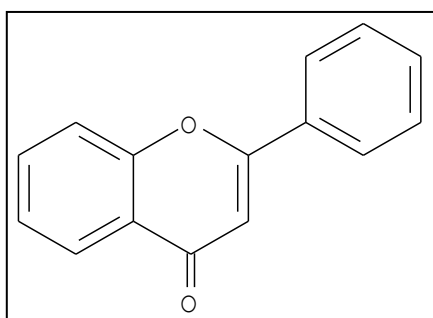


Abb. 7.2: Struktur von Flavon

I. McMurrugh und C. F. Sumere (Lit. 1, 2) waren die ersten, die niedermolekulare Polyphenole des Hopfens mit HPLC analysierten und grundlegende Arbeiten über diese Substanzgruppe durchführten. Quercetin und Kämpferol kommen in Hopfen nicht in freier Form, sondern nur glykosidisch gebunden vor. Die Zucker können durch Hydrolyse entfernt und Quercetin und Kämpferol quantitativ bestimmt werden. Mit dieser Methode wurde bereits das ganze Welthopfensortiment analysiert (Lit. 3). In dieser Arbeit sollten jedoch auch die Glykoside Berücksichtigung finden. Eine weitere Substanzgruppe, die auch pharmakologisch wegen ihrer entzündungshemmenden Eigenschaften interessant ist, sind die Acylphloroglucinol-Derivate (Multifidole, Lit. 4). Der Name leitet sich von der tropischen Pflanze *Jatropha multifida* ab, da diese Verbindungen in deren Milchsaft vorkommen. Die Abb. 7.3 zeigt die chemischen Strukturen. Das eigentliche Multifidolglukosid hat die Struktur A. Im Hopfen ist hauptsächlich die Verbindung B vorhanden, aber auch A und C in geringeren Konzentrationen.

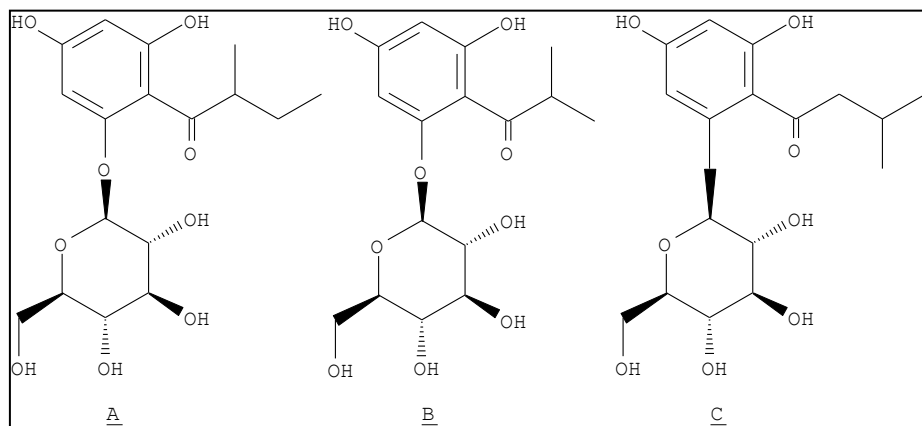


Abb. 7.3: Chemische Strukturen der Multifidole

Lit.: 1) McMurrough I., Hennigan, G., P., Loughrey, J.: "Quantitative Analysis of Hop Flavonols Using High Performance Liquid Chromatography", J. Agric. Food Chem. 1982, 10, 1102-1106 2) Van Sumere, C., F., Vande Castele, K., Hutsebaut, M., Everaert, E., De Cooman, L., Meulemans, W.: "RP-HPLC Analysis of Flavanoids and the Biochemical Identification of Hop Cultivars", EBC-Monograph XIII, 146-175, 1987 3) Kammhuber, K.: "Quercetin & Kämpferol", Hopfenrundschaue International, 2006/2007, 52-55 4) Bohr, G.; Gerhäuser, C.; Knauff, J.; Zapp, J.; Becker, H.: "Anti-inflammatory Acylphloroglucinol Derivatives from Hops (*Humulus lupulus*)", J. Nat. Prod., 2005, 68, 1545-1548

Die exakten chemischen Bezeichnungen lauten:

A = 1-(2-Methylbutyryl)phloroglucinol-glukopyranosid (Multifidol)

B = 1-(2-Propanoyl)phloroglucinol-glukopyranosid

C = 1-(3-Methylbutyryl)phloroglucinol-glukopyranosid

Der erste Arbeitsschwerpunkt war die Ausarbeitung einer geeigneten Probenvorbereitung und einer optimalen HPLC-Trennung. Zur Probenvorbereitung wird der Hopfen mit einem Aceton-Wassergemisch (3:1) extrahiert und dann die polaren Substanzen durch Ausschüteln mit Hexan entfernt. Als Trennsäule hat sich die Säule EC 125/2 NUCLEODUR Sphinx RP, 3 µm von Macherey und Nagel als sehr günstig erwiesen. Für die UHPLC-Analyse wird folgendes Gradientenprogramm gefahren:

Eluent A: 100 ml Methanol, 3 ml 85% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> auf 1 l mit Wasser auffüllen

Eluent B: 700 ml Methanol, 3 ml 85 % H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> auf 1 l mit Wasser auffüllen

Eluent C: Methanol

Linearer Gradient:	Detektionswellenlängen:
0 Min.: 100 % A	Benzoessäure-Derivate: 250 nm
5 Min.: 100 % A	Zimtsäure-Derivate: 280 nm
30 Min.: 70 % A, 30 % B	Catechine: 280 nm
55 Min.: 10 % A, 90 % B	Quercetin-,
56 Min.: 100 % C	Kämpferolglykoside: 350 nm
60 Min.: 100 % C	Multifidolglukoside: 280 nm
61 Min.: 100 % A	

Zur Sortenunterscheidung sind vor allem die Quercetin- und Kämpferolglykoside geeignet, die anderen phenolischen Komponenten sind weniger sortenspezifisch ausgeprägt. Die Quercetin- und Kämpferolglykoside haben ein Absorptionsmaximum bei 350 nm und die Multifidolglukoside bei 280 nm. Deshalb wurde entschieden, bei den Wellenlängen 350 nm und 280 nm zu messen, um die beste Selektivität und Empfindlichkeit zu erhalten. Die Abb. 7.4 zeigt ein Chromatogramm bei der Wellenlänge 280 nm, die für die Messung der Multifidolglukoside optimal ist. In Abb. 7.5 sind die Chromatogramme der Sorten Opal, Hersbrucker Spät, Herkules und Zeus bei 350 nm dargestellt, die sich deutlich in der Zusammensetzung der Flavonoide unterscheiden.

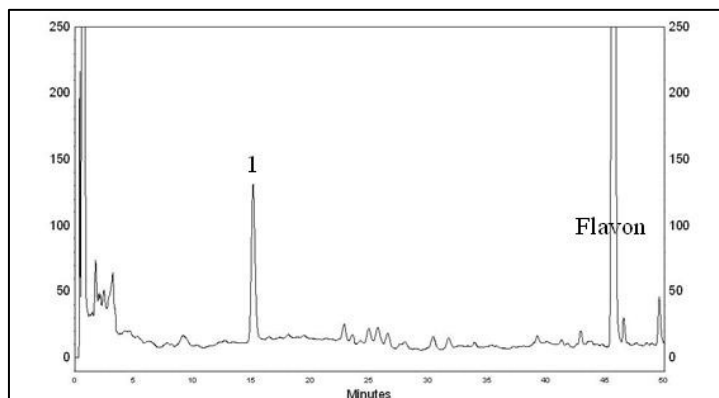


Abb. 7.4: Chromatogramm der Flavonoide bei 280 nm

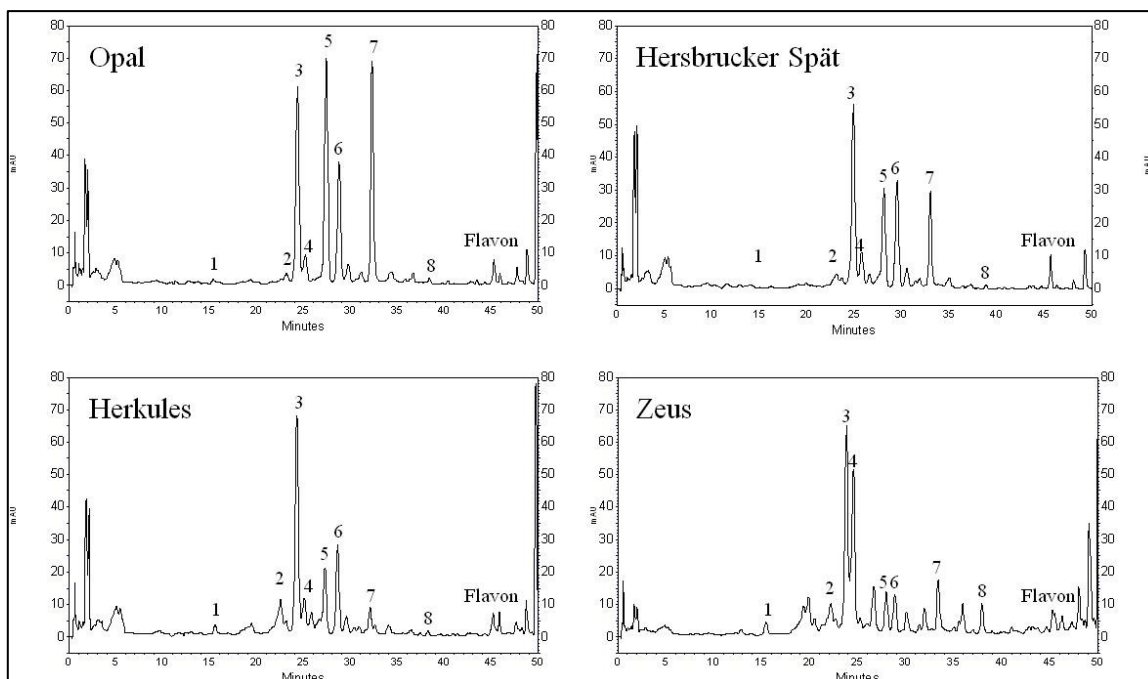


Abb. 7.5: HPLC-Chromatogramme der Flavonidglykoside von Opal, Hersbrucker Spät, Herkules und Zeus bei 350 nm

Die Substanz Flavon (Abb. 7.2) dient als Standard, da Flavon im Hopfen nicht vorkommt und die polaren von den unpolaren Substanzen abgrenzt. Die unpolaren Bitterstoffe, Xanthohumol und die prenylierten Naringenine eluieren erst nach Flavon. In dieser Arbeit

waren vor allem diejenigen Substanzen interessant, die polarer als Flavon sind. Alle Hauptsubstanzen konnten in Zusammenarbeit mit der TUM (Dr. Coelhan) mit Hilfe eines Massenspektrometers aufgeklärt werden. Die Substanzen Quercetin-3-galaktosid, Quercetin-3-glukosid und Kämpferol-3-glukosid (Astragalin) wurden zusätzlich durch Reinsubstanzen verifiziert. Die Substanz 1 wurde eindeutig als 1-(2-Propanoyl) phloroglucinolglukopyranosid B identifiziert. Die chemischen Strukturen sind in der Abb. 7.6 zusammengestellt.

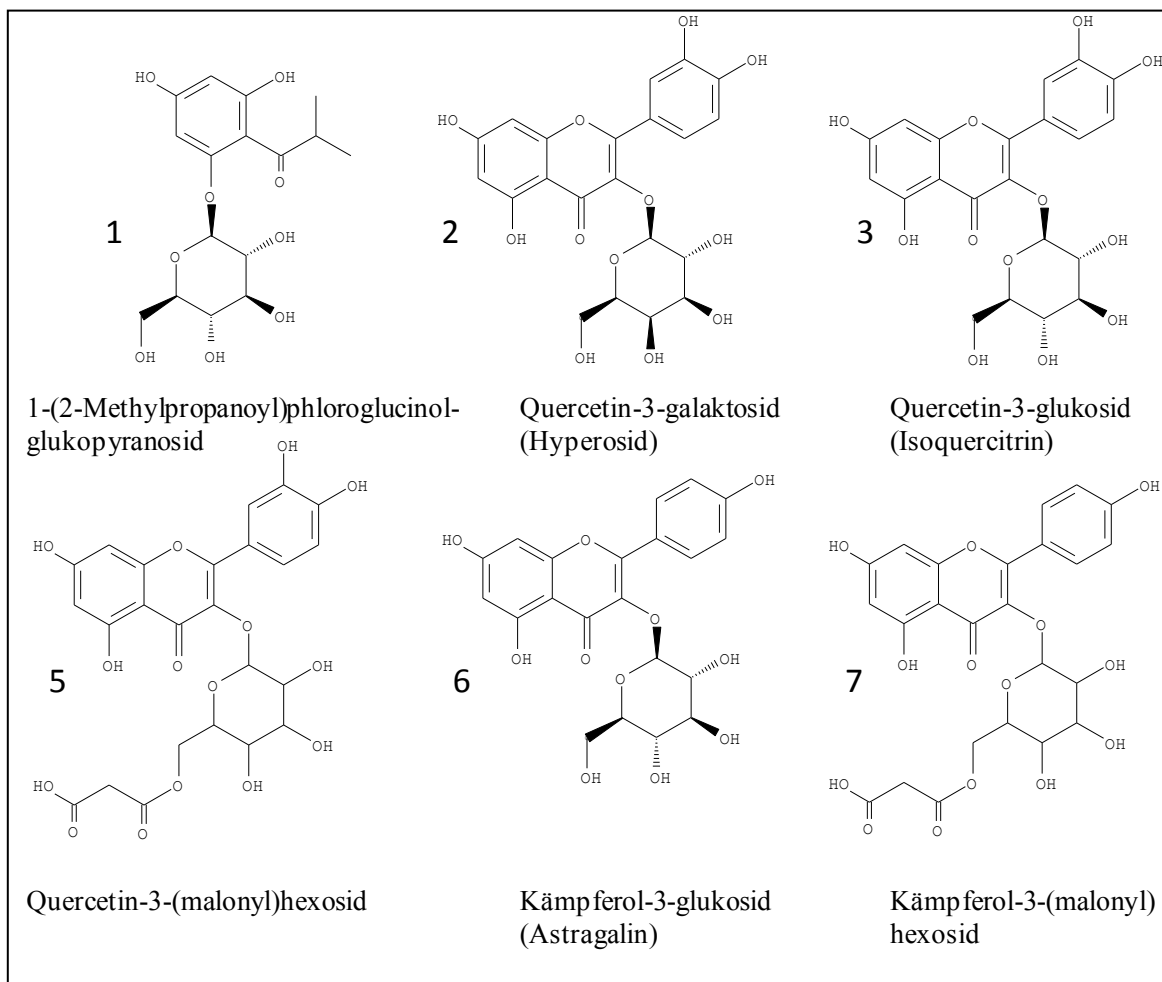


Abb. 7.6: Chemische Strukturen der identifizierten Substanzen

Mit den erarbeiteten Methoden wurde fast das ganze in Hüll verfügbare Welthopfensortiment (121 verschiedene Sorten aus 17 Ländern) der Erntejahre 2009 und 2010 untersucht, die Ernte 2011 wird noch analysiert. Viele Sorten, vor allem die alten Landsorten, unterscheiden sich nur gering, aber einige Sorten sind in ihrer Flavonoidzusammensetzung sehr unterschiedlich. Mit den bezeichneten acht Substanzen wurde eine Hauptkomponentenanalyse berechnet, um Ähnlichkeiten und Unterschiede sichtbar zu machen. Als Software wurde SAS 9.1 verwendet. Die Abb. 7.2 zeigt die ersten drei Hauptkomponenten und die Abb. die graphische Darstellung. Jeder Punkt in der Grafik repräsentiert eine Hopfensorte. Je näher die Punkte zusammen sind, desto ähnlicher sind die Sorten. Je weiter sie auseinander sind, desto unterschiedlicher sind sie. Die meisten Sorten liegen innerhalb der markierten Ellipse. Die eingezeichneten Linien zeigen den Beitrag der einzelnen Merkmale zur Hauptkomponentenanalyse.

Tab. 7.2: Welthopfensortiment und PCA-Werte (Ernte 2009 und 2010)

Sorte	PCA 1	PCA 2	PCA 3	Sorte	PCA 1	PCA 2	PCA 3
Admiral	1,1682	-0,5349	1,0614	Hall. Gold	0,1733	-1,1510	-0,9658
Agnus	2,3061	-0,5189	0,9039	Hall. Magnum	2,8912	1,0239	0,4025
Ahil	2,2231	-0,2418	-1,2286	Hall. Merkur	1,3086	0,7450	0,3580
Alliance	-1,9321	-1,4778	1,3508	Hall. Taurus	2,2465	0,8289	-0,9431
Alpharoma	-2,2172	-0,7703	1,3347	Hall. Tradition	1,0473	-1,1677	-1,5281
Apolon	0,6569	0,3291	-0,9330	Hallertauer Mfr.	-0,5632	-2,0694	-0,1420
Aquila	1,5885	3,0754	1,5011	Harmony	1,3107	-0,3659	-0,0423
Aromat	0,0367	-1,5485	-0,5999	Herald	0,3043	-0,1575	-1,2075
Atlas	-0,6711	2,1336	-0,1297	Herkules	1,5148	1,5725	-1,8072
Aurora	-0,2010	-1,6635	0,6439	Hersbrucker Pure	-0,2882	-1,1079	0,3737
Backa	1,2217	1,1048	0,0661	Hersbrucker Spät	-3,0965	0,7484	1,0776
Belgischer Spalter	0,0865	-0,1480	-0,7276	Horizon	-0,4303	-0,7081	0,8742
Blisk	0,9699	1,1906	-0,5516	Hüller Anfang	-0,6423	-2,1060	-0,3398
Boadicea	-1,1622	0,6009	-0,7538	Hüller Aroma	-0,5397	-1,6429	-0,2945
Bobek	0,7563	-1,3901	-0,3582	Hüller Bitter	-0,6432	0,4300	0,2369
Bor	0,7966	-0,3426	-1,0197	Hüller Fortschritt	-1,2859	-1,7462	0,3518
Bramling Cross	-2,0159	2,6388	-0,6440	Hüller Start	-0,9317	-2,2770	0,1523
Braustern	0,8084	-1,2310	-0,7422	Japan C 730	-0,6456	0,0283	1,7829
Brewers Gold	2,3456	0,9341	0,0525	Japan C 845	1,6744	-0,0063	-2,4914
Brewers Stand	-0,8525	2,9484	0,1179	Kirin 1	-0,5663	4,3001	-0,6098
Buket	-0,4146	-1,4976	1,1649	Kirin 2	-0,6803	4,5611	-0,4765
Bullion	0,5911	0,8128	-0,4729	Kitamidori	0,4046	0,2743	-1,8071
Cascade	0,7359	-0,0825	-0,5093	Kumir	0,4719	-0,7643	0,2004
Chang Bei 1	-1,5525	-0,8015	0,6504	Lubelski	1,0551	-1,3945	-0,4113
Chang Bei 2	-1,5555	-0,4521	0,6733	Malling	-2,1140	1,0422	0,2514
College Cluster	-2,9899	2,4738	0,6321	Marynka	-0,9812	2,6990	0,1190
Columbus	0,9282	3,0808	-1,2409	Mt. Hood	-0,2745	-0,8995	0,5223
Comet	1,1808	0,5673	-0,1616	Neoplanta	-1,0720	-1,1345	1,0980
Crystal	-2,9592	1,1544	0,8979	Neptun	4,6159	0,0358	5,2798
Density	-1,8294	2,5229	-0,8132	New Zealand Hallertauer	-1,3090	1,0854	-0,0906
Diva	-0,8184	-0,9396	-0,7198	Northern Brewer	3,9825	-0,3649	1,4789
Early Choice	-1,0962	-0,9869	-0,7157	Nugget	-1,2975	-0,3105	0,8997
Eastern Gold	-0,7137	4,3263	-0,1320	Olympic	-1,3420	-0,2178	0,7355
Eastwell Golding	-0,9016	-0,4953	-0,2306	Opal	-2,0242	-1,4161	0,5223
Emerald	1,9226	-0,4544	-2,5513	Orion	1,2338	-0,4060	-1,7365
Eroica	0,5112	2,9135	-1,2670	Pacific Gem	-2,2264	0,9394	1,5129
Estera	-1,4200	0,6819	-0,0872	PCU 280	0,8562	-0,9419	-0,6114
First Gold	-0,9611	-0,5190	-0,2654	Perle	2,3792	-0,4904	-3,0422
Fuggle	-0,4894	0,5915	0,4451	Phoenix	-0,8352	-0,8661	0,8535
Galena	2,0862	2,0949	-1,5645	Pilgrim	-0,6419	-0,7377	-0,9443
Ging Dao Do Hua	-0,7069	4,1741	-0,3927	Pilot	-2,0300	0,1094	-0,2576
Glacier	-1,4959	-1,4693	-0,0567	Pioneer	-1,7790	0,7577	0,3629
Golden Star	-0,6494	4,3068	-0,4637	Premiant	1,3224	-0,6696	-0,6105
Granit	-0,3470	1,0616	0,3112	Pride of Kent	-1,6595	-1,9667	0,3066
Green Bullet	-1,7257	-0,5629	0,9473	Pride of Ringwood	-1,7599	1,7763	0,4951
Progress	-0,8397	2,9648	0,6149	Toyomidon	2,5675	0,1553	-0,3233

Sorte	PCA 1	PCA 2	PCA 3	Sorte	PCA 1	PCA 2	PCA 3
Rubin	-1,7520	-1,0825	0,5508	Urozani	-0,0948	-0,9667	1,1646
Saazer	-0,1950	-1,6743	0,5515	USDA 21055	-1,5491	3,8642	-0,3581
Saphir	-1,3506	-1,3976	-0,3865	Vojvodina	-0,8368	-1,7339	0,0174
Serebrianker	-0,7182	-1,9525	1,0076	WFG	0,9388	-1,4671	-0,6445
Sirem	0,9910	-1,4713	-0,7268	Williamette	-2,2056	1,2095	0,0951
Sladek	0,8235	-0,7533	-1,0480	Wye Northdown	0,7422	-0,6856	-1,5281
Smaragd	-1,8402	-1,1527	0,3351	Wye Target	0,8986	-0,6559	0,7886
Spalter	-0,0589	-1,8434	0,3222	Wye Viking	-0,0075	-0,6130	0,4524
Spalter Select	-0,8540	-1,8748	0,0160	Yeoman	-0,5796	-1,1030	0,1024
Sterling	-1,6244	-0,0231	0,7788	Zatecki	-0,6515	0,8889	0,1565
Sticklebrackt	-2,1959	2,0770	0,9805	Zenith	-1,0167	-1,5939	0,2939
Strisselspalter	-3,1147	1,3959	0,9958	Zeus	0,1323	3,6007	-0,3090
Super Alpha	-1,5729	1,0136	0,9513	Zitic	1,3728	-0,5409	-2,1116
Talisman	1,1639	-0,7823	-0,7213	Zlatan	0,5318	-1,4985	-0,2262
Tettnanger	0,0549	-1,5640	0,1947				

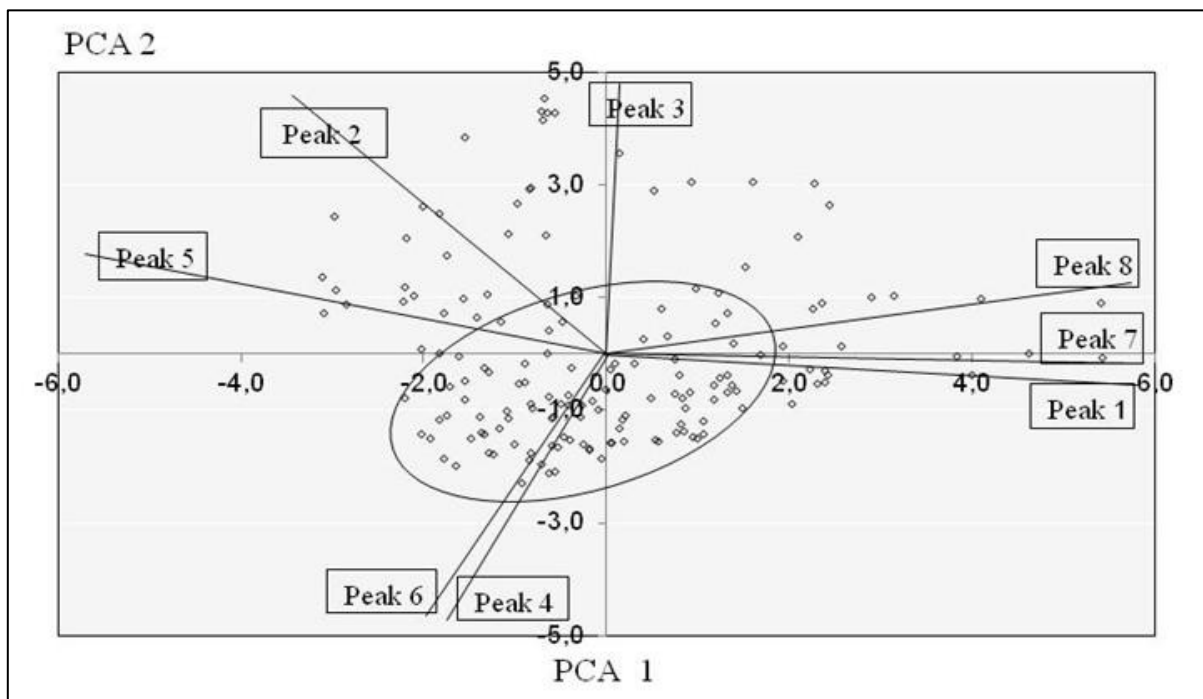


Abb. 7.7: Hauptkomponentenanalyse des Welthopfsortiments

Eine andere Methode, um Objekte an Hand ihrer Ähnlichkeit zu ordnen, ist die Clusteranalyse. Bei der hierarchischen Clusteranalyse werden Objekte nach ihrer Ähnlichkeit schrittweise zusammengefasst. Es entstehen geordnete Cluster. Es wurde versucht, das Welthopfsortiment nach der Ähnlichkeit der Flavonoidzusammensetzung in 20 Cluster zusammenzufassen, wobei die Auswahl der Cluster willkürlich ist. Man hätte auch 10 oder 15 Cluster auswählen können. Die Tab. 7.3 zeigt die Einteilung des Welthopfsortiments in 20 Cluster. In der Abb. Abb.: 7.8 ist ein Dendrogramm dargestellt, das die relativen Ähnlichkeiten der Cluster beschreibt.



Tab. 7.3: Einordnung des Welthopfensortiments in 20 Cluster

<b>Cluster 1</b>	<b>Cluster 2</b>	<b>Cluster 3</b>	<b>Cluster 6</b>	<b>Cluster 12</b>	<b>Cluster 18</b>
Admiral	Aurora	Boadicea	Crystal	Aquila	Green Bullet
Agnus	Buket	Estera	Hersbrucker Spät		
Aromat	Early Choice	Fuggle	Malling	<b>Cluster 13</b>	<b>Cluster 19</b>
Belgischer Spalter	Eastwell Golding	Hüller Bitter	Pacific Gem	Granit	Bullion
Bobek	Emerald	New Zealand Hallertauer	Strisselspalter		
Bor	First Gold	Williamette		<b>Cluster 14</b>	<b>Cluster 20</b>
Braustern	Glacier	Zatecki	<b>Cluster 7</b>	Atlas	College Cluster
Cascade	Hall. Tradition		Columbus	Bramling Cross	Sticklebrackt
Diva	Hallertauer Mfr.	<b>Cluster 4</b>	Eroica	Density	Super Alpha
Hall. Gold	Hersbrucker Pure	Eastern Gold	Galena	Marynka	
Harmony	Hüller Anfang	Ging Dao Do Hua	Zeus	USDA 21055	
Herald	Hüller Aroma	Golden Star			
Kumir	Hüller Fortschritt	Kirin 1	<b>Cluster 8</b>	<b>Cluster 15</b>	
Lubelski	Hüller Start	Kirin 2	Backa	Apolon	
PCU 280	Opal			Hall. Merkur	
Pilgrim	Orion	<b>Cluster 5</b>	<b>Cluster 9</b>		
Pioneer	Perle	Ahil	Chang Bei 2	<b>Cluster 16</b>	
Saazer	Pride of Kent	Blisk	Japan C 730	Brewers Stand	
Saphir	Rubin	Brewers Gold	Nugget	Pride of Ringwood	
Sirem	Smaragd	Comet	Olympic	Progress	
Sladek	Urozani	Hall. Magnum	Sterling		
Spalter	Vojvodina	Hall. Taurus		<b>Cluster 17</b>	
Spalter Select	Wye Viking	Herkules	<b>Cluster 10</b>	Alliance	
Talisman	Yeoman	Japan C 845	Horizon	Alpharoma	
Tettnanger	Zenith	Kitamidori	Mt. Hood	Chang Bei 1	
WFG	Zitic	Northern Brewer	Pilot	Neoplanta	
Wye Northdown		Premiant		Phoenix	
Wye Target		Toyomidori	<b>Cluster 11</b>	Serebrianker	
Zlatan			Neptun		

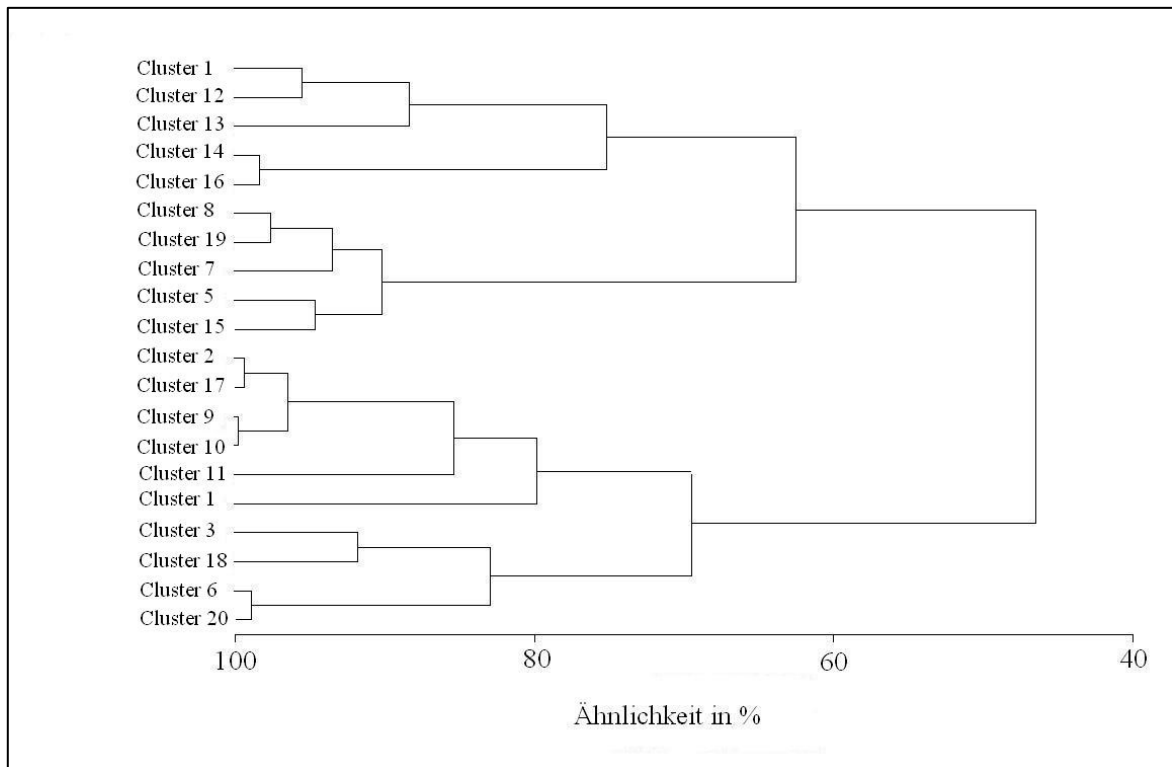


Abb.: 7.8: Dendrogram Clusteranalyse Welthopfensortiment

#### 7.4 Welthopfensortiment (Ernte 2010)

Dieses Untersuchungsprogramm wird jedes Jahr durchgeführt. Ziel ist die Bestimmung der qualitäts- und sortenspezifischen Inhaltsstoffe der verfügbaren in- und ausländischen Hopfensorten bei Anbau unter den Standortbedingungen in Hüll. Die Tab. 7.4 zeigt die Ergebnisse des Erntejahres 2010. Sie kann als Hilfsmittel dienen, um unbekannte Hopfensorten einem bestimmten Sortentyp zuzuordnen. Die Ölanalysen wurden mit der Headspace Gaschromatographie ausgeführt. Die einzelnen Ölkomponten sind relativ zu  $\beta$ -Caryophyllen angegeben.

Tab. 7.4: Welthopfensortiment 2010

Sorte	Myrcen	2-M.-isobutyrat	Sub. 14b	Sub. 15	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	Cadinen	Selinadien	Geraiol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/\alpha$	Cohumulon	Colupulon
Admiral	5835	582	17	35	33	0	10	271	10	8	4	1	16	0	2	17,3	6,2	0,36	33,7	64,0
Agnus	2720	79	1	5	7	0	7	139	0	5	5	4	13	0	1	10,7	7,0	0,65	38,2	58,9
Ahil	2683	278	21	2	11	8	11	189	39	8	7	4	17	0	2	8,5	4,6	0,54	31,1	56,7
Alliance	645	64	1	2	13	0	7	305	7	8	6	5	17	0	0	5,4	3,1	0,57	28,8	53,7
Alpharoma	1446	124	28	5	7	0	16	319	19	11	6	3	21	0	3	8,1	3,7	0,46	32,0	55,2
Apolon	1780	52	29	3	16	0	8	197	28	7	8	5	14	0	3	5,6	4,3	0,77	32,0	52,5
Aquila	2368	70	4	72	24	22	27	24	0	14	72	83	12	93	4	5,0	2,8	0,56	45,2	72,9
Aromat	2430	19	6	8	43	0	18	325	21	11	10	5	19	0	5	2,7	4,1	1,52	25,1	43,7
Atlas	1777	633	19	4	16	0	11	197	31	9	12	8	17	0	7	5,6	2,9	0,52	31,6	58,7
Aurora	2961	81	1	24	24	0	32	265	32	6	5	3	16	0	0	9,0	4,2	0,47	22,9	48,0
Backa	1534	219	3	10	15	0	11	283	22	10	6	5	20	0	1	10,4	6,4	0,62	37,6	58,9
Blisk	2074	280	23	5	21	0	10	218	45	8	6	3	15	0	3	8,3	4,2	0,51	32,7	57,5
Bobek	7901	207	11	97	47	0	33	258	48	7	1	1	12	0	2	6,5	5,8	0,89	26,8	47,8
Bor	2550	100	3	45	7	0	8	298	0	7	3	1	15	0	1	11,3	5,7	0,50	24,9	50,9
Bramling Cross	1872	133	6	5	38	0	24	293	0	12	8	3	24	4	5	5,2	3,2	0,62	30,8	56,7
Braustern	2389	88	2	32	6	0	5	261	0	7	4	2	16	0	1	10,7	5,8	0,54	27,1	52,1
Brewers Gold	2506	202	12	15	9	0	6	145	0	5	8	7	12	0	1	7,5	4,6	0,61	42,6	66,5
Brewers Stand	12588	663	45	48	43	33	29	58	0	68	83	73	126	96	7	7,1	5,0	0,70	25,8	45,8
Buket	3279	171	3	63	18	0	13	241	27	8	2	1	16	0	1	10,1	5,3	0,52	25,9	51,1
Bullion	1541	202	16	14	10	0	4	134	0	6	9	7	14	0	1	6,9	4,8	0,70	37,2	54,1
Cascade	3268	298	30	10	15	0	31	240	20	13	25	24	28	0	4	6,1	4,9	0,80	34,5	51,9
Chang bei 1	1359	106	4	3	29	0	23	280	12	11	28	25	25	22	3	5,6	5,2	0,93	29,3	47,8

Sorte	Myrcen	2-M.-isobutyrat	Sub. 14b	Sub. 15	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	Cadinen	Selinadien	Geraaniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	B/ $\alpha$	Columolon	Colupulon
Chang bei 2	1247	11	4	3	28	0	24	264	16	9	21	18	19	23	2	4,7	5,3	1,13	22,7	43,4
College Cluster	459	130	13	5	6	0	4	145	0	5	9	7	11	0	1	6,3	2,2	0,35	23,8	55,5
Columbus	4621	213	14	13	11	4	7	139	0	15	14	10	32	11	1	13,3	5,2	0,39	41,0	64,1
Comet	929	72	10	12	10	0	6	9	0	2	39	39	4	11	1	9,0	4,5	0,50	31,2	52,8
Crystal	652	17	4	4	16	31	18	202	0	12	36	37	15	62	1	4,2	8,1	1,93	27,1	41,5
Density	2047	164	7	5	42	0	30	295	0	11	11	6	20	0	6	4,3	2,9	0,67	28,6	54,6
Early Choice	1938	84	1	34	6	0	8	232	0	7	47	51	14	0	1	3,3	1,8	0,55	21,7	55,9
Eastwell Golding	1160	62	2	6	10	0	6	294	0	7	5	5	16	0	1	7,3	4,8	0,66	26,8	51,0
Emerald	880	60	4	11	5	0	11	325	0	8	4	2	17	0	1	8,2	4,9	0,60	26,7	50,5
Eroica	2545	378	42	65	2	5	7	164	0	6	7	5	14	0	2	9,6	6,5	0,68	37,1	56,1
Estera	1250	119	2	5	16	0	8	286	18	8	4	2	17	0	1	4,7	3,9	0,83	27,4	50,7
First Gold	5346	539	5	19	21	3	17	241	19	7	95	133	20	0	1	8,7	4,3	0,49	33,9	57,9
Fuggle	775	98	5	5	12	0	11	247	10	7	5	2	17	0	1	4,9	3,4	0,69	31,1	50,5
Galena	2933	374	47	92	2	16	13	166	0	7	7	4	15	0	1	9,3	7,0	0,75	40,5	62,6
Ging Dao Do Hua	1877	607	6	4	24	0	20	296	0	20	59	53	47	0	4	6,1	5,3	0,87	39,2	55,0
Glacier	3577	107	9	5	35	0	23	296	0	8	7	4	18	0	0	6,4	8,8	1,38	13,6	39,0
Golden Star	3691	1236	4	6	27	0	15	279	0	20	50	45	48	0	4	6,3	4,9	0,78	37,1	56,1
Granit	756	37	5	5	5	6	16	193	0	6	13	11	13	0	1	8,6	5,5	0,64	28,9	50,2
Green Bullet	3629	258	18	7	20	0	22	305	0	9	12	7	17	0	3	7,9	5,1	0,65	33,5	59,3
Hallertauer Gold	1527	73	20	5	17	0	10	308	0	7	5	3	16	0	2	7,5	5,5	0,73	23,0	44,4
Hallertauer Magnum	4991	143	31	21	7	4	6	302	0	6	4	3	13	0	1	15,1	7,0	0,46	27,7	50,6
Hallertauer Merkur	3183	183	13	7	16	3	5	300	0	7	5	3	15	0	1	14,4	6,8	0,47	22,4	45,8
Hallertauer Mfr.	326	59	1	1	18	0	11	320	0	10	6	3	20	0	0	3,6	4,8	1,33	20,5	37,9

Sorte	Myrcen	2-M.-isobutyrat	Sub. 14b	Sub. 15	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	Cadinen	Selinadien	Geraaniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	B/ $\alpha$	Cohumulon	Colupulon
Hallertauer Taurus	7988	160	19	16	34	0	13	275	0	7	63	65	17	0	2	17,7	5,4	0,31	24,1	50,2
Hallertauer Tradition	920	143	10	3	22	0	17	316	0	8	6	3	18	0	0	6,5	5,3	0,82	24,3	45,9
Harmony	4451	49	7	15	23	0	16	267	0	7	71	97	19	0	2	8,8	8,1	0,92	18,9	36,3
Herald	5124	434	4	103	10	0	26	221	0	5	29	40	14	0	0	10,8	4,6	0,43	37,7	59,1
Herkules	8789	390	92	131	11	0	19	293	0	6	5	4	17	0	2	18,2	6,4	0,35	37,7	55,4
Hersbrucker Pure	1642	98	1	8	27	12	32	201	0	10	33	38	18	52	1	5,4	2,9	0,54	22,6	42,9
Hersbrucker Spät	956	107	7	5	35	24	18	191	0	16	56	53	19	75	2	3,3	7,8	2,36	15,2	32,8
Hüller Anfang	265	89	7	1	17	0	8	322	0	10	7	5	23	0	0	2,6	5,2	2,00	20,2	41,7
Hüller Aroma	496	80	4	2	22	0	7	347	0	9	6	2	22	0	0	3,9	4,5	1,15	26,8	46,8
Hüller Bitter	1110	195	32	4	26	21	21	166	0	56	64	55	92	83	3	4,7	4,0	0,85	26,5	47,1
Hüller Fortschritt	586	50	9	2	21	0	9	331	0	8	6	2	21	0	0	3,6	5,0	1,39	25,0	44,6
Hüller Start	292	74	2	2	13	0	14	348	0	10	7	4	25	0	0	2,6	4,0	1,54	23,4	43,3
Jap. C 730	937	18	11	32	19	0	27	168	18	6	8	4	12	0	3	5,1	3,7	0,73	30,2	52,7
Jap. C 845	886	20	4	10	3	0	4	303	6	4	4	2	16	0	1	12,2	5,0	0,41	23,9	50,5
Kirin 1	1916	620	5	5	18	0	13	301	0	20	45	41	40	0	3	6,2	4,8	0,77	40,2	58,2
Kirin 2	1876	792	7	4	21	0	16	301	0	23	67	61	53	0	4	6,2	5,3	0,85	42,1	56,2
Kitamidori	850	19	4	11	2	0	4	301	9	9	4	2	17	0	1	11,1	4,5	0,41	25,4	41,8
Kumir	2106	81	4	14	19	0	8	300	6	7	3	1	16	0	1	9,9	5,7	0,58	23,9	47,3
Late Cluster	10794	641	38	51	47	17	51	50	4	68	77	65	126	57	5	6,1	4,5	0,74	32,2	51,8
Lubelski	1135	17	5	4	32	0	18	322	26	11	9	5	21	0	3	3,8	6,2	1,63	22,3	41,4
Malling	1367	113	3	6	23	0	10	264	19	9	6	3	18	0	1	3,0	3,5	1,17	22,4	47,0
Marynka	3644	211	4	32	8	7	7	146	87	6	4	3	12	0	1	9,5	4,7	0,49	25,2	50,4
Mt. Hood	150	23	10	1	6	0	10	279	0	10	7	3	19	0	0	4,3	5,4	1,26	22,7	43,8

Sorte	Myrcen	2-M.-isobutyrat	Sub. 14b	Sub. 15	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	Cadinen	Selinadien	Geraaniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/\alpha$	Cohumulon	Colupulon
Neoplanta	1413	73	2	18	6	0	6	216	19	7	3	1	16	0	1	8,0	4,8	0,60	31,3	56,7
Neptun	2017	84	30	6	11	0	4	222	0	7	6	3	17	0	1	13,9	5,5	0,40	24,1	44,5
Northern Brewer	2045	69	2	26	6	0	5	272	0	7	4	3	16	0	1	10,4	5,7	0,55	26,3	51,0
Nugget	2191	118	3	13	11	3	6	184	0	4	8	8	11	0	1	12,1	5,3	0,44	30,7	53,9
NZ Hallertauer	4040	160	4	38	22	0	12	183	24	9	24	24	15	37	3	7,5	8,1	1,08	33,9	49,7
Olympic	2573	151	4	16	11	6	5	183	0	4	8	7	10	0	0	14,3	4,8	0,34	27,7	57,3
Opal	1538	34	14	13	24	0	10	252	0	8	3	7	18	19	1	8,7	6,7	0,77	13,8	30,8
Orion	1492	130	5	7	15	0	9	249	0	8	4	2	17	0	1	9,0	4,7	0,52	29,1	53,7
Outeniqua	2066	49	2	3	5	9	13	250	0	9	52	50	19	0	1	12,8	5,3	0,41	30,4	59,4
PCU 280	1761	48	1	15	4	0	3	281	0	6	3	2	15	0	1	10,9	5,3	0,49	26,8	53,9
Perle	844	60	2	15	4	0	8	302	0	8	4	3	17	0	1	6,5	4,1	0,63	30,2	55,6
Phoenix	2963	199	2	12	7	0	7	246	15	7	54	73	19	0	1	11,6	5,6	0,48	26,6	48,6
Pilgrim	6841	528	6	116	10	0	22	274	0	6	71	97	19	0	2	8,4	4,0	0,48	37,2	58,5
Pioneer	5696	400	3	245	8	3	29	230	0	6	34	47	18	0	1	10,4	4,2	0,40	36,1	58,9
Premiant	2002	81	4	9	19	0	8	298	6	7	4	2	16	0	1	8,1	5,3	0,65	25,1	47,5
Pride of Kent	1525	54	1	4	24	0	7	321	0	8	5	2	18	0	1	6,7	3,4	0,51	25,9	54,4
Pride of Ringwood	2686	105	4	2	7	0	19	27	0	6	119	122	12	0	1	9,0	6,3	0,70	32,7	56,5
Progress	8403	739	54	38	47	19	38	40	0	74	90	80	135	116	6	7,3	4,5	0,62	26,2	48,2
Rubin	2719	238	36	9	11	0	8	253	0	10	73	74	19	1	3	13,5	4,6	0,34	27,6	58,6
Saazer	1438	9	2	5	30	0	26	305	22	10	7	3	20	0	4	2,7	4,4	1,63	23,8	40,9
Saphir	1964	49	5	20	23	7	29	181	0	7	19	23	14	23	3	3,7	7,1	1,92	12,6	40,7
Serebrianker	458	126	3	3	34	0	13	202	0	15	61	57	22	0	2	1,4	5,1	3,64	37,4	41,5
Sirem	680	14	7	5	40	0	25	339	14	15	6	2	25	0	2	4,3	5,7	1,33	27,4	44,4

Sorte	Myrcen	2-M.-isobutyrat	Sub. 14b	Sub. 15	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	Cadinen	Selinadien	Geraiol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/\alpha$	Cohumulon	Colupulon
Sladek	1965	86	4	13	20	0	7	307	8	8	4	2	17	0	1	9,0	5,2	0,58	21,9	46,5
Smaragd	2651	38	13	20	21	0	10	284	0	7	7	14	17	13	2	7,9	6,2	0,78	14,9	30,2
Southern Promise	713	156	6	9	1	0	17	284	0	10	19	17	18	22	1	6,1	5,5	0,90	26,3	53,8
Southern Star	1378	76	6	2	4	0	13	286	29	10	4	2	18	0	1	11,1	6,2	0,56	36,1	60,8
Spalter	1272	8	2	5	28	0	20	300	27	9	7	3	19	0	3	2,3	4,7	2,04	25,8	43,1
Spalter Select	5189	152	17	8	70	28	24	177	47	9	34	43	16	53	0	4,0	4,4	1,10	24,0	42,7
Sterling	1876	86	3	14	10	6	6	188	0	3	8	7	11	0	0	12,9	5,0	0,39	27,1	54,3
Sticklebract	6676	675	26	27	9	0	18	169	23	7	52	56	13	0	3	11,3	7,3	0,65	41,2	65,2
Strisselspalter	1157	64	6	6	18	24	12	184	0	9	31	39	15	41	0	4,0	7,7	1,93	17,8	34,8
Südafrika	508	31	1	1	4	0	15	287	0	9	78	78	21	0	2	4,0	4,3	1,08	32,6	51,3
Super Alpha	5329	422	24	17	29	0	16	276	0	6	5	3	15	0	1	9,4	5,2	0,55	29,7	57,1
Talisman	2136	88	2	32	6	0	6	257	0	7	6	4	16	0	1	9,4	5,6	0,60	27,0	50,0
Tettmanger	1175	11	1	4	25	0	18	307	26	9	6	3	19	0	3	3,3	5,5	1,67	21,3	39,0
Toyomidori	1508	208	15	46	10	0	19	220	0	2	13	9	39	12	2	10,0	4,8	0,48	33,9	61,2
Urozani	1452	21	3	5	62	0	21	271	23	11	25	22	20	27	3	3,5	6,4	1,83	24,3	43,7
USDA 21055	4421	415	6	155	7	0	3	116	43	6	15	16	14	0	2	12,1	5,5	0,45	34,7	60,8
Vojvodina	1945	78	2	22	6	0	10	274	6	7	5	3	16	0	2	7,6	4,2	0,55	28,3	53,3
WFG	906	24	4	5	23	0	20	319	24	12	7	2	25	0	3	4,6	5,5	1,20	26,7	45,7
Willamette	1117	100	1	5	11	0	9	236	20	7	5	2	15	0	1	3,9	3,4	0,87	34,6	53,0
Wye Challenger	2770	230	4	31	17	0	19	276	9	7	52	68	18	0	0	6,1	5,1	0,84	25,2	45,2
Wye Northdown	2392	101	3	8	16	0	5	251	0	7	5	3	15	0	1	8,8	7,0	0,80	28,4	47,8
Wye Target	2735	201	4	11	26	8	16	191	0	17	12	7	36	8	2	10,5	4,4	0,42	34,7	67,6
Wye Viking	3836	218	7	33	18	0	15	209	37	8	48	49	16	0	1	5,8	5,1	0,88	28,2	47,9

Sorte	Myrcen	2-M.-isobutyrat	Sub. 14b	Sub. 15	Linolool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	Cadinen	Selinadien	Geraniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/\alpha$	Columulon	Colupulon
Yeoman	2127	144	9	10	6	0	5	235	0	7	40	51	17	0	1	12,8	5,9	0,46	27,0	51,8
Zatecki	1196	90	2	11	17	0	7	266	17	9	4	1	18	0	1	5,1	4,7	0,92	25,2	46,9
Zenith	1572	45	2	10	16	0	9	282	0	8	84	94	17	0	1	9,3	4,2	0,45	23,4	48,9
Zeus	3449	186	13	11	9	0	7	141	0	16	14	9	34	12	0	12,6	5,0	0,40	39,4	61,3
Zitic	1374	7	2	8	8	3	12	312	8	8	3	1	17	0	2	8,1	6,1	0,75	27,7	47,9
Zlatan	1286	29	7	6	39	0	27	323	19	13	9	4	23	0	2	4,5	5,3	1,18	27,6	46,8

Ätherische Öle=Relativwerte,  $\beta$ -Caryophyllen=100,  $\alpha$ - und  $\beta$ -Säuren in % ltr., Analoga in % der  $\alpha$ - bzw.  $\beta$ -Säuren



## 7.5 Qualitätssicherung bei der $\alpha$ -Säurenbestimmung für die Hopfenlieferungsverträge

### 7.5.1 Ringanalysen zur Ernte 2011

Seit dem Jahr 2000 gibt es bei den Hopfenlieferverträgen eine Zusatzvereinbarung, in der die  $\alpha$ -Säuregehalte Berücksichtigung finden. Der im Vertrag vereinbarte Preis gilt, wenn der  $\alpha$ -Säuregehalt in einem sogenannten Neutralbereich liegt. Wird dieser Neutralbereich über- bzw. unterschritten, gibt es einen Zu- oder Abschlag. Im Pflichtenheft der Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik ist genau festgelegt, wie mit den Proben umgegangen wird (Probenteilung, Lagerung), welche Laboratorien die Nachuntersuchungen durchführen und welche Toleranzbereiche für die Analysenergebnisse zugelassen sind. Auch im Jahr 2011 hatte die Arbeitsgruppe IPZ 5d wieder die Aufgabe, Ringanalysen zu organisieren und auszuwerten, um die Qualität der  $\alpha$ -Säurenanalytik sicherzustellen.

Im Jahr 2011 haben sich folgende Laboratorien an dem Ringversuch beteiligt:

- Hallertauer Hopfenveredlungsgesellschaft (HHV), Werk Au/Hallertau
- NATECO<sub>2</sub> GmbH & Co. KG, Wolnzach
- Hopfenveredlung St. Johann GmbH & Co. KG, St. Johann
- Hallertauer Hopfenveredlungsgesellschaft (HHV), Werk Mainburg
- Hallertauer Hopfenverwertungsgenossenschaft (HVG), Mainburg
- Agrolab GmbH, Oberhummel
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Arbeitsbereich Hopfen, Hüll

Der Ringversuch startete im Jahr 2011 am 06. September und endete am 11. November, da in dieser Zeit der Großteil der Hopfenpartien in den Laboratorien untersucht wurden. Insgesamt wurde der Ringversuch zehnmal (10 Wochen) durchgeführt. Das Probenmaterial wurde dankenswerterweise von Herrn Hörmannspenger (Hopfenring Hallertau) zur Verfügung gestellt. Jede Probe wurde immer nur aus einem Ballen gezogen, um eine größtmögliche Homogenität zu gewährleisten. Jeweils am Montag wurden die Proben in Hüll mit einer Hammermühle vermahlen, mit einem Probenteiler geteilt, vakuumverpackt und zu den einzelnen Laboratorien gebracht. An den darauf folgenden Wochentagen wurde immer eine Probe pro Tag analysiert. Die Analysenergebnisse wurden eine Woche später nach Hüll zurückgegeben und dort ausgewertet. Im Jahr 2011 wurden insgesamt 38 Proben analysiert.

Die Auswertungen wurden so schnell wie möglich an die einzelnen Laboratorien weitergegeben. Die Abb. 7.9 zeigt eine Auswertung als Beispiel, wie ein Ringversuch im Idealfall aussehen sollte. Die Nummerierung der Laboratorien (1-7) entspricht nicht der obigen Zusammenstellung. Die Berechnung der Ausreissertest erfolgt gemäß DIN ISO 5725. Innerhalb der Laboratorien wurde der Cochran-Test und zwischen den Laboratorien der Grubbs-Test gerechnet.

**Nr. 29: HHE (26.10.2011)**

Labor	KW		mittel	s	cvr
1	4,61	4,68	4,65	0,049	1,1
2	4,61	4,66	4,64	0,035	0,8
3	4,56	4,56	4,56	0,000	0,0
4	4,60	4,69	4,65	0,064	1,4
5	4,53	4,53	4,53	0,000	0,0
6	4,50	4,56	4,53	0,042	0,9
7	4,59	4,58	4,59	0,007	0,2

<b>mean</b>	4,59
<b>sr</b>	0,037
<b>sL</b>	0,045
<b>sR</b>	0,058
<b>vkr</b>	0,81
<b>vkR</b>	1,27
<b>r</b>	0,10
<b>R</b>	0,16
<b>Min</b>	4,50
<b>Max</b>	4,69

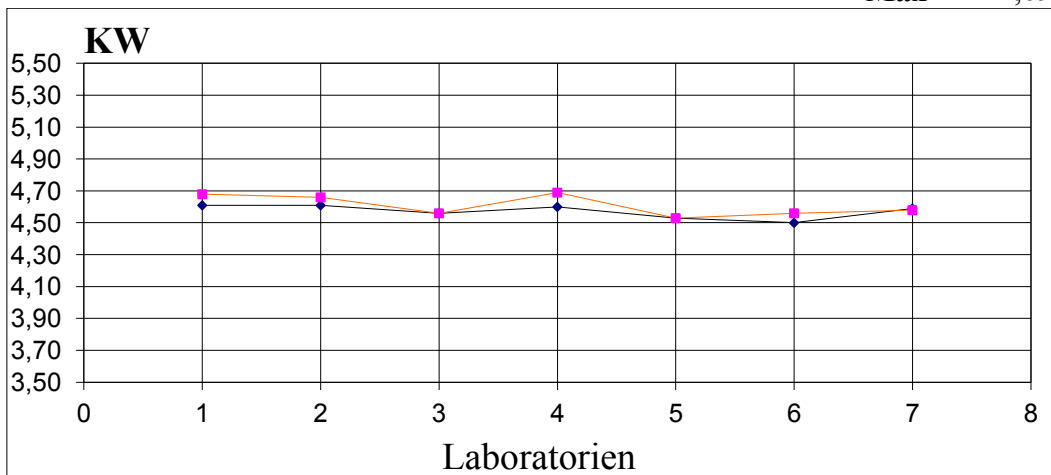


Abb. 7.9: Auswertung einer Ringanalyse

In der Tab. 7.5 sind die Ausreißer des Jahres 2011 zusammengestellt

Tab. 7.5: Ausreißer des Jahres 2011.

Probe	Cochran		Grubbs	
	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,05$
12	1	1		
14	1	1		
23				1
33		1		1
<b>Gesamt:</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>2</b>

Die Tab. 7.6 zeigt die aus der Methodensammlung der European Brewery Convention (EBC 7.4, konduktometrische Titration) abgeleiteten Toleranzgrenzen (d kritisch, Schmidt, R., NATECO<sub>2</sub>, Wolnzach) und deren Überschreitungen in den Jahren 2000 bis 2011.

Tab. 7.6: Toleranzgrenzen der Methode EBC 7.4 und deren Überschreitungen in den Jahren 2000 bis 2011

	bis 6,2 % $\alpha$ -Säuren	6,3 % - 9,4 % $\alpha$ -Säuren	9,5 % - 11,3 % $\alpha$ -Säuren	ab 11,4 % $\alpha$ -Säuren
d kritisch	+/-0,3	+/-0,4	+/-0,5	+/-0,6
Bereich	0,6	0,8	1,0	1,2
Überschreitungen				
im Jahr 2000	0	3	0	3
im Jahr 2001	2	1	0	2
im Jahr 2002	4	4	2	4
im Jahr 2003	1	1	1	0
im Jahr 2004	0	0	0	4
im Jahr 2005	1	0	1	3
im Jahr 2006	2	0	1	0
im Jahr 2007	1	0	0	0
im Jahr 2008	2	0	0	6
im Jahr 2009	3	2	0	4
im Jahr 2010	0	0	0	1
Im Jahr 2011	1	0	0	1

Im Jahr 2011 gab es insgesamt 2 Überschreitungen der zugelassenen Toleranzgrenzen. In Abb. 7.10 sind alle Analyseergebnisse für jedes Labor als relative Abweichungen zum Mittelwert (= 100 %) differenziert nach  $\alpha$ -Säuregehalten <5 %,  $\geq$ 5 % und <10 % sowie  $\geq$ 10 % zusammengestellt. Aus dieser Grafik kann man sehr gut erkennen, ob ein Labor tendiert zu hohe oder zu tiefe Werte zu analysieren.

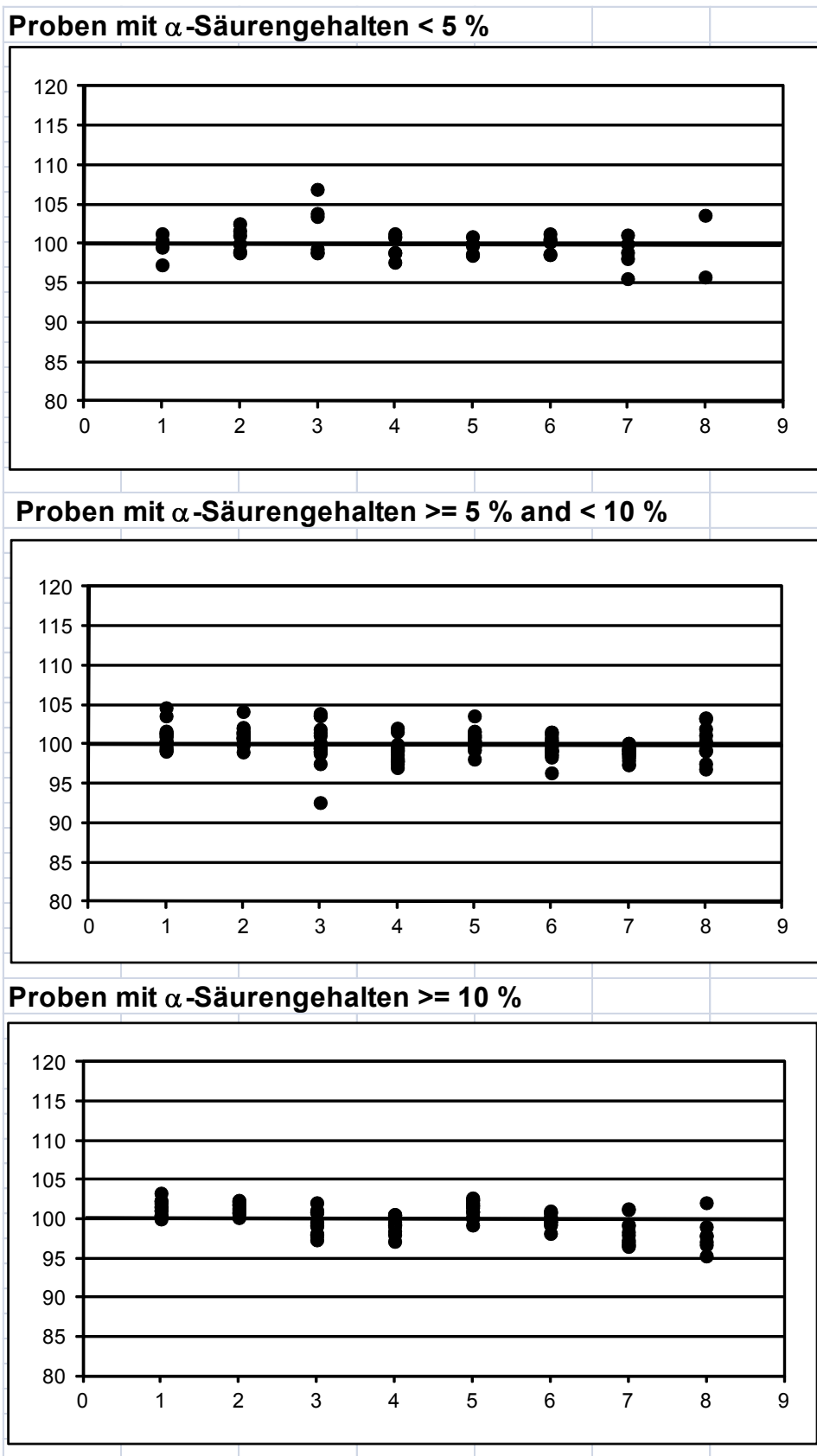


Abb. 7.10: Analysenergebnisse der Laboratorien relativ zum Mittelwert

Das Hüller Labor hat die Nummer 5.

## 7.5.2 Auswertung von Kontrolluntersuchungen

Zusätzlich zu den Ringversuchen werden seit dem Jahr 2005 Kontrolluntersuchungen durchgeführt, die die Arbeitsgruppe IPZ 5d auswertet und dann die Ergebnisse an die beteiligten Laboratorien sowie an den Hopfenpflanzler- und Hopfenwirtschaftsverband weitergibt. Ein Erstuntersuchungslabor wählt drei Proben pro Woche aus, die dann gemäß des Pflichtenhefts der AHA von drei verschiedenen Laboratorien analysiert werden. Der Erstuntersuchungswert gilt, wenn der Mittelwert der Nachuntersuchung und der Erstuntersuchungswert innerhalb der Toleranzgrenzen (Tabelle 7.7) liegen. Die Tab. 7.7 zeigt die Ergebnisse des Jahres 2011. Seit dem Jahr 2005 wurden bisher alle Erstuntersuchungswerte bestätigt.

Tab. 7.7: Kontrolluntersuchungen des Jahres 2011

Proben- bezeichnung	Erstuntersuchungs- labor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
KW 36 HHT	HHV Au	7,3	7,2	7,2	7,5	7,30	ja
KW 36 HPE 1	HHV Au	10,7	10,5	10,6	10,9	10,67	ja
KW 36 HPE 2	HHV Au	11,1	10,9	11,0	11,1	11,00	ja
KW 37 HTU	NATECO2 Wolnzach	15,7	15,8	15,9	15,9	15,87	ja
KW 37 HPE	NATECO2 Wolnzach	9,0	9,1	9,2	9,3	9,20	ja
KW 37 HHM	NATECO2 Wolnzach	14,7	14,9	15,0	15,0	14,97	ja
HHM 1 - KW 38	HVG Mainburg	15,5	15,4	15,6	15,8	15,60	ja
HHM 2 - KW 38	HVG Mainburg	15,5	15,3	15,4	15,6	15,43	ja
HPE - KW 38	HVG Mainburg	11,2	11,0	11,1	11,1	11,07	ja
KW 39 HZE	HHV Au	13,1	12,9	13,2	13,3	13,13	ja
KW 39 HMR	HHV Au	15,7	15,3	15,7	15,9	15,63	ja
KW 39 HHM	HHV Au	15,2	14,9	15,3	15,3	15,17	ja
QK 11/003135 EHM	NATECO2 Wolnzach	15,8	15,9	15,9	16,0	15,93	ja
QK 11/0031356 HHS	NATECO2 Wolnzach	17,9	18,2	18,2	18,3	8,23	ja
QK 11/003134 EHM	NATECO2 Wolnzach	13,9	13,7	13,8	14,0	13,83	ja
HPE-KW 41	HVG Mainburg	10,3	10,0	10,0	10,1	10,03	ja
HHS 1-KW 41	HVG Mainburg	18,8	18,6	18,6	18,9	18,70	ja
HHS 2-KW 41	HVG Mainburg	17,5	17,2	17,3	17,4	17,30	ja
KW 42 HPE	HHV Au	8,5	8,6	8,6	8,8	8,67	ja
KW 42 HHM	HHV Au	14,0	13,9	14,0	14,2	14,03	ja
KW 42 HTU	HHV Au	16,8	16,7	6,8	16,9	16,80	ja
KW 43 QK 4095 HTU	NATECO2 Wolnzach	17,1	17,0	17,1	17,3	17,13	ja
KW 43 QK 4097 HHM	NATECO2 Wolnzach	16,8	16,5	16,7	16,8	16,67	ja
KW 43 QK 4101 HHM	NATECO2 Wolnzach	14,1	13,7	14,0	14,3	14,00	ja
HPE-KW 44	HVG Mainburg	10,3	10,1	10,3	10,3	10,23	ja
HHM-KW 44	HVG Mainburg	13,5	13,2	13,3	13,6	13,37	ja
HTU-KW 44	HVG Mainburg	17,7	17,4	17,5	17,9	17,60	ja

## 7.6 Herstellung von reinen $\alpha$ -Säuren und deren ortho-Phenylendiamin-Komplexen zur Überprüfung und Kalibrierung der HPLC-Standards

Im Herbst 2010 wurde von der AHA der internationale Kalibrierextrakt ICE 3 eingeführt. Das Hüller Labor hatte dabei die Aufgabe,  $\alpha$ -Säuren in möglichst hoher Reinheit (>98 %) herzustellen, die für dessen Kalibrierung und Überprüfung als Standard benötigt werden. Die Stabilität des Kalibrierextrakts wird zweimal im Jahr von den AHA-Laboratorien überprüft. Aus einem CO<sub>2</sub>-Extrakt mit einem hohen  $\alpha$ -Säuregehalt wird zunächst durch Umsetzung mit ortho-Phenylendiamin der ortho-Phenylendiamin-Komplex dargestellt (Abb. 7.11).

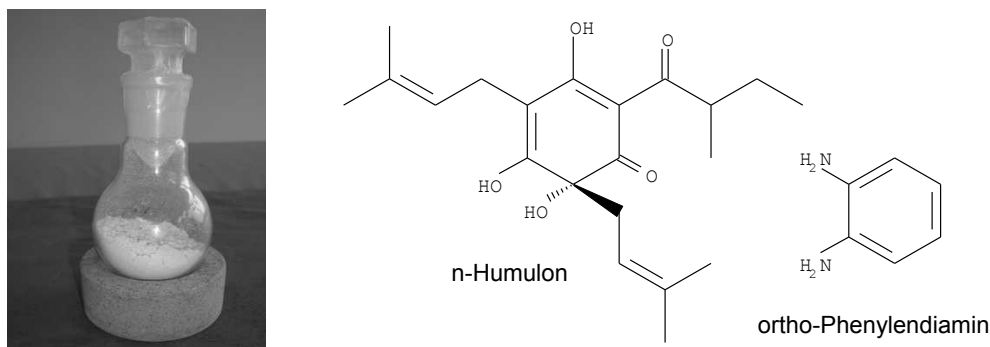


Abb. 7.11: ortho-Phenylendiamin-Komplex und dessen chemische Struktur

Dieser Komplex kann durch mehrfache Umkristallisation aufgereinigt werden. Aus dem Komplex werden dann die reinen  $\alpha$ -Säuren freigesetzt. Es hat sich herausgestellt, dass der Komplex selbst sehr stabil ist und als Standard für die ICE Überprüfungen benutzt werden kann.

## 7.7 Analytische Charakterisierung der „Flavor-Hops“

Bisher werden Hopfen in Bittersorten und Aromasorten eingeteilt. Bittersorten haben einen hohen Gehalt an Alpha-Säuren und Aromasorten zeichnen sich durch ein feines Aroma aus. In der Craft Brewers Szene hat sich in den letzten Jahren jedoch auch ein neuer Begriff zur Charakterisierung von Hopfensorten herauskristallisiert, die sogenannten „Flavor Hops“. Unter diesen versteht man Hopfen, die sich in ihren Aromaprofilen deutlich von konventionellen Hopfen unterscheiden. Sie weisen zum Teil exotische und hopfenuntypische Aromen auf, die meistens in fruchtige und zitrusartige Noten gehen. Auch können „Flavor Hops“ durchaus einen hohen Alpha-Säuregehalt haben. Geübte Parfümeure können Hopfenaromen sehr detailliert beschreiben. Eine Einteilung in sieben Aromabeschreibungen ist jedoch für die Charakterisierung von Hopfensorten gut geeignet. Die Tab. 7.8 zeigt die Aromaprofile und die dafür verantwortlichen chemischen Substanzen. Es können sicher noch einige Substanzen hinzugefügt und ergänzt werden.

Tab. 7.8: Beschreibung des Hopfenaromas und der dazugehörigen Aromakomponenten

<b>fruchtig</b>	<b>blumig</b>	<b>zitrusartig</b>	<b>Kräuter/Gemüse</b>
Isobutyl.-isobutyrat	Linalool	Limonen	$\alpha$ -Pinen
Isoamyl-acetat	2-Decanon	Citronellol	$\beta$ -Phellandren (*)
2-Methylbutyl-isobutyrat	2-Undecanon	Citral (*)	$\beta$ -Pinen
2-Methylbutyl-2-Methylbutyrat	Tridecanon	p-Cymen (*)	$\beta$ -Selinen
Oenanthsäuremethylester	Pentadecanon	Citronellal (*)	$\alpha$ -Selinen
Methyl-6-Methylheptanoat	Geraniol		Cadinen
2-Nonanon	Farnesol (*)		Selinadien
4-Decensäuremethylester	Nerol (*)		
4,8-Decadiensäuremethylester	Geranyl-acetat (*)		
<b>Gewürze/Holz</b>	<b>Gras, Heu</b>	<b>Off-Flavor</b>	
Myrcen	Hexanal (*)	Dimethylsulfid	
$\alpha$ -Copaen (*)			
$\beta$ -Caryophyllen			
Humulen			
Caryophyllenoxid			
Eudesmol (*)			

(\*) wird noch zur Analytik hinzugefügt

Wenn man die Ölkomponenten, analysiert mit Headspace Gaschromatographie, nach der Tab. 7.8 zusammenstellt, kann man einzelne Hopfensorten hinsichtlich ihrer Aromaausprägung sehr gut vergleichen. Die Abb. 7.12 zeigt einige Hopfensorten im Vergleich zu Zuchtstämmen. Die analytischen Ergebnisse entsprechen der sensorischen Bewertung. Der Zuchtstamm 2007/019/008 ist der mit Abstand am intensivsten olfaktorisch wahrnehmbare.

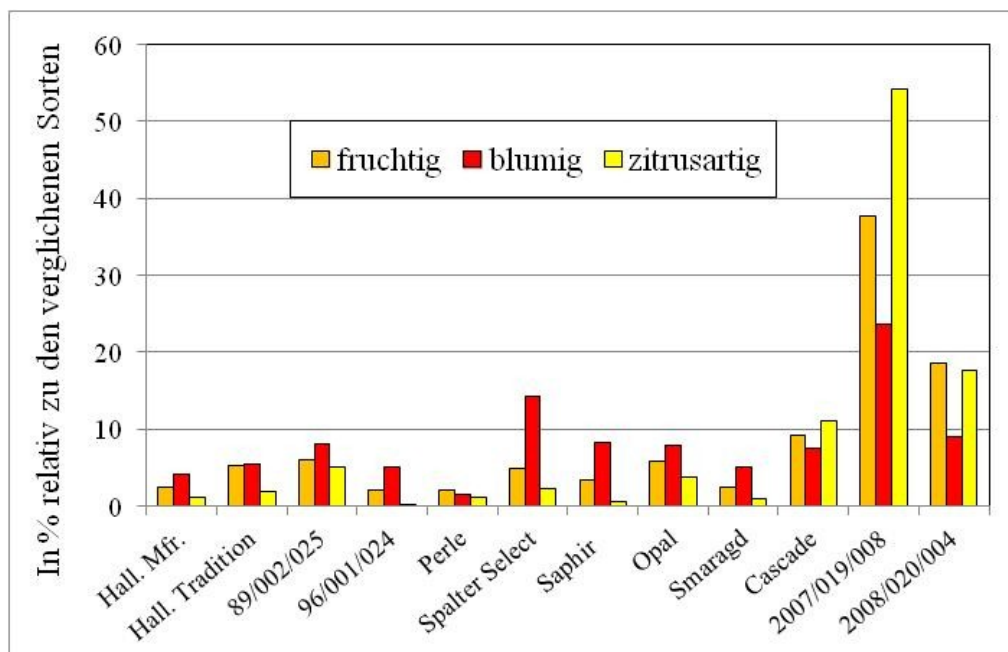
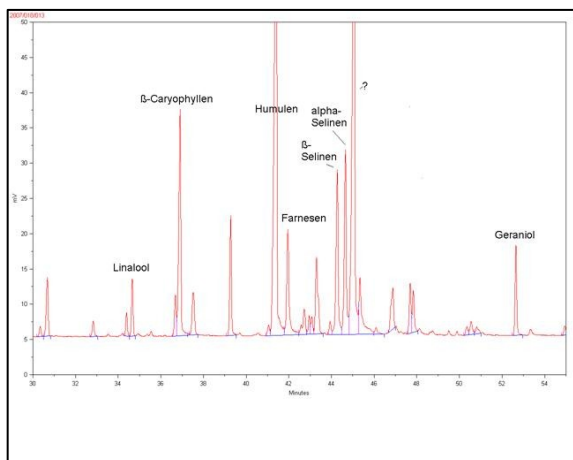


Abb. 7.12: Aromaprofile von Hopfensorten und Zuchtstämmen

Die Ölspektren der Flavor-Hops unterscheiden sich teilweise beträchtlich von traditionellen Hopfen. Es treten auch neue Substanzen auf, die noch mit Hilfe eines Massenspektrometers identifiziert werden sollten (Abbildung 7.13).

Zuchtstamm 2007/018/013



Zuchtstamm 2008/059/003

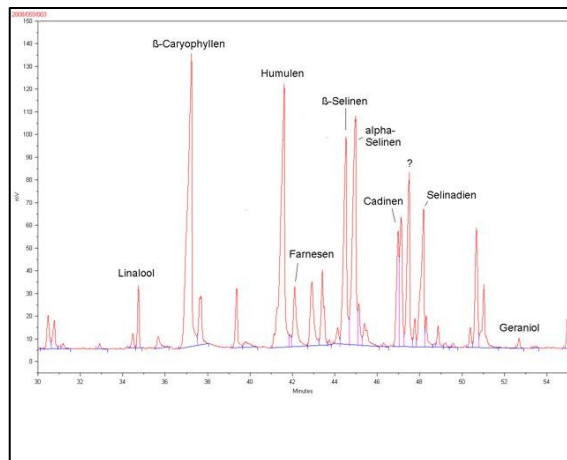


Abb. 7.13: Neue Aromakomponenten von Flavor-Hops

Beim Zuchtstamm 2007/018/013 eluiert nach  $\beta$ - und  $\alpha$ -Selinen eine unbekannte Substanz, die mehr als 5 % des Gesamtöls beträgt. Auch beim Zuchtstamm 2008/059/003 ist zwischen Cadinen und Selinadien eine unbekannte Substanz vorhanden, die bereits bei den Sorten Smaragd und Opal sehr ausgeprägt ist.

## 7.8 Kontrolle der Sortenechtheit

Die Überprüfung der Sortenechtheit für die Lebensmittelüberwachungsbehörden als Amtshilfe ist eine Pflichtaufgabe der Arbeitsgruppe IPZ 5d.

Sortenüberprüfungen für die Lebensmittel-	29
überwachungsbehörden (Landratsämter)	
davon Beanstandungen	0



## 8 Veröffentlichungen und Fachinformationen

### 8.1 Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit

	Anzahl		Anzahl
Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge	40	Führungen	68
LfL-Schriften	4	Ausstellungen und Poster	5
Pressemitteilungen	1	Aus- und Fortbildung	21
Beiträge in Rundfunk und Fernsehen	2	Diplomarbeiten	-
Tagungen, Fachveranstaltungen und Seminare	14	Mitarbeit in Arbeitsgruppen	16
Vorträge	61	Ehrungen	2
Ausländische Gäste	312		

### 8.2 Veröffentlichungen

#### 8.2.1 Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge

Drofénigg, K., Zachow, C., Berg, G., Radišek, S., Seigner, E., Seefelder, S. (2011): Development of a rapid molecular in-plant test for the detection of *Verticillium* pathotypes in hops and strategies for prevention of wilt. Proceedings of the Scientific Commission, International Hop Growers' Convention, Poland, ISSN 1814-2192, 98-100.

Engelhard, B., Weihrauch, F. (2011): Nachhaltige Optimierung der Bekämpfung von Blattläusen (*Phorodon humuli*) im Hopfen (*Humulus lupulus*) durch Bekämpfungsschwellen und Züchtung Blattlaus-toleranter Hopfensorten. Abschlussbericht des Forschungsprojektes im Auftrag der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück. 46 pp.

Kammhuber, K. (2011): Differentiation of the world hop collection by means of the low molecular polyphenols. Proceedings of the Scientific Commission, International Hop Growers' Convention, Poland, ISSN 1814-2192, 61-64.

Kammhuber, K. (2011): Ergebnisse von Kontroll- und Nachuntersuchungen für Alphaverträge der Ernte 2010, Hopfen-Rundschau, Nummer 8, August 2011, 217-218

Lutz, A., Kammhuber, K., Hainzmaier, M., Kneidl, J., Petzina, C., Wyschkon, B. (2011): Bonitierung und Ergebnisse für die Deutsche Hopfenausstellung 2011. Hopfenrundschau 62 (11), 316-319.

Lutz, A., Kneidl, J., Seefelder, S., Kammhuber, K., and Seigner, E. (2011): Trends in hop breeding – new aroma and bitter qualities at the Hop Research Center Huell. Proceedings of the Scientific Commission, International Hop Growers' Convention, Poland, ISSN 1814-2192, 14.

Niedermeier, E. (2011): Pflanzenstandsbericht. Hopfen Rundschau 62 (5), 138.

Niedermeier, E. (2011): Pflanzenstandsbericht. Hopfen Rundschau 62 (6), 160.

Niedermeier, E. (2011): Pflanzenstandsbericht. Hopfen Rundschau 62 (7), 187.

Niedermeier, E. (2011): Pflanzenstandsbericht. Hopfen Rundschau 62 (8), 218.

- Niedermeier, E. (2011): Pflanzenstandsbericht. Hopfen Rundschau 62 (9), 259.
- Oberhollenzer, K., Seigner, E., Lutz, A., Eichmann, R., Hückelhoven, R. (2011): Resistance mechanisms of different hop genotypes to hop powdery mildew. Proceedings of the Scientific Commission, International Hop Growers' Convention, Poland, ISSN 1814-2192, 21-24.
- Portner, J. (2011): Aktuelle Hopfenbauhinweise. Hopfenbau-Ringfax Nr. 2; 4; 7; 9; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 29; 30; 31; 32; 33; 35; 36; 37; 40; 41; 42; 43; 45; 46; 47; 52; 53; 54; 56; 57
- Portner, J. (2011): Nährstoffvergleich bis 31. März erstellen! Hopfen Rundschau 62 (3), 78.
- Portner, J. (2011): Nmin-Untersuchung in Hopfen und anderen Ackerkulturen; Hopfen Rundschau 62 (3), 81.
- Portner, J. (2011): Gezielte Stickstoffdüngung des Hopfens nach DSN (Nmin). Hopfen Rundschau 62 (3), 81-82.
- Portner, J., Brummer, A. (2011): Nmin-Untersuchung 2011. Hopfen Rundschau 62 (5), 125-126.
- Portner, J. (2011): Zwischenfruchteinsaat im Hopfen für KuLaP-Betriebe spätestens am 30. Juni! Hopfen Rundschau 62 (5), 142.
- Portner, J. (2011): Zwischenfruchteinsaat im Hopfen für KuLaP-Betriebe spätestens bis 30. Juni vornehmen! Hopfen Rundschau 62 (6), 161.
- Portner, J. (2011): Peronosporabekämpfung. Hopfen Rundschau 62 (6), 162.
- Portner, J. (2011): Kostenfreie Rücknahme von Pflanzenschutz-Verpackungen PAMIRA 2011. Hopfen Rundschau 62 (8), 198.
- Portner, J. (2011): Rebenhäcksel bald möglichst ausbringen! Hopfen. Rundschau 62 (8), 212.
- Portner, J., Dr. Kammhuber, K. (2011): Fachkritik zur Moosburger Hopfenschau 2011. Hopfen Rundschau 62 (10), 282-286.
- Portner, J. (2011): Aktuelles zum Pflanzenschutz und Termine. Hopfenring-Information v. 28.07.2011, 1-2.
- Portner, J. (2011): Fortbildungsveranstaltungen; KuLaP-Förderung; Flächenzu- und abgänge melden. Hopfenring-Information v. 04.11.2011, 1-2.
- Portner, J. (2011): Hopfentechnologie aus der Hallertau beispiellos – Hop Technology from the Hallertau peerless. Hopfenrundschau – International Edition of the German Hop Growers Magazine 2011/2012, 52-56.
- Schwarz, J., Engelhard, B., Lachermaier, U., Weihrauch, F. (2011): Efficacy of entomopathogenic nematodes and fungi on larvae of Alfalfa snout weevil *Otiiorhynchus ligustici* in semi-field trials in hops. DgaaE-Nachrichten 25 (2): 70
- Schwarz, J., Engelhard, B., Lachermaier, U., Weihrauch, F. (2011): Efficacy of entomopathogenic nematodes and fungi on larvae of alfalfa snout weevil *Otiiorhynchus ligustici* in semi-field trials in hops. In: Herz, A., Ehlers, R.-U. (eds), Report on the 29th Annual Meeting of the Working Group "Beneficial Arthropods and Entomopathogenic Nematodes": 80-81. Journal of Plant Diseases and Protection 118 (2): 80-85
- Seefelder, S., Drofenigg, K., Seigner, E., Niedermeier, E., Berg, G., Javornik, B., Radisek, S. (2011): Investigations about occurrence and characterization of different strains of hop wilt (*Verticillium* spp.) to develop a control strategy against this pathogen. Proceedings 33rd Congress European Brewery Convention.
- Seefelder, S., Drofenigg, K., Seigner, E., Niedermeier, E., Berg, G., Javornik, B., Radišek, S. (2011): Studies of *Verticillium* wilt in hops. Proceedings of the Scientific Commission, International Hop Growers' Convention, Poland, ISSN 1814-2192, 97.
- Seigner, E. (2011): Welthopfenartenliste des Internationalen Hopfenbaubüros 2010. Hopfenrundschau 62 (1), 12-20.
- Seigner, E. (2011): Bericht zur Tagung der Wissenschaftlichen Kommission des IHB in Lublin, Polen. [http://www.lfl.bayern.de/ipz/hopfen/10585/sc\\_2011\\_kurzbericht.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ipz/hopfen/10585/sc_2011_kurzbericht.pdf)
- Seigner, E. (2011): Report on the meeting of the Scientific Commission of the I.H.G.C. in Poland. [http://www.lfl.bayern.de/ipz/hopfen/10585/sc\\_2011\\_report\\_english.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ipz/hopfen/10585/sc_2011_report_english.pdf)
- Seigner, E. (2011): Hop stunt viroid-Monitoring. Hopfenrundschau 62 (5), 125.

Seigner, E. (2011): Hopfenforscher der LfL zum Wissensaustausch in Polen. Hopfenrundschau 62 (7), 184-185.

Seigner, E. (2011): Hopfenforscher zum Wissensaustausch in Polen – Hop Researchers meet in Poland for Information Exchange. Hopfenrundschau – International Edition of the German Hop Growers Magazine 2011/2012, 46-47.

Strumpf, T., Engelhard, B., Weihrauch, F., Riepert, F., Steindl, A. (2011): Erhebung von Kupfergesamtgehalten in ökologisch und konventionell bewirtschafteten Böden. Teil 2: Gesamtgehalte in Böden deutscher Hopfenanbaugebiete. Journal für Kulturpflanzen 63 (5): 144-155

Weihrauch, F. (2011): The significance of Brown and Green Lacewings as aphid predators in the special crop hops (Neuroptera: Hemerobiidae, Chrysopidae). Abstracts, DgaaE-Entomologentagung vom 21.-24. März 2011 in Berlin: 196

Weihrauch, F., Schwarz, J. (2011): Monitoring of click beetles with the use of pheromone traps in hop yards of the Hallertau. In: Ehlers, R.-U., N. Crickmore, J. Enkerli, I. Glazer, M. Kirchmair, M. Lopez-Ferber, S. Neuhauser, H. Strasser, C. Tkaczuk & M. Traugott (eds), Insect Pathogens and Entomopathogenic Nematodes. Biological Control in IPM Systems. IOBC wprs Bulletin 66: 548

Weihrauch, F., Schwarz, J., Sterler, A. (2011): Downy mildew control in organic hops: How much copper is actually needed? Proceedings of the Scientific Commission of the International Hop Growers' Convention, Lublin, Polen, 19-23 June 2011: 76-79

### 8.2.2 LfL-Schriften

Name	Arbeitsgruppe	LfL-Schriften	Titel
Engelhard, B., Lutz, A., Seigner, E.	IPZ 5	LfL-Information	Hopfen für alle Biere der Welt
Engelhard, B., Kammhuber, K., Lutz, A., Lachermeier, U., Bergmaier, M.	IPZ 5	LfL-Schriftenreihe	Blattentwicklung und Ertragsaufbau wichtiger Hopfensorten
Engelhard, B., Portner, J., Seigner, E., Lutz, A., Schwarz, J., Seefelder, S., Kammhuber, K., Weihrauch, F.	IPZ 5	LfL-Information	Jahresbericht 2010 – Sonderkultur Hopfen
Portner, J.	IPZ 5a	„Grünes Heft“	Hopfen 2011

### 8.2.3 Pressemitteilungen

Autor(en), Arbeitsgruppe	Titel
Seigner, E., IPZ 5c	Hopfenforscher der LfL zum Wissensaustausch in Polen

### 8.2.4 Beiträge in Rundfunk und Fernsehen

Name /AG	Sendetag	Thema	Titel der Sendung	Sender
Münsterer, J./ IPZ 5a	10.05.2011	Auswirkungen der aktuellen Trockenheit auf Hopfen		IN TV
Portner, J., Seigner, E. IPZ 5a/c	01.08.2011	Angewandte Forschung am Beispiel des Hopfenforschungszentrums Hüll	Bayernmagazin	Bayer. Rundfunk, Bayern1

## 8.3 Tagungen, Vorträge, Führungen, Ausstellungen

### 8.3.1 Tagungen, Fachveranstaltungen und Seminare

Veranstaltet durch	Datum /Ort	Thema	Teilnehmer, Anzahl
Münsterer, J. IPZ 5a	17.01.2011 Wolnzach	Seminar: Neueste Erkenntnisse zur Hopfentrocknung	34 Hopfenpflanzer
Münsterer, J. IPZ 5a	18.01.2011 Wolnzach	Seminar: Optimale Konditionierung von Hopfen	22 Hopfenpflanzer
Münsterer, J. IPZ 5a	01.02.2011 Wolnzach	Hinweise zur Optimierung der Konditionierung	18 Hopfenpflanzer
Münsterer, J. IPZ 5a	08.02.11 Wolnzach	Workshop Bandrockner	10 Hopfenpflanzer
Münsterer, J. IPZ 5a	10.02.11 Wolnzach	Workshop Bewässerungssteuerung	12 Hopfenpflanzer
Portner, J. IPZ 5a	15.03.11 Hüll	Besprechung „Grünes Heft“	Kollegen aus Hopfenforschungseinrichtungen in D
Schätzl, J. IPZ 5a	12.05.11; 25.05.11; 08.06.11; 15.06.11; 29.06.11; 13.07.11; 27.07.11; 10.08.11; Hüll, Wolnzach, Rohrbach, Geisenfeld	Erfahrungsaustausch und Schulungen	Ringbetreuer und Ringfachberater
Seigner, E., IPZ 5c	19.-23.06.2011, Lublin, Polen	Tagung der Wissenschaftlichen Kommission des Internationalen Hopfenbaubüros	Hopfen-Wissenschaftler (52 aus 13 Nationen)
Doleschel, P., IPZ-L	19.07.2011 Langlau	HVG e.G. Beiratssitzung	Mitglieder, Fachbetreuer, Gäste; 40 TN
Doleschel, P., IPZ-L	25.08.2011 Niederlauerbach	Niederlauerbacher Hopfentag	Hopfenpflanzer, Berater, Firmenvertreter; 100 TN
Doleschel, P., IPZ-L	01.09.2011 Raum Hallertau	Hopfenrundfahrt und Pflanzenschutztagung	Politik, Fachverwaltung, Verbandsvertreter, Hopfenpflanzer; ca. 200 TN
Portner, J. IPZ 5a	13.09.11 Moosburg	Hopfenbonitierung für die Moosburger Hopfenschau	20 Mitglieder der Bonitierungskommission
Lutz, A., IPZ 5c, Kammhuber, K., IPZ 5d	05.10.2011 Hüll	Hopfenbonitur für VLB-Ausstellung Berlin	Hopfenexperten der Brauwirtschaft, -wissenschaft, des Hopfenhandels, des Hopfenpflanzerverbandes; Hopfenberatung; F. Rothmeier, stellvertr. Landrat Pfaffenhofen (21 TN)
Kammhuber, K., IPZ 5d	08.-09.12.2011 Hüll	Besprechung Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik	Laborleiter der Hopfenverarbeitungswerke, VLB, TUM Weihenstephan, 12 TN

### 8.3.2 Vorträge

AG	Name	Thema/Titel	Veranstalter/ Besucher	Datum /Ort
IPZ 5a	Münsterer, J.	Optimierung der Hopfentrocknung durch das richtige Verhältnis der Trocknungsparameter	Hopfenpflanzerverband Tettngang / 80 TN	25.01.2011 Tettngang
IPZ 5a	Münsterer, J.	Hopfentrocknung: Dimensionierung, Optimierung, Automatisierung	Hopfenbautagung / AELF Abensberg	26.01.2011 Elsendorf
IPZ 5a	Münsterer, J.	Optimierung der Hopfentrocknung durch das richtige Verhältnis der Trocknungsparameter	Hopfenring / 420 Hopfenpflanzler	11.01.- 07.02.2011 9 Orte
IPZ 5a	Münsterer, J.	Auswertungsversammlung Hopfen-schlagkartei	AK Hopfen/ 18 betei- ligte Hopfenpflanzler	22.02.2011 Haunsbach
IPZ 5a	Münsterer, J.	Auswertungsversammlung Hopfen-schlagkartei	IGN/ 40 beteiligte Hop- fenpflanzler	23.02.2011 Niederlau- terbach
IPZ 5a	Münsterer, J.	Auswertungsversammlung Hopfen-schlagkartei	AK Schlagkartei/ 8 betei- ligte Hopfenpflanzler	24.02.2011 Wolnzach
IPZ 5a	Niedermeier, E.	Hopfen: Düngung mit Haupt- und Spurennährstoffen	Fa. Barth/ 13 Mitarbeiter	22.02.2011 Mainburg
IPZ 5a	Niedermeier, E.	Hopfen: Aktueller Pflanzenschutz	Hopfenpflanzler-Gruppe / 11 TN	11.04.2011 Wolnzach
IPZ 5a	Niedermeier, E.	Aktueller Pflanzenschutz	IGN / 23 TN	01.06.2011 Niederlau- terbach
IPZ 5a	Niedermeier, E.	Maßnahmen nach Hagelschlag	HVH / ca. 70 TN	20.06.2011 Koppenwall
IPZ 5a	Niedermeier, E.	Welke: Stand der Forschung und Wege der Bekämpfung	Hopfenpflanzerverband Elbe-Saale / Hopfen- pflanzler, Behörden, Organisationen, 56 TN	30.11.2011 Grimma /Höfgen
IPZ 5a	Niedermeier, E.	Welke: Stand der Forschung und Wege der Bekämpfung; Strategien zu Virus	HR/ ISO-zertifizierte Betr. / 75 TN	8.12.2011 Aiglsbach
IPZ 5a	Niedermeier, E.	Alte und neue Versuchsergebnisse zur Düngung und dessen Einfluss auf den Welkebefall	Arbeitskreis „Unter- nehmensführung Hop- fen / 9 TN	15.12.2011 Haunsbach
IPZ 5a	Portner, J.	Kosten der Hopfentrocknung in Ab- hängigkeit von Trocknungsleistung und Technisierungsgrad	ÄELF LA u. AB / 100 Hopfenpflanzler u. Gäste	26.01.2011 Elsendorf
IPZ 5a	Portner, J.	Aktuelles zur Produktionstechnik	BayWa / 20 Mitarbeiter	08.02.2011 Mainburg
IPZ 5a	Portner, J.	Aktuelles zur Produktionstechnik	Beiselen GmbH / 25 TN von Landhandelsfirmen	21.02.2011 Mainburg
IPZ 5a	Portner, J.	Aktuelles zur Produktionstechnik	LfL u. ÄELF/ 555 Hop- fenpflanzler u. Gäste	23.02.- 04.03.2011 9 Orte
IPZ 5a	Portner, J.	Aktuelle Zulassungssituation von Pflanzenschutzmitteln im Hopfen	DHWV u. HVH/ Landhandel, BayWa u. PS-Industrie /25 TN	27.05.2011 Mainburg

<b>AG</b>	<b>Name</b>	<b>Thema/Titel</b>	<b>Veranstalter/ Besucher</b>	<b>Datum /Ort</b>
IPZ 5a	Portner, J.	Aktuelles zum Pflanzenschutz	AELF Roth 40 Hopfenpflanzer	15.07.2011 Spalt
IPZ 5a	Portner, J.	Ordnungsgemäßer Zwischenfruchtanbau im Hopfen unter dem Aspekt Erosionsschutz	LfL 40 TN	03.08.2011 Niederlauterbach
IPZ 5a	Portner, J.	Ordnungsgemäßer Zwischenfruchtanbau im Hopfen unter dem Aspekt Erosionsschutz	LfL 75 TN	04.08.2011 Aiglsbach und Niederlauterbach
IPZ 5a	Portner, J.	Aktuelle Pflanzenschutzprobleme und mögliche Lösungen im Hopfenbau	HVH 60 TN	01.09.2011 Bad Gögging
IPZ 5a	Portner, J.	Fachkritik Hopfen 2011	Stadt Moosburg 150 Gäste	15.09.2011 Moosburg
IPZ 5a	Schätzl, J.	Strategien zur Bekämpfung der Peronospora Primärfektion	BayWa / 20 Mitarbeiter	08.02.2011 Mainburg
IPZ 5a	Schätzl, J.	Strategien zur Bekämpfung der Peronospora Primärfektion	Beiselen GmbH / 25 TN von Landhandelsfirmen	21.02.2011 Mainburg
IPZ 5a	Schätzl, J.	Strategien zur Bekämpfung der Peronospora Primärfektion	LfL u. ÄELF/ 555 Hopfenpflanzer u. Gäste	23.02.- 04.03.2011 9 Orte
IPZ 5a	Schätzl, J.	Strategien zur Bekämpfung der Peronospora Primärfektion	TWA, Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. / 30 TN	29.03.2011 Wolnzach
IPZ 5a	Schätzl, J.	Prognoseschulung, Aktuelles zum Pflanzenschutz	LfL u. AELF Roth, 69 Hopfenpflanzer	01.06.2011 Spalt
IPZ 5a	Schätzl, J.	Jahresrückblick, Beratungssaison 2011	Hopfenring u. LfL/ Ringbetreuer u. Fachberater	05.12.2011 Wolnzach
IPZ 5b	Engelhard, B.	Nichts ist beständiger als der Wandel - ein Rückblick auf 16 Jahre Hopfenforschung und 11 Wünsche an die Hopfenpflanzer	LfL u. ÄELF/ 555 Hopfenpflanzer u. Gäste	23.02. – 04.03. 9 Orte
IPZ 5b	Engelhard, B.	Überprüfung einer Bodenanwendung von Actara im Hopfenanbau auf mögliche schädliche Auswirkungen auf Bienen	Imkerverband Niederbayern 55 TN	22.03.11 Elsendorf
IPZ 5b	Engelhard, B.	Verhalten der Bienen im Hopfengarten und Auswirkung auf den Einsatz von Insektiziden	TWA, Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. / 30 TN	29.03.11 Wolnzach
IPZ 5b	Schwarz, J.	Erste Ergebnisse zum BLE-Projekt "Reduzierung oder Ersatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau"	Hopfenbau-Tag des Bioland-Arbeitskreises Hopfen / 22 TN	02.02.11 Berching-Plankstetten
IPZ 5b	Schwarz, J.	Aktuelle Versuchsergebnisse zum Einsatz von Sprüh-Molkenpulver zur Bekämpfung der Gemeinen Spinnmilbe Tetranychus urticae im ökologischen Hopfenbau	Hopfenbau-Tag des Bioland-Arbeitskreises Hopfen / 22 TN	02.02.11 Berching-Plankstetten

<b>AG</b>	<b>Name</b>	<b>Thema/Titel</b>	<b>Veranstalter/ Besucher</b>	<b>Datum /Ort</b>
IPZ 5b	Schwarz, J.	Entwicklung von Blatt- und Doldenfläche von Hopfen über die Vegetationsperiode	DLR Neustadt a. d. Weinstraße / 10 TN	17.02.11 Neustadt a. d. Weinstraße
IPZ 5b	Schwarz, J.	Zulassungssituation von Pflanzenschutzmitteln im Hopfen 2011	LfL u. ÄELF/ 555 Hopfenpflanzer u. Gäste	23.02.-04.03. 9 Orte
IPZ 5b	Schwarz, J.	Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen den Luzernerüssler im Hopfen – 5. Koordinationstreffen	JKI 20 TN	16.11.11 Braunschweig
IPZ 5b	Weihrauch, F.	Ökologischer Hopfenbau in Deutschland und der Welt: Einführung und Bedeutung	Ring junger Hopfenpflanzer, Winterversammlung / 65 TN	25.01.11 Niederlauterbach
IPZ 5b	Weihrauch, F.	Ökologischer Hopfenbau in Deutschland und der Welt: Einführung und Bedeutung	Hopfenbau-Tag des Bioland-Arbeitskreises Hopfen / 22 TN	02.02.11 Berching-Plankstetten
IPZ 5b	Weihrauch, F.	The significance of Brown and Green Lacewings as aphid predators in the special crop hops (Neuroptera: Hemerobiidae, Chrysopidae)	Entomologentagung der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie / 20 TN	24.03.11 Berlin
IPZ 5b	Weihrauch, F.	Überblick zur weltweiten Produktion von Öko-Hopfen	TWA, Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. / 30 TN	29.03.11 Wolnzach
IPZ 5b	Weihrauch, F.	Marktanalyse Biohopfen – Deutschland, Europa, Welt	LfL-Arbeitskreis 'Märkte für Ökolebensmittel' / 11 TN	13.04.11 München
IPZ 5b	Weihrauch, F.	Downy mildew control in organic hops: How much copper is actually needed?	International Hop Growers' Convention, Scientific Commission / 53 TN	21.06.11 Lublin (Polen)
IPZ 5b	Weihrauch, F.	Überblick über Arbeitsschwerpunkte am Hopfenforschungszentrum Hüll – Pflanzenschutz	Besuch der Tsingtao Brewery, China mit Barth & Sohn, 8 TN	11.11.11, Hüll
IPZ 5b	Weihrauch, F.	Die Arthropodenfauna von Hopfendolden unter besonderer Berücksichtigung der Neuropteren	30. Jahrestagung des Arbeitskreises „Nutzarthropoden“ der DPG und der DGaE / 55 TN	30.11.11 Geisenheim
IPZ 5b	Weihrauch, F.	Kupferreduktion im Hopfen - Ergebnisse eines BLE-Projekts sowie Saisonrückblick und Status der Kupfer-Strategie im Bereich Hopfen	Fachgespräch "Kupfer im Pflanzenschutz" von JKI und BÖLW / 90 TN	01.12.11 Berlin-Dahlem
IPZ 5c	Drofenigg, K.	Development of methods for the molecular detection of Verticillium pathotypes in hops and strategies for containment and prevention of wilt	Doktorandenseminar, Prof. Hüchelhoven, TUM / 25 TN	11.04.11, Freising
IPZ 5c	Drofenigg, K.	Development of a rapid molecular in-planta test for the detection of Verticillium pathotypes in hop and strategies to prevent wilt	Tagung der WK des IHB / 52 TN	22.06.11, Lublin, Polen

<b>AG</b>	<b>Name</b>	<b>Thema/Titel</b>	<b>Veranstalter/ Besucher</b>	<b>Datum /Ort</b>
IPZ 5c	Lutz, A.	Neue Trends in der Hopfenzüchtung	Informationsreihe für Handel und Verbände im Hopfen / 85 TN	17.10.11, 19.10.11, 20.10.11, 24.10.11, Hüll
IPZ 5c	Lutz, A.	Hopfensorten und Bonitur von Qualitätsmerkmalen	Alt-Weihenstephaner Brauerbund / 35 TN	07.11.11, Freising
IPZ 5c	Lutz, A.	Flavor Hops – Neu Hopfensorten für den Biermarkt	17. Arbeitszirkel für ISO-Betriebe / 30 TN	08.12.11, Aiglsbach
IPZ 5c	Oberhollenzer, K.	Resistance mechanisms of different hop genotypes to hop powdery mildew	Tagung der Wissenschaftl. Kommission (WK) des Internat. Hopfenbaubüros (IHB) / 52 TN	21.06.11, Lublin, Polen
IPZ 5c	Oberhollenzer, K.	Development of a transient transformation assay and functional analysis of a hop MLO-gene in powdery mildew resistance	Doktorandenseminar, Prof. Hüchelhoven, TUM / 23 TN	25.07.11, Freising
IPZ 5c	Seefelder, S.	Investigations about the occurrence of Verticillium in some Regions of the Hallertau	48th Hop Seminar in Slovenia with international participation / 120 TN	04.02.11, Portoroz
IPZ 5c	Seefelder, S.	Investigations about occurrence and characterization of different strains of hop wilt (Verticillium spp.) to develop a control strategy against this pathogen	33. Congress European Brewery Convention	24.05.11, Glasgow
IPZ 5c	Seigner, E.	Administrative meeting of the Scientific Commission	Tagung der WK des IHB / 52 TN	22.06.11, Lublin, Polen
IPZ 5c	Seigner, E.	Aktuelle Zielsetzungen der Hopfenzüchtung	Informationsreihe für Handel und Verbände im Hopfen / 85 TN	19.10.11, 20.10.11, 24.10.11, Hüll
IPZ 5c	Seigner, E.	Überblick über Arbeitsschwerpunkte am Hopfenforschungszentrum Hüll – Züchtung, chem. Analyse und Hopfenbau	Besuch der Tsingtao Brewery, China mit Barth & Sohn / 8 TN	11.11.11, Hüll
IPZ 5d	Kammhuber, K.	Differenzierung des Welthopfensortiments mit Hilfe der niedermolekularen Polyphenole	GfH-TWA / 30 TN	29.03.2011 Wolnzach
IPZ 5d	Kammhuber, K.	Differentiation of the world hop collection by means of the low molecular polyphenols	Tagung der WK des IHB / 52 TN	21.06.11, Lublin, Polen
IPZ 5d	Kammhuber, K.	Niedermolekulare Polyphenole zur Differenzierung des Welthopfensortiments	Informationsreihe für Handel und Verbände im Hopfen / 85 TN	17.10.11, 19.10.11, 20.10.11, 24.10.11, Hüll



### 8.3.3 Führungen

(AG = Arbeitsgruppe; TZ = Teilnehmerzahl)

AG	Name	Datum	Thema/Titel	Gastinstitution	TZ
IPZ-L, IPZ 5	Doleschel, P., Kammhuber, K., Seigner, E., Weihrauch, F.	31.08.11	Hop Research at the Ba- varian State Research Center for Agriculture	Managementteam von Kirin und Mitsubishi; Dr. Pichlmaier, HVG	8
IPZ-L, IPZ 5c	Doleschel, P, Seefelder, S. Seigner, E.	03.03.11	Hop Research – Genome analysis and Biotechnol- ogy	AB-InBev Management Team	2
IPZ 5	Kammhuber, K., Lutz, A.	25.01.11	Hopfenzüchtung und Analytik	Staatliche Fachoberschule, Landshut;	45
IPZ 5	Engelhard, B., Kammhuber, K., Lutz, A., Seigner, E.	01.03.11	Hop Research	AB-InBev Management Team	7
IPZ 5	Seigner, E., Kammhuber, K.	27.05.11	Hopfenforschung	Österr. Schweinezuchtver- band	30
IPZ 5	Seigner, E., Kammhuber, K.	20.07.11	Hopfenforschung	Studenten der Brau- und Getränketechnologie, WZW	33
IPZ 5	Lutz, A., Kammhuber, K., Seigner, E.	11.08.11	Hop Research at Huell – New trends for Craft Brewers	Stan Hieronymus, Brau- journalist, USA	1
IPZ 5	Seigner, E., Kammhuber, K.	23.09.11	Hop Research Center Hüll	Kirin und Mitsubishi, Dr. Pichlmaier, HVG	8
IPZ 5	Lutz, A., Kammhuber, K.	27.09.11	Hopfenzüchtung; Hopfen- analytik und Qualität	Braustudenten Polar, Vene- zuela	5
IPZ 5	Seigner, E., Lutz, A., Kammhuber, K., Weihrauch,	20.10.11	Hop Research Center Hüll	Sapporo Brewery, Japan; HVG	6
IPZ 5	Seigner, E., Kammhuber, K.	11.11.11	Hop Research Center Hüll	Tsingtao Brewery, China; Barth	8
IPZ 5a	Fuß, S.	27.06.11	Aktuelle Situation bei Krankheiten und Schäd- lingen, Hopfen- putzversuch	IGN Hopfenpflanzer	25
IPZ 5a	Fuß, S.	29.08.11	Flurbegehung: aktuelle Pflanzenbau- und Pflan- zenschutzmaßnahmen und Ernteempfehlungen im Hagelgebiet	Hopfenpflanzer Hagelgebiet Mainburg	35
IPZ 5a	Münsterer, J.	27.07.11	Bewässerungsversuche im Hopfen	Ringbetreuer	12
IPZ 5a	Münsterer, J.	10.08.11	Bewässerungsversuche im Hopfen	Workshop Bewässerung Firma Barth & Sohn	20
IPZ 5a	Münsterer, J.	12.08.11	Bewässerungsversuche im Hopfen	Hopfenpflanzer mit LfL - Bewässerungsversuchen	13

<b>AG</b>	<b>Name</b>	<b>Datum</b>	<b>Thema/Titel</b>	<b>Gastinstitution</b>	<b>TZ</b>
IPZ 5a	Münsterer, J. Fuß, S. Portner, J.	03.08.11	Bewässerungsversuche, Sensortechnik im PS Erosionsschutz	Ring junger Hopfenpflanzer	40
IPZ 5a	Münsterer, J. Fuß, S. Portner, J.	04.08.11	Bewässerungsversuche, Sensortechnik im PS Erosionsschutz	VIF LA und VIF KEH	75
IPZ 5a	Münsterer, J. Fuß, S.	03.08.11	Bewässerungsversuche Sensortechnik im PS	VIF FS	18
IPZ 5a	Niedermeier, E.	24.06.10	Hopfen- Flurbegehung; Aktuelle Pflanzenschutz- situation und Strategien	Hopfenpflanzer BBV- Ortsverband Stadt Geisen- feld in Unterpindhart	38
IPZ 5a	Niedermeier, E.	10.08.11	Flurbegehung: Aktuelle Pflanzenbau- und Pflan- zenschutzmaßnahmen	Hopfenpflanzer Wolnzach	16
IPZ 5a	Niedermeier, E.	11.08.11	Bestandsbeurteilung und Maßnahmen gegen Welke	Fa. Barth, mit Vertragsland- wirten der Boston Brewery	57
IPZ 5a	Portner, J.	19.05.11	Versuchsführung „Hop- fenputzen – Alternativen zu Lotus“	Vertreter von BayWa und Landhandel, Hopfenpflanzer	60
IPZ 5a	Portner, J.	01.09.11	Hopfenrundfahrt (Busführung)	Gäste des Verbands deut- scher Hopfenpflanzer	50
IPZ 5a	Schätzl, J.	12.05.11	Aktuelles zum Pflanzen- schutz und zum Hopfen- putzen, Flurbegehung	Hopfenpflanzer Siegelbezirk Au	16
IPZ 5a	Schätzl, J.	27.07.11	Flurbegehung: Aktuelle Pflanzenbau- und Pflan- zenschutzmaßnahmen im Hagelgebiet	Hopfenpflanzer Abens, Au, Osseltshausen	17
IPZ 5b	Schwarz, J.; Weih- rauch, F.	25.08.11	Versuchswesen im Pflan- zenschutz; Öko-Hopfenbau; Niedrigergerüstanlage	Hopfenbaugenossenschaft Mühlviertel, AT	2
IPZ 5b	Weihrauch, F.	03.02.11	Öko-Hopfenbau	University of Wisconsin, USA	3
IPZ 5b	Weihrauch, F.	13.09.11	Öko-Hopfenbau; Pflanzenschutz	Hopfenwirtschaftsverband	2
IPZ 5b	Weihrauch, F.	26.09.11	Öko-Hopfenbau	Hopfenpflanzer, Kanada	1
IPZ 5c	Lutz, A.	06.06.11	Zuchtstämme für Sudver- suche	Veltins	2
IPZ 5c	Lutz, A.	09.06.11	Hopfenforschung Hüll	Landwirtschaftl. Berufs- schule Pfaffenhofen Amber- ger	13
IPZ 5c	Lutz, A.	21.07.11	Hopfenzüchtung – Neue Zielsetzungen	Barth, Nürnberg	2
IPZ 5c	Lutz, A.	29.07.11	Hopfenforschung in Hüll	Landwirtschaftsschule PAF, Sommersemester	15
IPZ 5c	Lutz, A.	08.08.11	Neue Aromanoten in der Hopfenzüchtung	H.P. Drexler, Scheider- Weisse, O. Weingarten, Hopfenpflanzerverband	2

AG	Name	Datum	Thema/Titel	Gastinstitution	TZ
IPZ 5c	Lutz, A.	18.08.11	Hopfenforschung	Berufsschule für Brauwesen, München	2
IPZ 5c	Lutz, A.	18.08.11	Stand der Hopfenzüchtung, Hopfenreife, Erntempfehlungen 2011	Infoveranstaltung des Hopfenringes für die ISO-Betriebe	25
IPZ 5c	Lutz, A.	25.08.11	Neue Hopfen-Zuchtstämme	Veltins und Hopfenpflanzer	2
IPZ 5c	Lutz, A.	26.08.11	Sorten und Zuchtstämme	Riegele Brauerei, Augsburg	5
IPZ 5c	Lutz, A.	02.09.11	Hopfen Züchtungsprogramm	Barth, Versuchsbrauerei St. Johann	5
IPZ 5c	Lutz, A.	06.09.11	Hüll aroma hops	Ron Barchet, Eric Toft	2
IPZ 5c	Lutz, A.	07.09.11	Hüller Hopfensorten und neue Zuchtstämme	BayWa, Dr. Kaltner	1
IPZ 5c	Lutz, A.	20.09.11	Hüll breeding program	Val Peacock, Dan Carey, Hopfen-/Brauexperten, USA	2
IPZ 5c	Lutz, A.	20.09.11	Hop Research Center Hüll	Sumitomo Japan, Dr. Pichlmaier, HVG	4
IPZ 5c	Lutz, A.	06.10.11	Neue Hüller Aromahopfen	St. Weingart, Barth	1
IPZ 5c	Lutz, A.	13.10.11	Hop Research Center Hüll	Brock Wagner, Saint Arnold Brewing Comp., USA,HVG	2
IPZ 5c	Lutz, A.	13.10.11	Hop Research Center Hüll, new breeding lines	David Grinnell, Boston Brewery, Dr. Schönberger, Barth	2
IPZ 5c	Lutz, A.	26.10.11	Hop Research Center Hüll, new breeding lines	Chris Dows, Botanix, UK	1
IPZ 5c	Lutz, A.	09.11.11	Hop Breeding	D. Gamache, USA	1
IPZ 5c	Lutz, A., Seigner, E.	28.07.11	Low trellis system – breeding efforts	US Dwarf Hop Assoc., L. Roy, G. Morford	2
IPZ 5c	Lutz, A., Seigner, E.	10.08.11	Tettninger Kreuzungsprogramm, Biogeneseversuche 2011	Tettninger Hopfenpflanzerverband	4
IPZ 5c	Lutz, A., Seigner, E.	29.09.11	Neue Hüller Aromahopfen	Eric Toft, Schönram	1
IPZ 5c	Lutz, A., Seigner, E.	05.10.11	Huell Hop Breeding, Historic wild hops, New Huell Aroma Hops	Mr. Lossignol, Dr. Buholzer, AB-InBev	2
IPZ 5c	Lutz, A., Seigner, E.	14.10.11	New breeding lines of the Hop Research Center Hüll	Advisory Board der GfH, Vorstand der GfH	11
IPZ 5c	Lutz, A., Seigner, E.	17.10.11	Neue Zuchtstämme des Hopfenforschungszentrums Hüll	Hopsteiner	6
IPZ 5c	Lutz, A., Seigner, E.	19.10.11	Neue Zuchtstämme des Hopfenforschungszentrums Hüll	Hallertauer Hopfenpflanzerverband	13
IPZ 5c	Lutz, A., Seigner, E.	19.10.11	Neue Zuchtstämme des Hopfenforschungszentrums Hüll	Hopfenverwertungsgen. HVG; Lupex	10

<b>AG</b>	<b>Name</b>	<b>Datum</b>	<b>Thema/Titel</b>	<b>Gastinstitution</b>	<b>TZ</b>
IPZ 5c	Lutz, A., Seigner, E.	20.10.11	Neue Zuchtstämme des Hopfenforschungszent- rums Hüll	Hopfenpflanzer der GfH	40
IPZ 5c	Lutz, A., Seigner, E.	21.10.11	Neue Zuchtstämme des Hopfenforschungszent- rums Hüll	IPZ 5, GfH	11
IPZ 5c	Lutz, A., Seigner, E.	24.10.11	Neue Zuchtstämme des Hopfenforschungszent- rums Hüll	Barth	9
IPZ 5c	Seigner, E.	09.03.11	Hop research at the Ba- varian State Research Center for Agriculture	Western Cape Delegation, Südafrika, und StMELF	6
IPZ 5c	Seigner, E.	01.07.11	Hopfenforschung	Vertreter der landwirt- schaftl. Verwaltung, Korea	25
IPZ 5c	Seigner, E.	19.08.11	Hopfenforschungszentrum Hüll	Besucher anlässlich der Hallertauer Hopfenwochen	15
IPZ 5c	Seigner, E.	19.09.11	Hop Research Center Hüll	AB-InBev – 4 Gruppen (USA, Skandinavien, Grie- chenland, Asia Pacific) Dr. Buholzer	98
IPZ 5c	Seigner, E.	25.09.11	Hop Research Center Hüll	AB-InBev – (USA,Türkei) Dr. Buholzer	21
IPZ 5c	Seigner, E.	27.09.11	Biotechnologie und Ge- nomanalyse bei Hopfen	Braustudenten Polar, Vene- zuela	5
IPZ 5c	Seigner, E.	07.11.11	Hop Research Center Hüll, breeding and plant protection	Ann George und US- Pflanzer, O. Weingarten	8
IPZ 5c	Seigner, E., Kammhuber, K.	24.08.11	Hop Research	Hop Products Australia, Barth	2

### 8.3.4 Ausstellungen und Poster

(AG = Arbeitsgruppe)

Name der Ausstellung	Ausstellungsobjekte/ -projekte bzw. Themen /Poster	Veranstalter	Ausstellungsdauer	AG
IHGC Scientific Commission, Lublin, Polen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor controlled single plant treatment in the pesticide application (Poster)</li> <li>• Pesticide reduction through sensor implementation (Poster)</li> <li>• Device for automated attachment of the supporting wires in hop-growing (Poster)</li> <li>• Studies of Verticillium wilt in hops</li> <li>• Trends in hop breeding – new aroma and bitter qualities at the Hop Research Center Huell</li> </ul>	International Hop Growers' Convention, Scientific Commission	19.06.-23.06.2011	IPZ 5a IPZ 5c
HopFA im Rahmen des Gallimarktes in Mainburg	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerät zur vollautomatischen Drahtaufhängung im Hopfenbau (Poster)</li> </ul>	Stand der Fa. Soller	08.10.-10.10.2011	IPZ 5a u. ILT
HopFA im Rahmen des Gallimarktes in Mainburg	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trocknung von Hopfen (Poster)</li> <li>• Erforderliche Messpunkte für die Trocknungsoptimierung (Poster)</li> <li>• Integriertes Energiesparkonzept (Poster)</li> </ul>	Stand der Fa. ATEF	08.10.-10.10.2011	IPZ 5a
13th European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring of click beetles with the use of pheromone traps in hop yards of the Hallertau</li> </ul>	Universität Innsbruck, AT	19.-23.06.2011	IPZ 5b
14th Symposium on Insect-Plant Interactions	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The use of metabolomics in insect resistance studies</li> </ul>	Universität Wageningen, NL	13.-18.08.2011	IPZ 5b

### 8.4 Aus- und Fortbildung

(organisiert /durchgeführt)

Name, Arbeitsgruppe	Thema	Teilnehmer
Portner, J., IPZ 5a	Peronospora	17 Studierende des 1. und 3. Sem. der LS Pfaffenhofen
Portner, J., IPZ 5a	E. Mehltau u. Verticillium-Welke	17 Studierende des 1. und 3. Sem. der LS Pfaffenhofen
Portner, J., IPZ 5a	Minderschädlinge und Hopfenblattlaus	17 Studierende des 1. und 3. Sem. der LS Pfaffenhofen
Portner, J., IPZ 5a	Gemeine Spinnmilbe	17 Studierende des 1. und 3. Sem. der LS Pfaffenhofen
Portner, J., IPZ 5a	Bewässerung	17 Studierende des 1. und 3. Sem. der LS Pfaffenhofen
Portner, J., IPZ 5a	Hopfentrocknung	17 Studierende des 1. und 3. Sem. der LS Pfaffenhofen

<b>Name, Arbeitsgruppe</b>	<b>Thema</b>	<b>Teilnehmer</b>
Portner, J., IPZ 5a	Betreuung und Bewertung von Arbeitsprojekten im Hopfenbau im Rahmen der Meisterprüfung	2 Meisteranwärter
Portner, J., IPZ 5a	BiLa-Kurs Hopfenbau (4 Abende)	33 Hopfenpflanzer(innen) im Nebenerwerb
Schätzl, J., IPZ 5a	Prüfungsvorbereitung, Sachkundeschulung	40 Hopfenbäuerinnen vom Lkrs. FS, KEH, PAF
Schätzl, J., IPZ 5a	Sachkundeprüfung für die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln	32 Hopfenbäuerinnen vom Lkrs. FS, KEH, PAF
Schätzl, J., IPZ 5a	Informationsveranstaltung für Berufsschüler	12 Berufsschüler PAF
Schätzl, J., IPZ 5a	Krankheiten und Schädlinge, aktueller Pflanzenschutz, Warndienst in Hüll	15 Studierende des 2. Sem. der LS Pfaffenhofen
Schätzl, J., Münsterer, J., IPZ 5a	Abschlussprüfung (Hopfenbau) im Ausbildungsberuf Landwirt in Jauchshofen	Prüflinge vom Lkrs. KEH; LA
Schätzl, J., IPZ 5a	Abschlussprüfung (Hopfenbau) im Ausbildungsberuf Landwirt in Thalhausen	Prüflinge vom Lkrs. FS, PAF
Schätzl, J., IPZ 5a	Nachprüfung (Hopfenbau) in Anning	Prüflinge vom Lkrs. FS
Lutz, A., IPZ 5c	Unterstützung Seminararbeit „Der Weg einer Hopfensorte von der Auslese bis zum Brauer“	A. Senftl, Schyren Gymnasium Pfaffenhofen
Lutz, A., Weihrauch, F., Portner, J., IPZ 5	Hopfenproduktion, Ernte, Sämlingspflege	A.Th. Lutz, Hagl,
Seigner, E., IPZ 5c	Unterstützung Seminararbeit „Transgener Hopfen – Chancen und Risiken für die Zukunft“	K. Jakobi, Schyren Gymnasium Pfaffenhofen
Seefelder, S. IPZ 5c	Chemie-Laboranten-Ausbildung	Tim Nerbas
Seefelder, S. IPZ 5c	Chemie-Laboranten-Ausbildung	Barbara Eichinger
Seefelder, S. IPZ 5c	Betriebspraktikum	Maximilian Stang

## 8.5 Mitarbeit in Arbeitsgruppen, Mitgliedschaften

Name	Mitgliedschaften
Fuß, S.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitglied im Prüfungsausschuss für den Ausbildungsberuf Landwirt am Fortbildungsamt Landshut</li> </ul>
Kammhuber, K.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitglied des Analysen-Komitees der European Brewery Convention (Hopfen-Sub-Komitee)</li> <li>• Mitglied der Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik (AHA)</li> </ul>
Münsterer, J.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitglied im Prüfungsausschuss für den Ausbildungsberuf Landwirt am Fortbildungsamt Landshut</li> <li>• Mitglied des Bewertungsausschusses für Investitionen im Hopfenbau im Rahmen des EIF am AELF Landshut</li> </ul>
Portner, J.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitglied des Fachbeirates Geräte-Anerkennungsverfahren für die Bewertung von Pflanzenschutzgeräten und der Fachreferenten für Anwendungstechnik beim JKI</li> <li>• Mitglied (Stellvertreter) des Meisterprüfungsausschusses Niederbayern und Oberbayern-Ost und Mitglied des Meisterprüfungsausschusses Oberbayern-West für den Ausbildungsberuf Landwirt</li> </ul>
Schätzl, J.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitglied im Prüfungsausschuss für den Ausbildungsberuf Landwirt am Fortbildungsamt Landshut</li> <li>• Mitglied im Prüfungsausschuss für den Ausbildungsberuf Landwirt am Fortbildungsamt Region Erding und Freising</li> </ul>
Seefelder, S.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitglied der KG-Öffentlichkeitsarbeit der LfL</li> </ul>
Seigner, E.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorsitzende (seit Juni 2009) und Sekretärin der Wissenschaftlichen Kommission des Internationalen Hopfenbaubüros</li> <li>• Mitglied des Editorial Board von „Hop Bulletin“, Institute of Hop Research and Brewing, Žalec, Slovenia</li> </ul>
Wehrauch, F.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schriftleitender Vorstand der Gesellschaft deutschsprachiger Odonatologen e.V.</li> <li>• Herausgeber der Zeitschrift "Libellula"</li> <li>• Arbeitskreis Neuropteren der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie (DgaaE) - Führung der Bibliographie</li> <li>• Rote-Liste-Arbeitsgruppen der Libellen und der Netzflügler Bayerns</li> </ul>

## 8.6 Ehrungen

Bernhard Engelhard, IPZ 5b, Hopfenorden zweiter Stufe „Offizier“ durch das Internationale Hopfenbaubüro IHB

Erich Niedermeier, IPZ 5a, Verleihung des IHB-Hopfenordens im Rahmen der Sommersitzung des Verbandes deutscher Hopfenpflanzer e.V. in Spalt

## 9 Laufende über Drittmittel finanzierte Forschungsvorhaben

AG Projektleiter	Projekt	Laufzeit	Kostenträger	Kooperation
IPZ 5a J. Portner, S. Fuß	Reaktion bedeutender Aroma- und Bittersorten auf eine Reduzierung der Gerüsthöhe (6 m) und Erprobung neuer Pflanzenschutz-Applikationstechniken	2008-2011	Erzeugergemeinschaft HVG	Fa. Mitterer, Terlan (I) Syngenta, Basel (CH)
IPZ 5a J. Portner	Untersuchungen zur Statik von Hopfengerüstanlagen	2009-2012	Erzeugergemeinschaft HVG	Bauplanungs- u. Ing.-Büro S. Maier, Wolnzach
IPZ 5a J. Portner	Entwicklung und Optimierung einer Maschine zur automatischen Hopfenpflücke	2011-2013	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)	ILT, Freising; Fuß Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH & Co. KG, Lutzmannsdorf
HSWT-FA Gartenbau Dr. Beck	Optimierung des Bewässerungsmanagements im Hopfenbau	2011-2014	Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)	HSWT-FA für Gartenbau, Freising; Fa. ATEF, Vohburg; HVG, Wolnzach
IPZ 5b Dr. Weihrauch	Reduzierung oder Ersatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Landbau	2010-2013	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖLN)	Öko-Hopfenbaubetrieb
IPZ 5b Dr. Weihrauch	Überprüfung eines innovativen Prognosemodells zur Bekämpfung des Echten Mehltaus ( <i>Podosphaera macularis</i> ) im Hopfen	2010-2012	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG	4 Hopfenbaubetriebe
IPZ 5b Dr. Weihrauch Schwarz	Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen den Luzernerüßler ( <i>Otiorhynchus ligustici</i> ) im Hopfenbau	2008-2012	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung;(BLE)	Curculio-Institut e.V., Hannover; Hopfenbaubetriebe; Verbundprojekt über JKI;
IPZ 5b/IPZ 5c Dr. Weihrauch	Nachhaltige Optimierung der Bekämpfung von Blattläusen ( <i>Phorodon humuli</i> ) im Hopfen ( <i>Humulus lupulus</i> ) durch Bekämpfungsschwellen und Züchtung blattlaustoleranter Hopfen-sorten	2008-2011	Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) (Projekt seit 31.03.2011 beendet, Rest-2011 Überprüfung des Modells in Eigeninteresse IPZ 5b)	Hopfenbaubetriebe
IPZ 5b/IPZ 5c /IPZ 5d Dr. Weihrauch	Identification of compounds involved in the attraction and resistance of hop to the damson-hop aphid	2010-2012	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG	Plant Research International B.V., Wageningen, NL
IPZ 5c Dr. Seigner Lutz Dr. Seefelder	Mehltauisolate und ihr Einsatz in der Mehltairesistenzzüchtung bei Hopfen	2011-2012	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG	EpiLogic



AG Projektleiter	Projekt	Laufzeit	Kostenträger	Kooperation
IPZ 5c Dr. Seefeldler Dr. Seigner	Genotypisierung von <i>Verticillium</i> -Pathotypen aus der Hallertau – Grundlegende Erkenntnisse zur Risikoeinschätzung von <i>Verticillium</i> -Infektionen	2008-2013	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. (Wifö)	E. Niedermeier IPZ 5a; Dr. Radisek, Slovenian Institute of Hop Research and Brewing; SL; Prof.B. Javornik, Uni. Lubljana, SL; Prof. G. Berg, Uni, Graz, Österreich
IPZ 5c Dr. Seigner	Charakterisierung der Interaktion Hopfen-Hopfenmehltau auf Zellebene und Funktionsanalyse von an der Abwehr beteiligten Genen	2008-2011	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG	Prof. Hückelhoven, TUM-WZW; IPZ 3b; EpiLogic,
IPZ 5c Dr. Seigner Lutz	Züchtung von resistenten Hopfen mit besonderer Eignung für den Anbau in Niedrigerüstanlagen	2007-2011	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE),	Betriebe J. Schrag und M. Mauermeier; Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)
IPZ 5c Dr. Seigner Lutz IPS 2c Dr. L. Seigner	Monitoring von gefährlichen Viren- und Viroidinfektionen bei Hopfen in Deutschland	2011-2012	Wissenschaftliche Station für Brauerei in München e.V.	Dr. K. Eastwell, Washington State University, Prosser, USA
IPZ 5c Dr. Seigner Lutz	Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettnanger	2011-2014	Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung und Verbraucherschutz (MLR) Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	Hopfenpflanzerverband Tettnang e.V.
IPZ 5d Dr. Kammhuber	Differenzierung und Klassifizierung des Welthopfensortiments mit Hilfe der niedermolekularen Polyphenole	2010-2011	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten (StMELF)	TUM Weihenstephan, Dr. Coelhan

## 10 Forschungsschwerpunkte

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5a	Produktionstechnische und betriebswirtschaftliche Spezialberatung im Hopfenbau	Dauer-aufgabe	
5a	Produktionstechnische und betriebswirtschaftliche Auswertung von Hopfenschlagkarteien	Dauer-aufgabe	
5a	Erarbeitung und Aktualisierung von Beratungsunterlagen	Dauer-aufgabe	
5a	Auswertung von Peronospora-Prognosemodellen und Erstellen von Warndiensthinweisen	Dauer-aufgabe	

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5a	Optimierung der PS-Applikations- und Gerätetechnik; 2011: Erprobung der Sensortechnik zur PSM-Einsparung bei der Reihenbehandlung Spritzbelagsmessungen mit einem neuartigen Sprühergerät	Dauer- aufgabe	
5a	Versuche zur Bewässerungssteuerung im Hopfenanbau im Rahmen des Forschungsvorhabens Agro-Klima Bayern	2005- 2011	DWD; IAB; ILT
5a	Optimierung der Stickstoffdüngung durch Bandapplikation	2007- 2012	
5a	Erprobung des Witterungsmodells Adcon für den Peronospora-Warndienst	2008- 2013	Hopfenring
5a	Positionierung der Tropfschläuche bei der Hopfenbewässerung	2009- 2011	
5a	Hallertauer Modell zum Ressourcen schonenden Hopfenanbau	2010- 2014	LWF; LfU Fa. Ecozept
5a	Prüfung verschiedener Nährstofflösungen und Additive zum Hopfenputzen	2011	K & S, AlzChem
5b	Prüfung von Pflanzenschutzmitteln auf Wirksamkeit gegen die verschiedenen Schadorganismen und Verträglichkeit im Hopfen als Voraussetzung für die Zulassung dieser Produkte im Hopfen – Amtliche Mittelprüfung nach EPPO- und GEP-Richtlinien; 2011: 93 Versuchsvarianten mit 38 Produkten an 18 Standorten	Dauer- aufgabe	Pflanzenschutz – firmen, Hopfenpflanzer
5b	Erarbeitung von Rückstandshöchstmengen	Dauer- aufgabe	Hopfenpflanzer
5b	Resistenzmonitoring von Insektiziden	Dauer- aufgabe	
5b	Bekämpfung von Bodenschädlingen	Dauer- aufgabe	Hopfenpflanzer
5b	Untersuchungen zum Vorkommen und der Ökologie von Schädlingen und Nützlingen in Hopfengärten	Dauer- aufgabe	TU München, Lehr- stuhl Tierökologie
5b	EU-weite Harmonisierung der Versuchsdurchführung für Pflanzenschutzversuche im Hopfen	2005 -	JKI; Institute in CZ, F, PL, SI, UK
5b	Versuche zur Reduzierung des Kupfereinsatzes zur Bekämpfung der Peronospora	2006 -	Spiess-Urania; Öko- Hopfenpflanzer
5b	Datensammlung zum Umfang des Ökologischen Hopfenbaus weltweit	2010 -	Barth-Bericht
5b	Monitoring von Schnellkäfern und Drahtwürmern in ausgewählten Hopfengärten	2010 - 2012	JKI; DPG; Syngenta Agro GmbH, Uni Göttingen
5c	Züchtung von krankheitsresistenten Qualitätssorten im Aroma- und Bitterstoffbereich	Dauer- aufgabe	EpiLogic, Dr. F. Felsenstein, Freising
5c	Testung von Wildhopfen als neue genetische Ressource für die Mehlauresistenzzüchtung	seit 1999	EpiLogic, Dr. F. Felsenstein, Freising
5c	Züchtung von Qualitätssorten im Aroma- und Bitterstoffbereich mit optimierten Inhaltsstoffen – „Flavor Hops“	Dauer- aufgabe	IPZ 5d
5c	Züchtung von Qualitätssorten mit erhöhten Gehalten an gesundheitsfördernden, antioxidativen und mikrobiellen Substanzen, auch für alternative Anwendungsbereiche außerhalb der Brauindustrie	Dauer- aufgabe	IPZ 5d

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5c	Differenzierung von Hopfensorten über molekulare Techniken als Beitrag zur Qualitätssicherung	Dauer-aufgabe	IPZ 5d; Vermehrungsbetriebe; Hopfenhandel
5c	Einsatz von molekularen Markern zur Testung von Zuchtmaterial auf Mehlauresistenz und zur Unterscheidung von männlichen und weiblichen Sämlingen	Daueraufgabe	
5c	Erzeugung von virusfreien Hopfen über Meristemkultur und Hitzetherapie	Seit 2009	IPZ 5b, Frau O. Ehrenstraßer ; IPS 2b
5c	Optimierung der in vitro-Vermehrung - v.a. bei Fremdsorten und Wildhopfen	Seit 2010	
5d	Durchführung aller analytischen Untersuchungen zur Unterstützung der Arbeitsgruppen des Arbeitsbereichs Hopfen, insbesondere der Hopfenzüchtung	Dauer-aufgabe	IPZ 5a, IPZ 5b, IPZ 5c
5d	Entwicklung von Analysemethoden für die Hopfenpolyphenole (Gesamtpolyphenole, Flavanoide, Einzelsubstanzen wie Quercetin, Kämpferol mit HPLC)	2007-offen	Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik AHA
5d	Herstellung von reinen $\alpha$ -Säuren und deren ortho-Phenylen-diamin-Komplexen zur Überprüfung und Kalibrierung der Kalibrierextrakte ICE 2 und ICE 3	Dauer-aufgabe	Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik AHA
5d	Ringversuche zur Überprüfung und Standardisierung von wichtigen Analysenparametern innerhalb der AHA-Labors (z. B. Linalool, Nitrat, HSI)	Dauer-aufgabe	Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik AHA
5d	Entwicklung einer NIRS-Kalibrierung für den $\alpha$ -Säuregehalt basierend auf HPLC-Daten	2000-offen	
5d	Organisation und Auswertung von Ringanalysen zur $\alpha$ -Säurebestimmung für die Hopfenlieferungsverträge	2000-offen	Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik AHA
5d	Sortenüberprüfung für die Lebensmittelüberwachungsbehörden	Dauer-aufgabe	Landratsämter (Lebensmittelüberwachung)
5d	Einführung und Etablierung der UHPLC in die Hopfenanalytik	2008-offen	

## **11 Personal IPZ 5 - Arbeitsbereich Hopfen**

**Für die Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Hüll / Wolnzach / Freising waren im Jahre 2011 tätig (AG = Arbeitsgruppe):**

### **IPZ 5**

**Koordinator: LLD Engelhard Bernhard (bis 31.03.2011)**  
**Direktor an der LfL Dr. Peter Doleschel**  
**(kommissarisch ab 01.04.2011)**

Dandl Maximilian  
Felsl Maria  
Fischer Elke (bis 30.09.2011)  
Hertwig Alexandra (ab 01.10.2011)  
Hock Elfriede  
Krenauer Birgit  
Maier Margret  
Mauermeier Michael  
Pflügl Ursula  
Presl Irmgard  
Suchostawski Christa  
Waldinger Josef (bis 31.01.2011)  
Weiher Johann

### **IPZ 5a**

**AG Hopfenbau, Produktionstechnik**

**LD Portner Johann**

Fischer Elke  
LOI Fuß Stefan  
Dipl.-Biol. (Univ.) Graf Tobias (ab 01.12.2011)  
LA Münsterer Jakob  
LA Niedermeier Erich  
LAR Schätzl Johann

### **IPZ 5b**

**AG Pflanzenschutz im Hopfenbau**

**LLD Engelhard Bernhard (bis 31.03.2011)**

**LD Portner Johann (kommissarisch ab 01.04.2011)**

LTA Ehrenstraßer Olga  
LI Meyr Georg  
Dipl.-Ing. (FH) Schwarz Johannes  
Dr. rer. nat. Weihrauch Florian

## **IPZ 5c**

### **AG Züchtungsforschung Hopfen**

#### **RD Dr. Seigner Elisabeth**

Agr.-Techn. Bogenrieder Anton  
CTA Forster Brigitte  
Frank Daniel (bis 31.03.2011)  
MS Biotech. (Univ.) Drofenigg Katja  
CTA Hager Petra  
LTA Haugg Brigitte  
Agr.-Techn. Ismann Daniel (ab 01.05.2011)  
LTA Kneidl Jutta  
LAR Lutz Anton  
Hofmann Kerstin  
Dipl.-Biol. (Univ.) Oberhollenzer Kathrin  
CL Petosic Sabrina (bis 31.08.2011)  
BL Püschel Carolyn  
ORR Dr. Seefelder Stefan

## **IPZ 5d**

### **AG Hopfenqualität und -analytik**

#### **ORR Dr. Kammhuber Klaus**

MTLA Magdalena Hainzlmaier (ab 16.08.2011)  
CL Neuhof-Buckl Evi  
Dipl.-Ing. agr. (Univ.) Petzina Cornelia  
CL Sperr Birgit (bis 28.02.2011)  
CTA Weihrauch Silvia  
CTA Wyschkon Birgit