



**LfL**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



*Wir forschen Hopfen*

Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.

# **Jahresbericht 2019**

## **Sonderkultur Hopfen**



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

**März 2020**



# **LfL-Information**

## **Impressum**

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan  
Internet: [www.LfL.bayern.de](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)  
Telefon: 0 84 42/92 57-0

1. Auflage: April 2020

Druck: ES-Druck, 85356 Freising-Tüntenhausen

Schutzgebühr: 15,00 Euro

© LfL



**Jahresbericht 2019**  
**Sonderkultur Hopfen**

## Vorwort

Der Klimawandel ist inzwischen nicht mehr zu leugnen und wird in Zukunft große Herausforderungen an den Hopfenanbau stellen. In der Hallertau wird es viel wärmere und trockenere Sommer geben. Auch die Zulassungssituation von Pflanzenschutzmitteln wird gesellschaftlich gewollt wesentlich restriktiver sein. Die Düngeverordnung wird sich im Jahr 2020 noch einmal verschärfen. Das bedeutet, dass sowohl beim Hopfenanbau, der Produktionstechnik, dem Pflanzenschutz und der Züchtung schon jetzt neue Strategien und Ansätze berücksichtigt werden müssen.

In der Arbeitsgruppe IPZ 5a wird ein Projekt zur Bewässerung mit „Fertigation“ bearbeitet. Diese Technik soll neben der notwendigen Wasserversorgung der Hopfenpflanze in Trockenphasen auch eine gezieltere, bedarfsgerechtere Düngung mit effizienterer Ausnutzung der Nährstoffe ermöglichen. Außerdem wird die Stickstoffdynamik in Hopfenböden erforscht und Versuche zur Kompostierung und Verwertung von Hopfenrebenhäcksel durchgeführt, mit dem Ziel der Optimierung der Nährstoffeffizienz des organisch gebundenen Stickstoffs.

In einigen Hopfengärten wurde 2019 auch zum ersten Mal das Citrus Bark Cracking Viroid CBCVd nachgewiesen, das bei nicht sachgerechter Behandlung durchaus das Potential hat, eine ernsthafte Bedrohung für den Hopfenanbau in der Hallertau zu werden.

Moderne Sorten wie Mandarina Bavaria, Ariana, Callista, Hallertau Blanc sowie Polaris und Herkules stellten auch 2019 unter Beweis, dass sie stabile Alphasäureerträge erbringen. Auch bei der Umsetzung der Düngeverordnung bieten sich die Hüller Zuchtsorten als Lösungsmöglichkeit an. Durch konsequent reduzierte Stickstoffgaben bei der Sortenentwicklung ab dem Sämlingsstadium sind die Hüller Sorten auf Nährstoffeffizienz getrimmt. Nicht zuletzt bekommen unsere Arbeiten rund um die Resistenzzüchtung (Mehltau, Peronospora, Blattlaus) höchste Priorität. Der Anbau wird nur noch mit Sorten funktionieren, die eine breite natürliche Widerstandsfähigkeit aufweisen. Ein Highlight der Hüller Züchtung war die Markteinführung der Spalter Tochter Diamant im Rahmen der Hopfenrundfahrt. Auch die begleitende Bierverskostung bestätigte den Züchtungserfolg bei Diamant.

Der Arbeitsgruppe IPZ 5e Ökologische Fragen des Hopfenbaus kommt sicher auch wegen des gesellschaftlichen Anspruchs, den chemischen Pflanzenschutz zu reduzieren, in Zukunft eine Schlüsselrolle zu.

Die LfL-Hopfenforschung ist gut aufgestellt und bereit, die Herausforderungen der Zukunft anzunehmen und zu lösen, für das Wohl des Hopfenbaus in Bayern und in Deutschland. Der folgende Jahresbericht stellt die Aktivitäten des Hopfenforschungszentrums Hüll umfassend dar. Erfolgreiche Hopfenforschung benötigt aber auch fleißige, engagierte und kreative Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in Hüll, Wolnzach und Freising sei an dieser Stelle ganz herzlich gedankt.

Dr. Michael Möller  
Vorsitzender des Vorstandes  
der Gesellschaft für Hopfenforschung

Dr. Peter Doleschel  
Leiter des Instituts  
Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

# Inhaltsverzeichnis

Seite

<b>1</b>	<b>Statistische Daten zur Hopfenproduktion.....</b>	<b>9</b>
1.1	Anbaudaten.....	9
1.1.1	Struktur des Hopfenbaus .....	9
1.1.2	Hopfensorten .....	10
1.2	Erntemengen, Erträge und Alphasäuregehalte .....	12
<b>2</b>	<b>Witterung und Wachstumsverlauf 2019 .....</b>	<b>16</b>
2.1	Witterung und Wachstumsverlauf.....	16
2.2	Situation bei Krankheit und Schädlingsbefall .....	17
2.3	Besonderheiten 2019 .....	17
<b>3</b>	<b>Forschung.....</b>	<b>19</b>
3.1	IPZ 5a – Hopfenbau, Produktionstechnik .....	19
3.2	IPZ 5b - Pflanzenschutz im Hopfenbau .....	20
3.3	IPZ 5c – Züchtungsforschung Hopfen .....	21
3.4	IPZ 5d – Hopfenqualität und –analytik .....	22
3.5	IPZ 5e – Ökologische Fragen des Hopfenbaus .....	23
<b>4</b>	<b>Hopfenbau, Produktionstechnik .....</b>	<b>25</b>
4.1	N <sub>min</sub> -Untersuchung 2019 .....	25
4.2	Verbesserung der Nährstoffeffizienz von Hopfen durch Dünge-systeme mit Fertigation (ID 5612) .....	27
4.3	Stickstoffdynamik in Hopfenböden bei unterschiedlichen Boden-arten und Dünge-systemen (ID 6054) .....	30
4.4	Versuche zur Kompostierung und Verwertung von Hopfenrebenhäcksel zur Optimierung der Nährstoffeffizienz des organisch gebundenen Stickstoffs (ID 6141) .....	32
4.5	Möglichkeiten der Nutzung von Reflexionsmessungen im Hopfen .....	35
4.6	Einsatz der Wärmebildtechnik zur Optimierung der Hopfen-trocknung .....	37
4.7	LfL-Projekte im Rahmen der Produktions- und Qualitätsinitiative .....	38
4.7.1	TS- und Alphasäurenmonitoring .....	39
4.7.2	Jährliche Erhebung und Untersuchung des Schädlingsbefalls in repräsentativen Hopfengärten in Bayern.....	41
4.7.3	Chlorophyllmessungen an Hopfenblättern zur Einschätzung der Stickstoffversorgung und des Düngebedarfs.....	41

4.7.4	Ringanalysen zur Qualitätssicherung bei der Alphasäurenbestimmung für Hopfenlieferungsverträge .....	42
4.8	Beratungs- und Schulungstätigkeit .....	43
4.8.1	Informationen in schriftlicher Form .....	43
4.8.2	Internet und Intranet .....	43
4.8.3	Telefonberatung, Ansagedienste .....	43
4.8.4	Vorträge, Tagungen, Führungen, Schulungen und Versammlungen .....	44
4.8.5	Aus- und Fortbildung .....	44
<b>5</b>	<b>Pflanzenschutz im Hopfen .....</b>	<b>45</b>
5.1	Schädlinge und Krankheiten des Hopfens .....	45
5.1.1	Bodenschädlinge .....	45
5.1.2	Echter Mehltau .....	45
5.1.3	Peronospora Primärinfektion .....	46
5.1.4	Peronospora Sekundärinfektion .....	46
5.1.5	Hopfen-Blattlaus .....	47
5.1.6	Gemeine Spinnmilbe .....	47
5.2	Amtliche Mittelprüfung .....	49
5.3	Resistenz- und Wirksamkeitstests gegen die Hopfen-Blattlaus im Sprühturm .....	50
5.4	Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) zur Identifizierung von Hopfenmosaikvirus (HPMV) und Apfelmosaikvirus (ApMV) Infektionen an Hopfen .....	50
5.5	GfH-Projekt zur <i>Verticillium</i> -Forschung .....	51
5.5.1	Forschung und Arbeiten zur <i>Verticillium</i> -Problematik im Hopfen .....	51
5.5.2	Thermische Hygienisierung von Rebenhäcksel – Biotest mithilfe der Zeigerpflanze Aubergine .....	52
5.5.3	Fernerkundung im Hopfen als objektive Bewertung der <i>Verticillium</i> -Ausbreitung in Hopfengärten .....	56
5.5.4	Biologische Bodenentseuchung als mögliche alternative Sanierungsmaßnahme .....	57
5.6	Auftreten des <i>Citrus Bark Cracking Viroid (CBCVd)</i> in der Hallertau .....	58
5.6.1	Bekannte Verbreitung des <i>CBCVd</i> .....	58
5.6.2	<i>CBCVd</i> im slowenischen Hopfenbau .....	59
5.6.3	Express-PRA zum Citrus Bark Cracking Viroid .....	61
5.6.4	Symptome an Hopfen und Krankheitsverlauf .....	62
5.6.5	<i>CBCVd</i> im deutschen Hopfenbau .....	64
	<i>CBCVd</i> -Monitoring 2019 .....	64

5.6.6	Krankheitsmanagement .....	65
5.6.7	Bisherige Forschungsaktivitäten des slowenischen Instituts für Hopfen- forschung und Brauereiwesen .....	66
5.6.8	Weiteres Vorgehen .....	67
<b>6</b>	<b>Züchtungsforschung Hopfen .....</b>	<b>69</b>
6.1	Kreuzungen 2019 .....	69
6.2	Diamant – die neue hochfeine Aromasorte mit Spalter Mutter .....	69
6.3	Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettnanger .....	72
6.4	Entwicklung von leistungsstarken, gesunden Hopfen mit hohen Alphasäuregehalten und besonderer Eignung für den Anbau im Elbe- Saale-Gebiet .....	74
6.5	Mehltauisolate und ihr Einsatz in der Mehлтаuresistenzzüchtung bei Hopfen .....	77
6.6	Blatt-Testsystem zur Beurteilung der Toleranz von Hopfen gegenüber Falschem Mehltau ( <i>Pseudoperonospora humuli</i> ) .....	80
6.7	Forschung und Arbeiten zur <i>Verticillium</i> -Problematik bei Hopfen - Molekularer Nachweis von <i>Verticillium</i> direkt aus der Rebe über Realtime-PCR.....	84
6.8	Meristemkultur zur Erzeugung von gesundem Pflanzgut .....	87
6.9	Präzisionszüchtung für Hopfen – Genombasierte Präzisionszüchtung für zukunftsweisende Qualitätshopfen.....	89
6.10	Präzisionszüchtung für Hopfen – Teilprojekt Mehлтаuresistenz für die genomweite Assoziationskartierung .....	91
<b>7</b>	<b>Hopfenqualität und –analytik .....</b>	<b>94</b>
7.1	Allgemeines.....	94
7.2	Welchen Ansprüchen sollen die Inhaltsstoffe des Hopfens genügen ?.....	95
7.2.1	Anforderungen der Brauindustrie.....	95
7.2.2	Alternative Anwendungsmöglichkeiten .....	100
7.3	Isolierung, Identifikation und Analytik von Multifidolen in Hopfen.....	102
7.4	Welthopfensortiment (Ernte 2018).....	103
7.5	Qualitätssicherung bei der alpha-Säurenanalytik für Hopfen- lieferungsverträge .....	109
7.5.1	Ringanalysen zur Ernte 2019 .....	109
7.5.2	Auswertung von Kontrolluntersuchungen .....	111
7.5.3	Nachuntersuchungen der Ernte 2019 .....	112
7.6	Analysen zum Projekt Bitterqualität .....	115
7.7	Vergleich Grünhopfen – getrockneter Hopfen.....	117
7.8	Untersuchungen zu den Lupulindrüsen auf Blättern.....	119

7.9	Alpha-Säuren-Stabilität der neuen Hüller Zuchtsorten gegenüber Jahrgangsschwankungen .....	120
7.10	Kontrolle der Sortenechtheit im Jahr 2019 .....	121
<b>8</b>	<b>Ökologische Fragen des Hopfenbaus.....</b>	<b>122</b>
8.1	Minimierung des Einsatzes kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen und integrierten Hopfenbau .....	122
8.2	Mikroverkapselte Hopfenextrakte als neuartiges biologisches Fungizid zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus im Hopfenbau.....	123
8.2.1	Ergebnisse .....	125
8.3	Weiterentwicklung kulturspezifischer Strategien für den ökologischen Pflanzenschutz mit Hilfe von Sparten-Netzwerken – Sparte Hopfen .....	129
8.4	Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau: Was ist überhaupt möglich? .....	130
8.5	Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbau-Praxis über Untersaaten .....	131
<b>9</b>	<b>Veröffentlichungen und Fachinformationen .....</b>	<b>135</b>
9.1	Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit .....	135
9.2	Veröffentlichungen.....	135
9.2.1	Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge .....	135
9.2.2	LfL-Schriften.....	138
9.2.3	Beiträge in Rundfunk und Fernsehen.....	139
9.2.4	Internetbeiträge.....	139
9.3	Tagungen, Vorträge, Führungen, Ausstellungen .....	139
9.3.1	Durchgeführte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops .....	139
9.3.2	Besuchte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops IPZ 2019.....	140
9.3.3	Durchgeführte interne Veranstaltungen .....	140
9.3.4	Aus-, Fort- und Weiterbildung .....	140
9.3.5	Gutachten und Stellungnahmen .....	140
9.3.6	Fachinformationen .....	141
9.3.7	Vorträge.....	142
9.3.8	Praktika.....	152
9.3.9	Führungen.....	152
9.3.10	Ausstellungen und Poster .....	155
9.4	Mitarbeit in Arbeitsgruppen, Mitgliedschaften .....	156
<b>10</b>	<b>Unser Team.....</b>	<b>157</b>

# 1 Statistische Daten zur Hopfenproduktion

LD Johann Portner, Dipl.-Ing. agr.

## 1.1 Anbaudaten

### 1.1.1 Struktur des Hopfenbaus

Tab. 1.1: 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
1975	7 654	2,64	2010	1 435	12,81
1980	5 716	3,14	2015	1 172	15,23
1985	5 044	3,89	2016	1 154	16,12
1990	4 183	5,35	2017	1 132	17,26
1995	3 122	7,01	2018	1 121	17,97
2000	2 197	8,47	2019	1 097	18,61
2005	1 611	10,66			

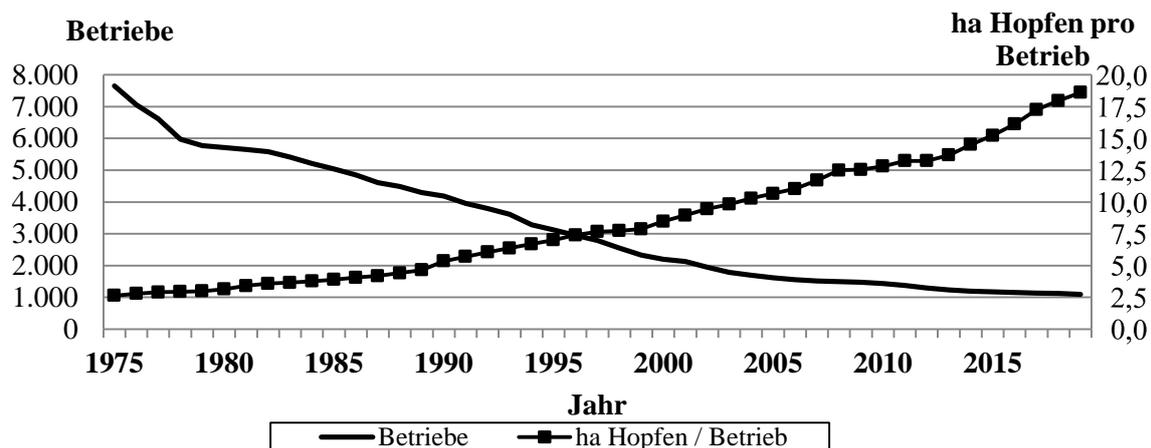


Abb. 1.1: Zahl der Hopfenbaubetriebe und deren Hopfenfläche in Deutschland

Tab. 1.2: Anbaufläche, Zahl der Hopfenbaubetriebe und durchschnittliche Hopfenfläche je Betrieb in den deutschen Anbaugebieten

Anbauggebiet	Hopfenanbauflächen				Hopfenbaubetriebe				Hopfenfläche je Betrieb in ha	
	in ha		Zunahme + / Abnahme - 2019 zu 2018		2018	2019	Zunahme + / Abnahme - 2019 zu 2018		2018	2019
	2018	2019	ha	%			Betriebe	%		
Hallertau	16 780	16 995	215	1,3	903	886	- 17	- 1,9	18,58	19,18
Spalt	404	415	11	2,8	55	52	- 3	- 5,8	7,34	7,98
Tett nang	1 397	1 438	41	2,9	132	128	- 4	- 3,1	10,58	11,23
Baden, Bitburg u. Rheinpfalz	22	22	0	± 0	2	2	± 0	± 0	11,00	11,00
Elbe-Saale	1 541	1 547	6	0,4	29	29	± 0	± 0	53,13	53,35
<b>Deutschland</b>	<b>20 144</b>	<b>20 417</b>	<b>274</b>	<b>1,4</b>	<b>1 121</b>	<b>1 097</b>	<b>- 24</b>	<b>- 2,2</b>	<b>17,97</b>	<b>18,61</b>

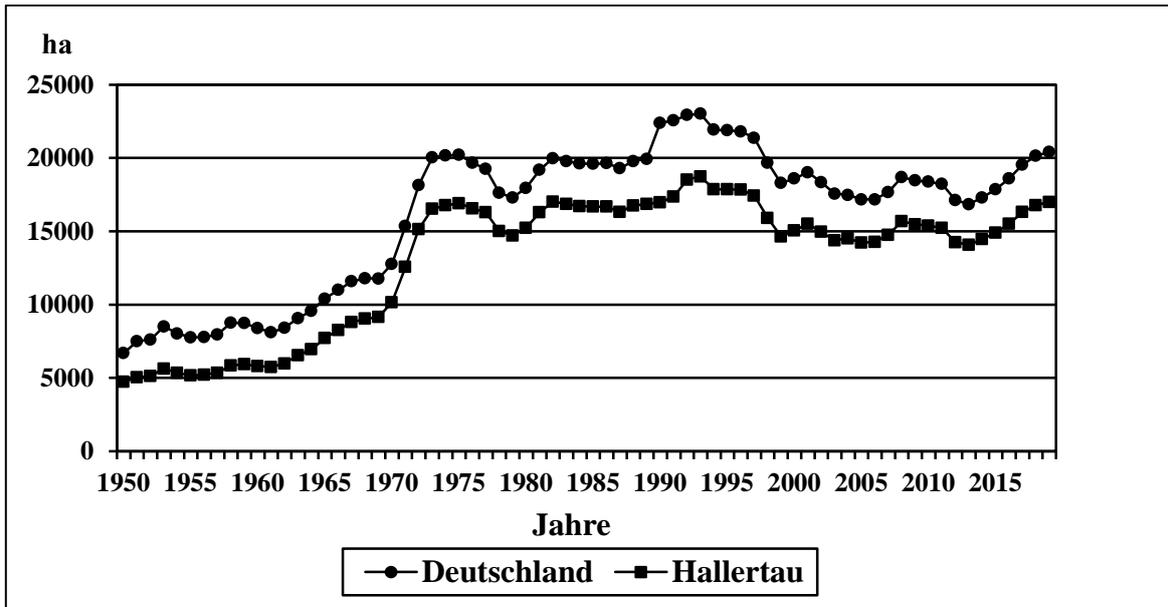


Abb. 1.2: Hopfenanbauflächen in Deutschland und in der Hallertau

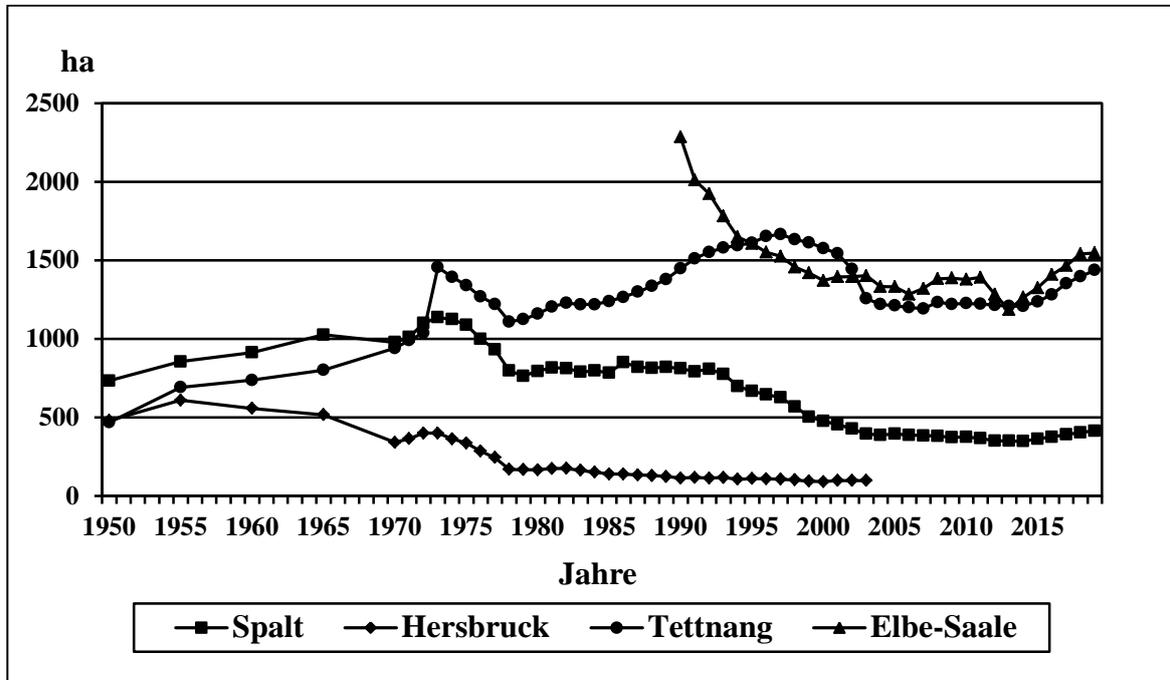


Abb. 1.3: Hopfenanbauflächen in den Gebieten Spalt, Hersbruck, Tett nang und Elbe-Saale

Das Anbauggebiet Hersbruck gehört seit 2004 zur Hallertau.

### 1.1.2 Hopfensorten

Die Hopfenanbaufläche stieg 2019 mit 274 ha zum 6. Mal in Folge an und liegt jetzt bei 20 417 ha in Deutschland.

Der Anteil der **Aromasorten** beträgt dabei 55 %. Neben den in den letzten Jahren separat geführten Flavorsorten wird erstmals auch Brewers Gold international dieser Sortengruppe zugerechnet. Sortenbezogen wurde die Anbaufläche erneut bei den bisher bezeichneten Flavorhopfen reduziert. Insbesondere bei der erst seit einigen Jahren im Anbau befindlichen Sorte Amarillo wurde die Fläche wegen der unerwartet hohen Erträge um fast ein Drittel zurückgenommen.

Alte Landsorten wie z. B. Hallertauer Mittelfrüher und Tettnanger sowie einige klassische Aromasorten (z. B. Saphir und Northern Brewer) verzeichneten ebenso Flächenrückgänge. Größere Flächenzuwächse gab es wiederum bei den traditionellen bereits flächenstarken Aromasorten Perle (145 ha), Hallertauer Tradition (59 ha) und Spalter Select (33 ha).

Die **Bitterhopfenfläche** hat erneut zugenommen und nimmt einen Anteil von 45 % ein. Wieder sind bei den älteren Bittersorten Hallertauer Magnum und Taurus Flächenrückgänge zu verzeichnen. Herkules (+245 ha) und Polaris (+ 51 ha) dagegen konnten erneut an Fläche gewinnen. Damit ist Herkules mit Abstand die größte Hopfensorte in Deutschland (6 554 ha) und wird schon fast auf einem Drittel der Hopfenfläche angebaut.

Tab. 1.3: Hopfensorten in den deutschen Anbaubereichen in ha im Jahre 2019

### Aromasorten

Sorte	Hallertau	Spalt	Tettnang	Elbe-Saale	übrige Anb.-geb.	Deutschland	Sortenanteil in %	Veränderung in ha
Amarillo	183		7	16		206	1,0	-94
Ariana	66	5	5			76	0,4	8
Brewers Gold	18					18	0,1	2
Callista	50	1	9	5		66	0,3	-6
Cascade	69	5	4	9	1	87	0,4	1
Comet	8		0			8	0,0	0
Hallertau Blanc	140	3	13	12		167	0,8	-1
Hallertauer Gold	4	3				7	0,0	0
Hallertauer Mfr.	506	31	140		1	678	3,3	-9
Hallertauer Tradition	2 637	32	58	39	4	2 770	13,6	59
Hersbrucker Pure	1	2				3	0,0	0
Hersbrucker Spät	911	7	0			918	4,5	-6
Hüll Melon	94	5	12	12		123	0,6	-17
Mandarina Bavaria	265	3	12	18		298	1,5	-23
Monroe	23		4			26	0,1	-4
Northern Brewer	145			135		279	1,4	-13
Opal	143	1	1			146	0,7	5
Perle	2 778	36	75	251	8	3 148	15,4	145
Relax	4					4	0,0	-1
Saazer	7			149		156	0,8	0
Saphir	410	19	43	20		492	2,4	-23
Smaragd	64	1	17			83	0,4	1
Spalter	0	118				118	0,6	-2
Spalter Select	489	98	20	4		611	3,0	33
Tettnanger			732			732	3,6	-18
<b>Gesamt (ha)</b>	<b>9 017</b>	<b>370</b>	<b>1152</b>	<b>669</b>	<b>15</b>	<b>11 222</b>	<b>55,0</b>	<b>37</b>
<b>Anteil (%)</b>	<b>44,2</b>	<b>1,8</b>	<b>5,6</b>	<b>3,3</b>	<b>0,1</b>	<b>55,0</b>		<b>0,2</b>

## Bittersorten

Sorte	Hallertau	Spalt	Tett nang	Elbe-Saale	übrige Anb.-geb.	Deutschland	Sortenanteil in %	Veränderung in ha
Hallertauer Magnum	1 320	3		628	3	1 954	9,6	-38
Hallertauer Merkur	10	3				12	0,1	-2
Hallertauer Taurus	213	1	0	14		228	1,1	-30
Herkules	6 122	37	262	128	5	6 554	32,1	245
Nugget	111			12		123	0,6	-5
Polaris	160		19	96		275	1,3	51
Record	1					1	0,0	0
Sonstige	42	1	4	1		48	0,2	16
Target					0	0	0,0	0
<b>Gesamt (ha)</b>	<b>7 978</b>	<b>45</b>	<b>286</b>	<b>878</b>	<b>8</b>	<b>9 195</b>	<b>45,0</b>	<b>237</b>
<b>Anteil (%)</b>	<b>39,1</b>	<b>0,2</b>	<b>1,4</b>	<b>4,3</b>	<b>0,0</b>	<b>45,0</b>		<b>1,2</b>

## Alle Sorten

Sorte	Hallertau	Spalt	Tett nang	Elbe-Saale	übrige Anb.-geb.	Deutschland	Sortenanteil in %	Veränderung in ha
<b>Gesamt (ha)</b>	<b>16 995</b>	<b>415</b>	<b>1 438</b>	<b>1547</b>	<b>22</b>	<b>20 417</b>	<b>100,0</b>	<b>274</b>
<b>Anteil (%)</b>	<b>83,2</b>	<b>2,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,6</b>	<b>0,1</b>	<b>100,0</b>		<b>1,3</b>

### 1.2 Erntemengen, Erträge und Alphasäuregehalte

Die Hopfenernte 2019 in Deutschland betrug 48 472 220 kg (= 969 444 Ztr.) und übertraf die Vorjahresernte (41 794 270 kg bzw. 835 884 Ztr.) mit 16 % deutlich. Trotz der Flächenausdehnung (274 ha) und des höheren Anteils hoch ertragreicher Sorten war diese große Erntemenge angesichts des Witterungsverlaufs mit langen Hitze- und Trockenperioden in einigen Anbaugebieten nicht unbedingt zu erwarten. Während im Anbaugebiet Spalt deutliche Ertragseinbußen aufgrund mangelnder Niederschläge und eines Unwetters kurz vor der Ernte zu verzeichnen waren, fiel im Anbaugebiet Tett nang ausreichend Regen, der dieser Region eine Rekordernte bescherte.

Mit durchschnittlich 2 374 kg/ha bezogen auf die Gesamtfläche liegt der Hektarertrag deutlich über dem Vorjahreswert von 2 075 kg/ha auf einem rekordverdächtig hohen Niveau.

Die Alphasäuregehalte der wichtigsten Aromasorten lagen 2019 meist über dem Durchschnitt der letzten 5 Jahre, reichten aber an das 10 jährige Mittel nicht heran. Bei den Bittersorten enttäuschte Hallertauer Magnum, dessen Alphasäuregehalt nicht einmal an das 5-jährige Mittel herankam. Positiv überraschten die Hochalphasorten Hallertauer Taurus und Herkules, deren Alphagehalte im Durchschnitt der letzten 10 Jahre lagen. Insgesamt dürfte die 2019 produzierte Alphasäuremenge in Deutschland bei 5 260 t liegen; das sind 1 260 t oder beinahe ein Drittel mehr als im vergangenen Jahr.

Tab. 1.4: Erntemengen und Hektarerträge von Hopfen in Deutschland

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Ertrag kg/ha bzw. (Ztr./ha)</b>	2 224 kg (44,5 Ztr.)	1 587 kg (31,7 Ztr.)	2 299 kg (46,0 Ztr.)	2 126 kg (42,5 Ztr.)	2 075 kg (41,5 Ztr.)	2 374 kg (47,5 Ztr.)
<b>Anbaufläche in ha</b>	17 308	17 855	18 598	19 543	20 144	20 417
<b>Gesamternte in kg bzw. Ztr.</b>	38 499 770 kg = 769 995 Ztr.	28 336 520 kg = 566 730 Ztr.	42 766 090 kg = 855 322 Ztr.	41 556 250 kg = 831 125 Ztr.	41 794 270 kg = 835 884 Ztr.	48 472 220 kg = 969 444 Ztr.

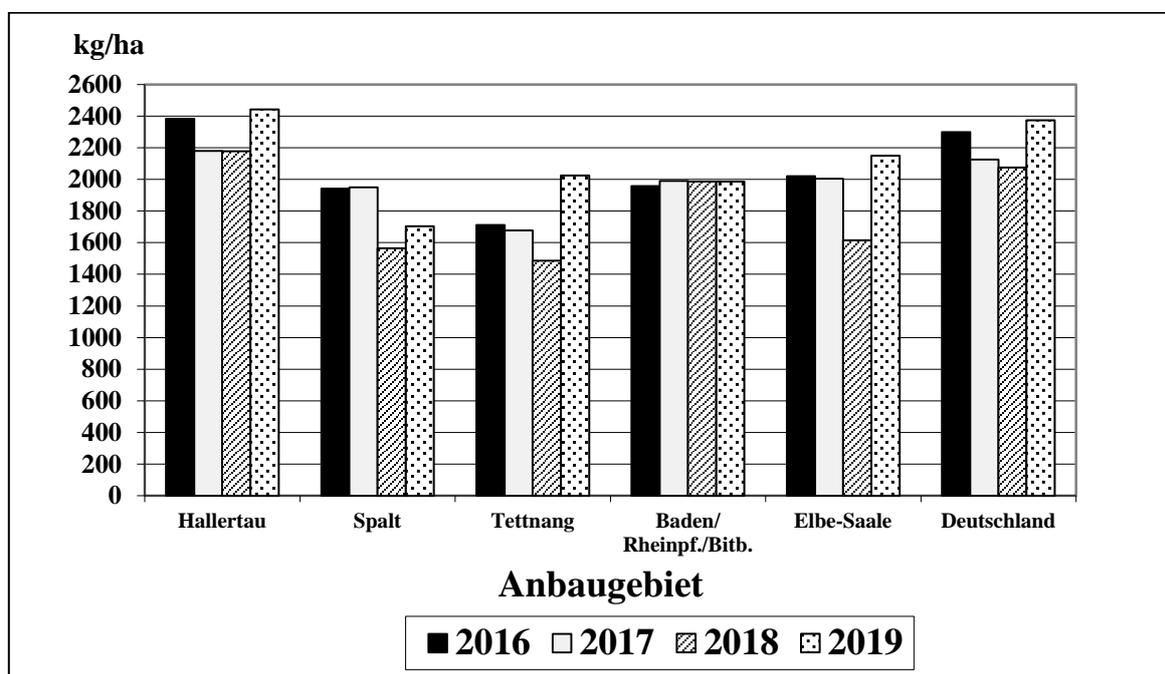


Abb. 1.4: Durchschnittserträge der einzelnen Anbauggebiete in kg/ha

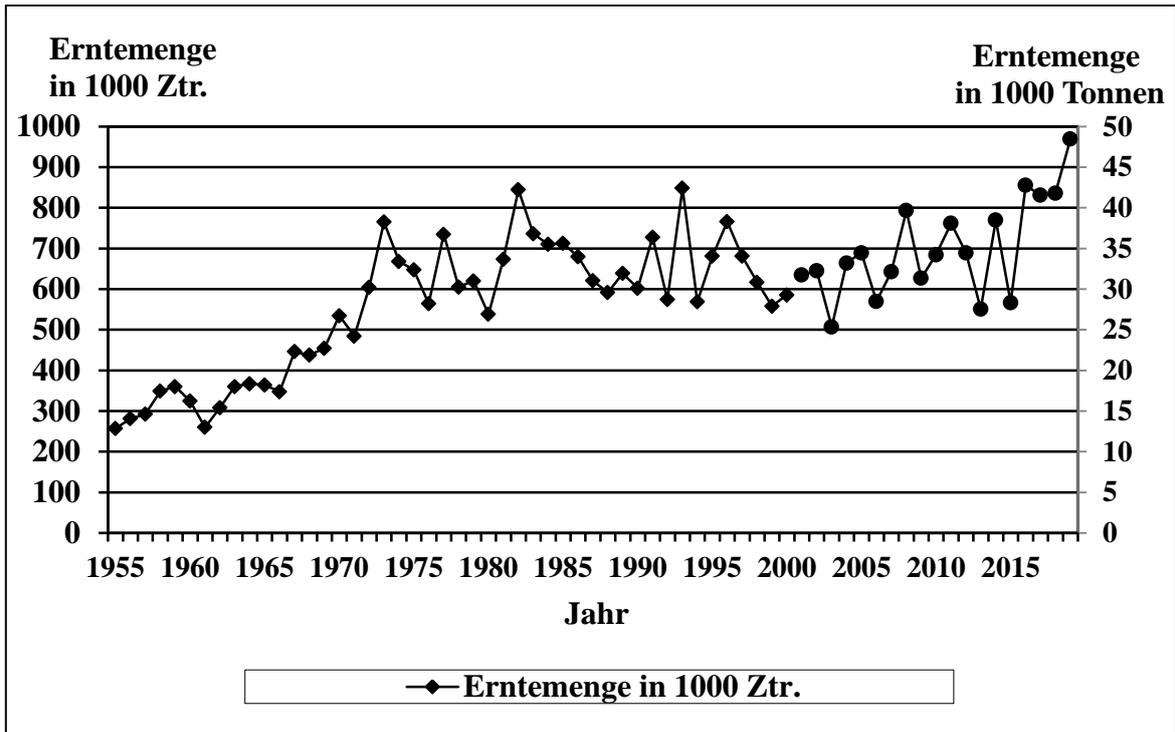


Abb. 1.5: Erntemengen in Deutschland

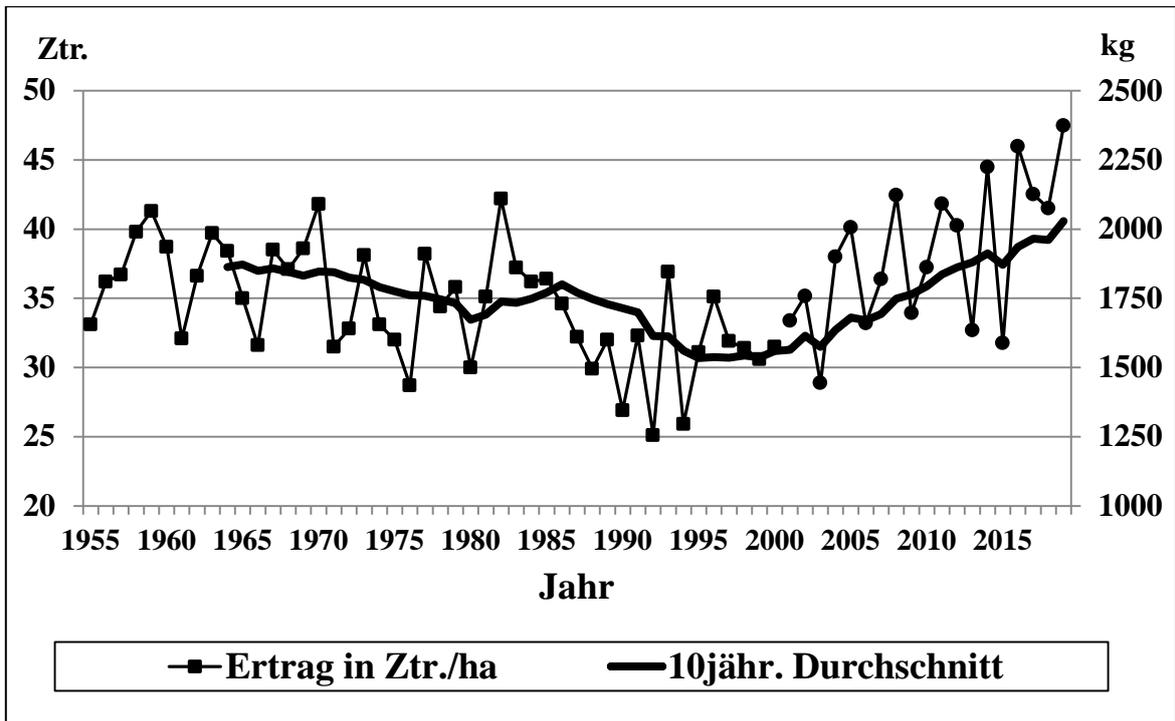


Abb. 1.6: Durchschnittsertrag (Ztr. bzw. kg/ha) in Deutschland

Tab. 1.5: Hektar-Erträge in den deutschen Anbaubereichen

Anbaubereich	Erträge in kg/ha Gesamtfläche								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Hallertau	2 151	2 090	1 638	2 293	1 601	2 383	2 179	2 178	2 441
Spalt	1 759	1 383	1 428	1 980	1 038	1 942	1 949	1 564	1 704
Tettwang	1 460	1 323	1 184	1 673	1 370	1 712	1 677	1 486	2 024
Bad. Rheinpf./ Bitburg	2 202	2 353	1 953	2 421	1 815	1 957	1 990	1 985	1 985
Elbe-Saale	2 071	1 983	2 116	2 030	1 777	2 020	2 005	1 615	2 150
Æ Ertrag je ha <b>Deutschland</b>	<b>2 091 kg</b>	<b>2 013 kg</b>	<b>1 635 kg</b>	<b>2 224 kg</b>	<b>1 587 kg</b>	<b>2 299 kg</b>	<b>2 126 kg</b>	<b>2 075 kg</b>	<b>2 374 kg</b>
Gesamternte Deutschland (t bzw. Ztr.)	38 111 t 762 212	34 475 t 698 504	27 554 t 551 083	38 500 t 769 995	28 337 t 566 730	42 766 t 855 322	41 556 t 831 125	41 794 t 835 884	48 472 t 969 444
Anbaufläche Deutschland (ha)	18 228	17 124	16 849	17 308	17 855	18 598	19 543	20 144	20 417

Tab. 1.6: Alpha-Säurewerte der einzelnen Hopfensorten

Anbaubereich/Sorte	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Ø 5 Jahre	Ø 10 Jahre
Hallertau Hallertauer	3,8	5,0	4,6	3,3	4,0	2,7	4,3	3,5	3,6	<b>4,1</b>	<b>3,6</b>	<b>3,9</b>
Hallertau Hersbrucker	3,5	4,5	3,0	1,9	2,1	2,3	2,8	2,3	2,0	<b>2,5</b>	<b>2,4</b>	<b>2,7</b>
Hallertau Hall. Saphir	4,5	5,3	4,4	2,6	3,9	2,5	4,0	3,0	3,3	<b>3,3</b>	<b>3,2</b>	<b>3,7</b>
Hallertau Opal	8,6	9,7	9,0	5,7	7,3	5,9	7,8	7,2	6,4	<b>7,3</b>	<b>6,9</b>	<b>7,5</b>
Hallertau Smaragd	7,4	8,0	6,0	4,3	4,7	5,5	6,2	4,5	3,0	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>	<b>5,5</b>
Hallertau Perle	7,5	9,6	8,1	5,4	8,0	4,5	8,2	6,9	5,5	<b>6,7</b>	<b>6,4</b>	<b>7,0</b>
Hallertau Spalter Select	5,7	6,4	5,1	3,3	4,7	3,2	5,2	4,6	3,5	<b>4,4</b>	<b>4,2</b>	<b>4,6</b>
Hallertau Hall. Tradition	6,5	7,1	6,7	5,0	5,8	4,7	6,4	5,7	5,0	<b>5,4</b>	<b>5,4</b>	<b>5,8</b>
Hallertau Mand. Bavaria			8,8	7,4	7,3	7,0	8,7	7,3	7,5	<b>7,9</b>	<b>7,7</b>	
Hallertau Hall. Blanc			9,6	7,8	9,0	7,8	9,7	9,0	8,8	<b>9,0</b>	<b>8,9</b>	
Hallertau Huell Melon			7,3	5,3	5,4	5,8	6,8	6,2	5,8	<b>6,6</b>	<b>6,2</b>	
Hallertau North. Brewer	9,7	10,9	9,9	6,6	9,7	5,4	10,5	7,8	7,4	<b>8,1</b>	<b>7,8</b>	<b>8,6</b>
Hallertau Polaris			20,0	18,6	19,5	17,7	21,3	19,6	18,4	<b>19,4</b>	<b>19,3</b>	
Hallertau Hall. Magnum	13,3	14,9	14,3	12,6	13,0	12,6	14,3	12,6	11,6	<b>12,3</b>	<b>12,7</b>	<b>13,2</b>
Hallertau Nugget	11,5	13,0	12,2	9,3	9,9	9,2	12,9	10,8	10,1	<b>10,6</b>	<b>10,7</b>	<b>11,0</b>
Hallertau Hall. Taurus	16,3	17,4	17,0	15,9	17,4	12,9	17,6	15,9	13,6	<b>16,1</b>	<b>15,2</b>	<b>16,0</b>
Hallertau Herkules	16,1	17,2	17,1	16,5	17,5	15,1	17,3	15,5	14,6	<b>16,2</b>	<b>15,7</b>	<b>16,3</b>
Tettwang Tettwanger	4,0	5,1	4,3	2,6	4,1	2,1	3,8	3,6	3,0	<b>3,8</b>	<b>3,3</b>	<b>3,6</b>
Tettwang Hallertauer	4,2	5,1	4,7	3,3	4,6	2,9	4,4	4,3	3,8	<b>4,3</b>	<b>3,9</b>	<b>4,2</b>
Spalt Spalter	3,7	4,8	4,1	2,8	3,4	2,2	4,3	3,2	3,5	<b>3,9</b>	<b>3,4</b>	<b>3,6</b>
Spalt Spalter Select	5,6	6,4	4,6	3,3	4,5	2,5	5,5	5,2	2,9	<b>4,1</b>	<b>4,0</b>	<b>4,5</b>
Elbe-S. Hall. Magnum	13,1	13,7	14,1	12,6	11,6	10,4	13,7	12,6	9,3	<b>11,9</b>	<b>11,6</b>	<b>12,3</b>

Quelle: Arbeitsgruppe Hopfenanalyse (AHA)

## 2 Witterung und Wachstumsverlauf 2019

LD Johann Portner, Dipl.-Ing. agr

### 2.1 Witterung und Wachstumsverlauf

Das Hopfenjahr 2019 begann mit einem warmen und trockenen Frühjahr. Erst kühlere Temperaturen Ende April und Anfang Mai bremsten das Hopfenwachstum, so dass das Ausputzen und Anleiten, das in der Hallertau bereits am 24. April begonnen hatte, sich bis Mitte Mai in die Länge zog. Die Wachstums- und Entwicklungsverzögerungen, verursacht durch den kühlen Mai und in der Folge durch die große Hitze im Juni und Juli, zogen sich über die Blüte bis zur Ausdoldung und Abreife hin. Im mehrjährigen Vergleich begann die Hopfenernte daher einige Tage später Anfang September.

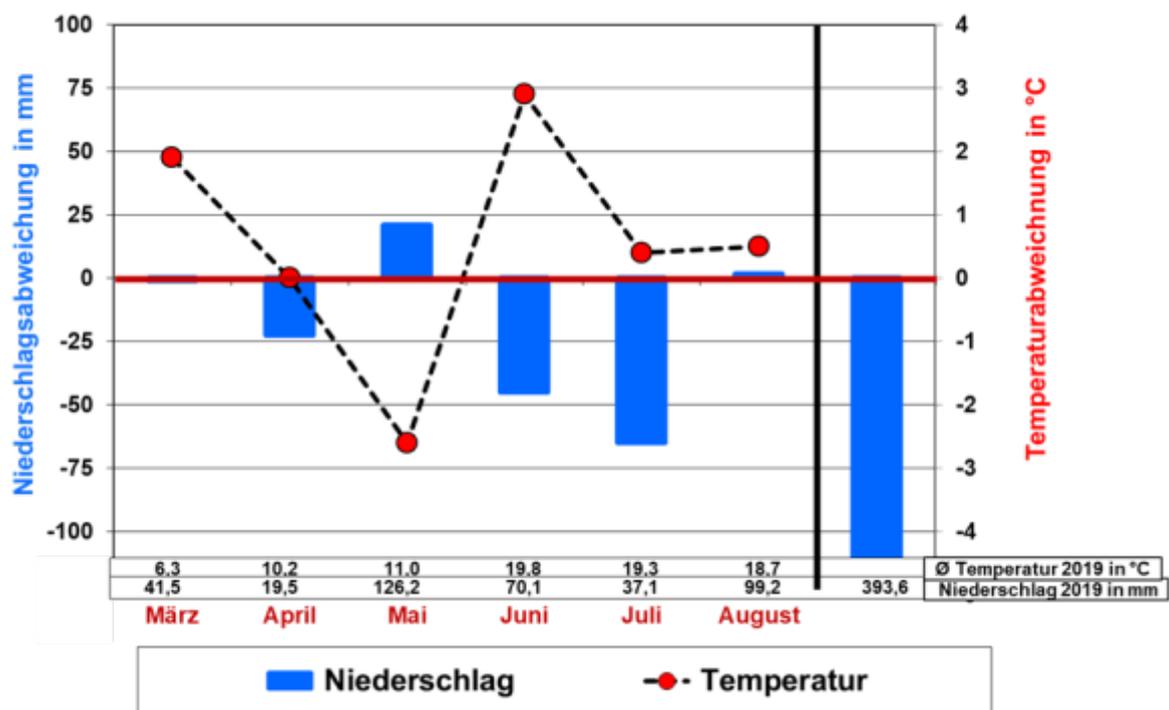


Abb. 2.1: Witterung während der Vegetationsperiode 2019 in Hüll als Abweichung der Monate vom 10 jährigen Durchschnitt

Heftige Gewitter mit großen Niederschlagsmengen innerhalb kurzer Zeit waren nur lokal begrenzt und eher selten, so dass keine großen Erosionsschäden zu verzeichnen waren. Insgesamt fielen im Juni in Hüll nur etwa die Hälfte der sonst üblichen Niederschlagsmenge und im Juli sogar nur ein Drittel. In Gegenden, wo weniger Niederschläge fielen, und auf leichten Böden reagierte der Hopfen mit Trockenstress und Ertragseinbußen. Erst der August brachte ausreichend Niederschläge verbunden mit moderaten Temperaturen, die für viele Hopfengärten zu spät kamen. Besonders auf unbewässerten Standorten oder Böden mit geringerer Wasserspeicherfähigkeit enttäuschten Ertrag und Qualität. Spätere Sorten insbesondere auf guten Hopfenstandorten profitierten noch von der späten wüchsigen Witterung und brachten gute bis überdurchschnittliche Erträge.

## 2.2 Situation bei Krankheit und Schädlingsbefall

Da Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung der Bodenschädlinge mit Ausnahme von Karate Zeon dieses Jahr nicht zur Verfügung standen, kam es lokal zu Problemen mit Befall durch Erdfloh und Liebstockelrüssler.

Peronospora-Primärinfektionen wurden aus der Praxis nur in geringem Umfang gemeldet. Peronosporagefahr durch Sekundärinfektionen bestand erst Anfang Juni, als durch den regenreichen Mai und die zunehmende Erwärmung die in den Sporenfallen gemessenen Zoosporangien die Bekämpfungsschwelle überschritten. Infolge der Hitze und Trockenheit im Juni und Juli sank die Infektionsgefahr schnell ab. Erneute Gefahr bestand erst wieder Ende Juli und im Verlauf des August mit der Zunahme der Niederschläge und Zoosporangienfänge, die 3 weitere Spritzaufrufe zur Folge hatten.

Aufwendig dagegen war wiederum die Bekämpfung des Echten Mehltaus. Erster Befall aus der Praxis wurde bereits ab Mitte Mai gemeldet. Trotz zahlreicher Bekämpfungsmaßnahmen trat der Mehltaupilz im Verlauf der ganzen Saison immer wieder auf, insbesondere bei Bitterhopfen in dichten Herkulesbeständen. Bei der Bonitur des Krankheits- und Schädlingsbefalls im Rahmen der Neutralen Qualitätsfeststellung war der Mehltaubefall der mit Abstand am häufigsten bonitierte Schaderreger.

Die unter den Krankheiten gefürchtete *Verticillium*-Welke trat dieses Jahr ebenfalls wieder verstärkt auf. Ab Mitte Juni konnten erste Symptome und Absterbeerscheinungen beobachtet werden, die sich kurz vor der Ernte noch einmal verstärkten und viele Gärten schon von weitem kennzeichneten.

Dank der Notgenehmigung von Movento SC 100 und der rechtzeitigen Bekämpfung der tierischen Schaderreger konnte der Befall mit der Hopfenblattlaus und der Gemeinen Spinnmilbe mit relativ wenig Aufwand gut in Schach gehalten werden. In Einzelfällen kam es dennoch bei der Ernte zu rot verfärbten Dolden mit Ertrags- und Qualitätseinbußen in Folge eines zu spät erkannten Spinnmilbenbefalls.

## 2.3 Besonderheiten 2019

Im Hopfenjahr 2019 gab es im Anbaugebiet Hallertau keine außergewöhnlichen Ereignisse. Lediglich die Entwicklungsverzögerung und die spätere Abreife sind erwähnenswert. Ansonsten wird das Hopfenjahr 2019 abgesehen von den Wetterkapriolen in jeder Hinsicht als durchschnittliches Jahr in Erinnerung bleiben. Standorte ohne Bewässerung und mit geringerer Wasserspeicherfähigkeit hatten Ertrags- und Qualitätseinbußen zu verzeichnen und konnten z. T. die Verträge nicht erfüllen. Obwohl die trockene Witterung wenige Fungizidmaßnahmen gegen Peronospora erforderlich machte und hier Kosten eingespart werden konnten, wurde dieser Vorteil durch die hohen Aufwendungen zur Bekämpfung von Echtem Mehltau wettgemacht.

Witterungsdaten 2018 (Monatsmittelwerte bzw. Monatssummer) im Vergleich zu den 10\*- und 50\*\*-jährigen 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	2019	-0,4	-6,0	4,5	97,0	88,7	22,0	33,0
	10-j	-0,6	-3,9	2,8	90,8	61,7	15,6	45,3
	50-j	-2,4	-5,1	1,0	85,7	51,7	13,7	44,5
Februar	2019	1,6	-4,6	8,3	89,0	40,0	8,0	132,0
	10-j	-0,3	-4,1	3,9	86,3	38,2	11,6	69,6
	50-j	-1,2	-5,1	2,9	82,8	48,4	12,8	68,7
März	2019	6,3	2,0	9,7	85,0	41,5	14,0	156,0
	10-j	4,4	-0,5	10,3	79,8	42,3	12,2	149,0
	50-j	2,7	-2,3	8,2	78,8	43,5	11,3	134,4
April	2019	10,2	4,6	17,2	71,0	19,5	6,0	240,0
	10-j	10,2	3,2	16,2	73,1	41,7	9,5	200,8
	50-j	7,4	1,8	13,3	75,9	55,9	12,4	165,0
Mai	2019	11,0	4,2	16,2	84,0	126,2	16,0	168,0
	10-j	13,6	7,8	19,6	75,3	105,3	15,9	206,9
	50-j	11,9	5,7	17,8	75,1	86,1	14,0	207,4
Juni	2019	19,8	15,8	25,6	79,0	70,1	8,0	305,0
	10-j	17,0	10,9	23,1	75,9	114,8	14,2	221,3
	50-j	15,3	8,9	21,2	75,6	106,1	14,2	220,0
Juli	2019	19,3	14,1	26,1	79,0	37,1	13,0	250,0
	10-j	18,9	12,3	25,8	75,6	102,3	12,7	247,9
	50-j	16,9	10,6	23,1	76,3	108,4	13,9	240,3
August	2019	18,7	14,8	22,9	88,0	99,2	15,0	225,0
	10-j	18,2	11,7	25,6	79,4	98,3	11,5	244,3
	50-j	16,0	10,2	22,5	79,4	94,9	13,3	218,4
September	2019	13,7	8,2	20,2	89,0	35,7	13,0	178,0
	10-j	13,8	8,3	20,5	84,7	60,4	10,7	170,0
	50-j	12,8	7,4	19,4	81,5	65,9	11,4	174,5
Oktober	2019	10,2	3,3	13,9	96,0	53,9	13,0	111,0
	10-j	8,8	4,3	14,4	89,1	54,1	11,0	113,4
	50-j	7,5	2,8	13,0	84,8	60,0	10,4	112,9
November	2019	4,9	1,1	11,7	99,0	39,3	15,0	38,0
	10-j	4,5	1,2	8,4	92,5	54,6	11,3	60,0
	50-j	3,2	-0,2	6,4	87,5	58,8	12,6	42,8
Dezember	2019	2,4	-3,5	8,3	98,0	40,3	15,0	55,0
	10-j	1,2	-1,9	4,4	92,5	63,9	15,9	39,7
	50-j	-0,9	-4,4	1,6	88,1	49,1	13,3	34,3
Ø-Jahr	2019	9,8	4,5	15,4	87,0	691,5	158,0	1891,0
	10-j	9,1	4,1	14,6	82,9	837,6	152,1	1768,0
	50-j	7,4	2,5	12,5	81,0	828,8	153,3	1663,2

\* 10- jähriges Mittel bezieht sich auf den Zeitraum (2010 - 2019)

\*\* 50- jähriges Mittel bezieht sich auf den Zeitraum (1927 – 1976)

### 3 Forschung

#### 3.1 IPZ 5a – Hopfenbau, Produktionstechnik

##### Laufende über Drittmittel finanzierte Forschungsvorhaben von IPZ 5a (Hopfenbau, Produktionstechnik)

AG Projektleitung, Projektbearbeitung	Projekt	Laufzeit	Kostenträger	Kooperation
<u>IPZ 5a</u> J. Portner, J. Stampfl	Verbesserung der Nährstoffeffizienz von Hopfen durch Düngesysteme mit Fertigation (5612)	2017-2020	Erzeugergemeinschaft HVG	Prof. F. Wiesler, Uni Hohenheim Prof. T. Ebertseder, HSWT Hopfenbaubetriebe IPZ 5c u. IPZ 5d
<u>IPZ 5a</u> J. Portner, A. Schlagenhauser	Stickstoffdynamik in Hopfenböden von Praxisbetrieben bei unterschiedlichen Bodenarten und Düngesystemen (6054)	2018-2021	Erzeugergemeinschaft HVG	21 Hopfenbaubetriebe; IPZ 5b
<u>IPZ 5a</u> J. Portner, A. Schlagenhauser	Versuche zur Kompostierung und Verwertung von Hopfenrebenhäcksel zur Optimierung der Nährstoffeffizienz des organisch gebundenen Stickstoffs (6141)	2018-2021	Erzeugergemeinschaft HVG	Prof. E. Meinken, HSWT Dr. D. Lohr, HSWT Prof. T. Ebertseder, HSWT M. Stadler, FZ Agrarökologie, AELF PAF; IPZ 5c

##### Daueraufgaben und produktionstechnische Versuche

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5a	Aus- und Fortbildung der Hopfenpflanzer	Daueraufgabe	
5a	Produktionstechnische und betriebswirtschaftliche Spezialberatung im Hopfenbau	Daueraufgabe	
5a	Erarbeitung und Aktualisierung von Beratungsunterlagen	Daueraufgabe	
5a	Weitergabe von Beratungsstrategien und Informationsaustausch mit der Verbundberatung	Daueraufgabe	Hopfenring
5a	Durchführung der Peronospora-Befallsprognose und Erstellen von Warndiensthinweisen	Daueraufgabe	
5a	Generierung betriebswirtschaftlicher Daten für Deckungsbeitragsberechnungen und betriebliche Kalkulationen	Daueraufgabe	
5a	Optimierung der PS-Applikations- und Gerätetechnik;	Daueraufgabe	
5a	Optimierung von Techniken und Verfahren zur Vermeidung von Bodenerosion und Förderung der Bodenfruchtbarkeit im Hopfen	Daueraufgabe	IAB
5a	Erarbeitung von Strategien und Maßnahmen zur Vermeidung von Nitratverlagerung und „Run Off“ im Hopfenanbau	Daueraufgabe	IAB, Wasserberater, AELF PAF u. SR, ECOZEPT
5a	HopfeNO <sub>3</sub> - praxisnahe Optimierung des Stickstoffkreislaufes im Hopfenanbau	2016-2020 (2022)	Fa. Ecozept, LfU Leader-AG

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5a	Einfluss der Anzahl und Terminierung der N-Düngergaben auf Ertrag und Qualität	2017-2019	Hopfenbaubetriebe
5a	Einsatz der Wärmebildtechnik zur Optimierung der Hopfentrocknung	2018-2019	Hopfenbaubetriebe
5a	Optimierung der Darreinstellungen an das unterschiedliche Trocknungsverhalten der Hopfensorten in Hordendarren	2018-2020	Hopfenbaubetriebe
5a	Optimierung der Trocknungsabläufe in Bandtrocknern	2018-2020	Hopfenbaubetriebe
5a	Untersuchung der Wurzel- und Nährstoffverteilung im Bodenprofil in Abhängigkeit von Bewässerung und Tropfschlauchpositionierung (2 Bachelorarbeiten)	2019	TUM / HSWT Florian Weiß Isabella Riedl
5a	Untersuchung von Aufnahmegeschwindigkeit und Verteilung von über Fertigation ausgebrachten markierten Stickstoff (15-N) (Masterarbeit)	2019	TUM / HSWT Martin Waldinger
5a	Untersuchung des Ertragsaufbaus von Hopfen in Abhängigkeit von Höhe und Zeitpunkt der N-Düngung (2 Bachelorarbeiten)	2019	HSWT Anna Baum Simon Arnold

### 3.2 IPZ 5b - Pflanzenschutz im Hopfenbau

#### Laufende über Drittmittel finanzierte Forschungsvorhaben von IPZ 5b (Pflanzenschutz im Hopfenbau)

AG Projektleitung, Projektbearbeitung	Projekt	Laufzeit	Kostenträger	Kooperation
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer, K. Lutz	GfH-Projekt zur <i>Verticillium</i> -Forschung	2017-2023	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	IPZ 5c, Dr. E. Seigner, P. Hager, R. Enders, J. Kneidl, A. Lutz Dr. Radišek , Slov. Institute of Hop
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer, K. Lutz	Biologische Bodenentseuchung	2018-2019	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG	IPZ 5c, IPZ 5a
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer, K. Lutz	<i>Verticillium</i> -Selektionsgärten Niederlauterbach (ab 2015) Engelbrechtsmünster (ab 2016) Gebrontshausen (ab 2021)	2015-2024	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG	IPZ 5c
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer	GfH-Techniker-AMP G. Thalmeier K. Kaindl	2019-2020	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	

### 3.3 IPZ 5c – Züchtungsforschung Hopfen

#### Laufende über Drittmittel finanzierte Forschungsvorhaben von IPZ 5c (Züchtungsforschung Hopfen)

AG Projektleitung, Projektbearbeitung	Projekt	Laufzeit	Kostenträger	Kooperation
<u>IPZ 5c</u> A. Lutz Dr. E. Seigner	Kreuzungszüchtung bei der Landsorte Tettnanger	2011-2020	Tettnanger Hopfenpflanzerverband; Erzeugergem. Hopfen HVG; Ministerium für ländlichen Raum (MLR), Baden-Württemberg; GfH (bis 2014)	IPZ 5d, Dr. K. Kamhuber & Team; Versuchsgut Straß, F. Wöllhaf; B. Bohner, G. Bader
<u>IPZ 5c</u> A. Lutz Dr. E. Seigner	Entwicklung von leistungsstarken, gesunden Hochalphasorten mit besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet	2016-2020	Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft; Ministerium f. Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt; Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen; Erzeugergem. Hopfen HVG e.G.	IPZ 5d: Dr. K. Kamhuber & Team; Hopfenpflanzerverband Elbe-Saale e.V.; Betrieb Berthold, Thüringen; Hopfengut Lautitz, Sachsen; Agrargenoss. Querfurt, Sachsen-Anhalt
<u>IPZ 5c</u> Dr. E. Seigner A. Lutz	Genombasierte Präzisionszüchtung für zukunftsweisende Qualitätshopfen	2017-2020	Landwirtschaftliche Rentenbank	IPZ 5d: Dr. K. Kamhuber & Team; IPZ 1d: Prof. Dr. V. Mohler; IPZ 2c: Dr. Th. Albrecht; Universität Hohenheim: Prof. Dr. J. Wünsche, Dr. M.H. Hagemann; Pflanzenbiotechnologie und Molekularbiologie (PBM): Prof. Dr. G. Weber; Gesellschaft für Hopfenforschung: W. König; Hopfenverwertungsgen. HVG: Dr. E. Lehmailr
<u>IPZ 5c</u> Dr. E. Seigner A. Lutz	Teilprojekt zur Präzisionszüchtung Hopfen: Mehltreuresistenztestung für genomweite Assoziationskartierung	2016-2020	Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft (Wifö)	EpiLogic, Freising; Universität Hohenheim: Prof. Dr. J. Wünsche, Dr. M.H. Hagemann; Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie Tübingen: Prof. Weigel
<u>IPZ 5c</u> Dr. E. Seigner	Forschung und Arbeiten zur <i>Verticillium</i> -Welke bei Hopfen – molekularer Nachweis von <i>Verticillium</i>	2015-2021	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG	IPZ 5c: A. Lutz; IPZ 5b: S. Euringer, K. Lutz; Dr. Radišek, Slov. Institute of Hop Research and Brewing, Slowenien
<u>IPZ 5c</u> Dr. E. Seigner A. Lutz	Mehltauisolate und ihr Einsatz in der Mehltreuresistenzzüchtung bei Hopfen	2017-2020	Gesellschaft für Hopfenforschung	EpiLogic, Freising

## Daueraufgaben Züchtungsforschung Hopfen

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5c	Züchtung von Hopfensorten mit ausgezeichneter Brauqualität	Daueraufgabe	IPZ 5d: Dr. K. Kammhuber & Team; Beratungsgremium der GfH; TUM, Lehrstuhl Getränke- und Brautechnologie; Bitburger Versuchsbrauerei; Versuchsbrauerei St. Johann; Brauer weltweit; Hopfenpflanzler
5c	Züchtung von resistenten Qualitätshopfen mit besonderer Eignung für den Anbau in Niedriggerüstanlagen	seit 2012	IPZ 5d: Dr. K. Kammhuber & Team; EpiLogic, Freising
5c	Züchtung von Qualitätssorten mit erhöhten Gehalten an gesundheitsfördernden, antioxidativen und mikrobiellen Substanzen, auch für alternative Anwendungsbereiche außerhalb der Brauindustrie	Daueraufgabe	IPZ 5d; EpiLogic, Freising
5c	Testung auf Blattlausresistenz	Daueraufgabe	IPZ 5b: M. Felsl
5c	Blattsytem zur Testung von Hopfen auf Peronospora-Toleranz zur Züchtung krankheitstoleranter Hopfen	Daueraufgabe seit 2012	
5c	Schnellere Bereitstellung von gesundem Hopfen durch verbesserte <i>in vitro</i> -Gewebekultur	Daueraufgabe seit 2015	IPZ 5b: M. Mühlbauer; IPS 2c: Dr. L. Seigner
5c	Anbau, Bonituren und Ernte von Hopfen für die Registerprüfung des CPVO (Gemeinschaftliches Sortenamt der EU)	Daueraufgabe	IPZ 5d: Dr. K. Kammhuber & Team
5c	Reihenversuchsanbau mit Praxisbetrieben	Daueraufgabe	IPZ 5d: Dr. K. Kammhuber & Team
5c	Biogeneseversuche zur Information von Hopfen- und Brauwirtschaft über Reifezustand und Ernteprognosen	Daueraufgabe	IPZ 5d: Dr. K. Kammhuber & Team; IPZ 5a

### 3.4 IPZ 5d – Hopfenqualität und –analytik

#### Laufende über Drittmittel finanzierte Forschungsvorhaben von IPZ 5d (Hopfenqualität und -analytik)

AG Projektleitung, Projektbearbeitung	Projekt	Laufzeit	Kostenträger	Kooperation
IPZ 5d Dr. K. Kammhuber	Isolierung, Identifikation und Analytik von Multifidolen in Hopfen	2019-2020	Wissenschaftliche Station für Brauerei München e.V.	TU Berlin Dr. Witstock

## Daueraufgaben Hopfenqualität und -analytik

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5d	Durchführung aller analytischen Untersuchungen zur Unterstützung der Arbeitsgruppen des Arbeitsbereichs Hopfen, insbesondere der Hopfenzüchtung	Daueraufgabe	IPZ 5a, IPZ 5b, IPZ 5c, IPZ 5e
5d	Entwicklung und Optimierung einer zuverlässigen Aromaanalytik mit Hilfe der Gaschromatographie-Massenspektroskopie	Daueraufgabe	
5d	Etablierung und Optimierung von NIRS-Methoden für die Hopfenbitterstoffe und den Wassergehalt	Daueraufgabe	
5d	Entwicklung von Analysemethoden für die Hopfenpolyphenole	Daueraufgabe	Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik (AHA)
5d	Organisation und Auswertung von Ringanalysen für die Hopfenlieferverträge	Daueraufgabe	Labore der Hopfenwirtschaft
5d	Analytik, Auswertung und Weiterleitung von Nach- und Kontrolluntersuchungen für die Hopfenlieferverträge	Daueraufgabe	Labore der Hopfenwirtschaft
5d	Sortenüberprüfungen als Amtshilfe für die Lebensmittelüberwachungsbehörden	Daueraufgabe	Lebensmittelüberwachung der Landratsämter
5d	Betreuung der EDV und des Internets für das Hopfenforschungszentrum Hüll	Daueraufgabe	AIW ITP

### 3.5 IPZ 5e – Ökologische Fragen des Hopfenbaus

#### Laufende über Drittmittel finanzierte Forschungsvorhaben von IPZ 5e (Ökologische Fragen des Hopfenbaus)

AG Projektleitung, Projektbearbeitung	Projekt	Laufzeit	Kostenträger	Kooperation
<u>IPZ 5e</u> Dr. F. Weihrauch M. Obermaier	Minimierung des Einsatzes kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen und integrierten Hopfenbau	2014-2021	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.	Betrieb Ludwig Gmeiner, Uttenhofen; Agrolitix GmbH, Erlangen; Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL), Frick, Schweiz; Boku Wien, IFA-Tulln Institut für Umweltbiotechnologie, Österreich
<u>IPZ 5e</u> Dr. F. Weihrauch M. Obermaier	Mikroverkapselte Hopfenextrakte als neuartiges biologisches Fungizid zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus im Hopfenbau	2016-2019	Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. (Wifö)	Betrieb Ludwig Gmeiner, Uttenhofen; Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik (iPAT), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg; Agrolitix GmbH, Erlangen; Hallertauer Hopfenveredelungsgesellschaft m.b.H., Mainburg
<u>IPZ 5e</u> Dr. F. Weihrauch M. Obermaier	Weiterentwicklung kulturspezifischer Strategien für den ökologischen Pflanzen-	2017-2020	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE),	Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW e.V.)

AG Projektleitung, Projektbearbeitung	Projekt	Laufzeit	Kostenträger	Kooperation
	schutz mit Hilfe von Sparten-Netzwerken – Sparte Hopfen		BÖLN-Projekt 2815OE095	
<u>IPZ 5e</u> Dr. F. Weihrauch M. Obermaier	Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau: Was ist überhaupt möglich?	2018-2020	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.	TU München, Lehrstuhl für terrestrische Ökologie (Prof. W. Weisser)
<u>IPZ 5e</u> Dr. F. Weihrauch M. Obermaier	Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbau-Praxis über Untersaaten	2018-2021	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), BÖLN-Projekt 2815NA131; Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH) e.V.	Praxisbetriebe aus dem ökologischen und integrierten Hopfenbau

## 4 Hopfenbau, Produktionstechnik

LD Johann Portner, Dipl.-Ing. agr.

### 4.1 $N_{\min}$ -Untersuchung 2019

Die Stickstoffbodenuntersuchung nach DSN ( $N_{\min}$ ) ist inzwischen zu einem festen Bestandteil der Düngeplanung in den Hopfenbaubetrieben geworden und nach der neuen Düngeverordnung mit mind. 3 Untersuchungen Pflicht für Betriebe, die die Ausnahmeregelungen von der Düngeverordnung für die Rückführung der Rebenhäcksel in Anspruch nehmen oder Hopfenflächen in den „Roten Gebieten“ bewirtschaften.

2019 beteiligten sich in den bayerischen Anbaugebieten Hallertau und Spalt drei Viertel der Hopfenbaubetriebe an der DSN-Untersuchung. Dabei wurden 4 078 Hopfengärten (2018: 4 010 Proben) auf den  $N_{\min}$ -Gehalt untersucht. Der durchschnittliche  $N_{\min}$ -Gehalt der bayerischen Hopfenböden war mit 66 kg N/ha 2019 etwas höher als im Vorjahr (51 kg N/ha). Zurück zu führen ist dies auf den trocknen Sommer 2018 mit einer vielfach niedrigeren Stickstoffaufnahme. Vermutlich ist auch während des nassen Herbstes noch Stickstoff mineralisiert worden, so dass die höheren  $N_{\min}$ -Werte im Frühjahr 2019 nicht verwundern. Wie jedes Jahr waren bei den  $N_{\min}$ -Untersuchungen große Schwankungen zwischen den Betrieben und innerhalb der Betriebe zwischen den einzelnen Hopfengärten und Sorten festzustellen.

Nach der neuen Düngeverordnung (DüV) muss jeder Hopfenpflanzer den Düngebedarf für Stickstoff (N) unter Berücksichtigung der im Boden verfügbaren Menge jährlich vor der ersten Düngung für alle Schläge oder Bewirtschaftungseinheiten nach definierten Vorgaben ermitteln.

Betriebe in den sogenannten weißen und grünen Gebieten, die keine eigenen  $N_{\min}$ -Untersuchungen durchführen mussten oder nicht für alle Hopfenschläge  $N_{\min}$ -Ergebnisse haben, können zur Berechnung des N-Bedarfs für diese Schläge auf die regionalisierten Durchschnittswerte in der Tabelle zurückgreifen:

Tab. 4.1: Probenzahl, vorläufige und endgültige  $N_{\min}$ -Werte 2019 in den Landkreisen bzw. Anbauregionen

Landkreis/Anbaugebiet	Anzahl Untersuchungen	Vorläufiger $N_{\min}$ -Wert (Stand 25.03.2019)	Endgültiger $N_{\min}$ -Wert
Eichstätt (inkl. Kinding)	276	83	<b>74</b>
Freising	406	62	<b>64</b>
Hersbruck	83	59	<b>56</b>
Kelheim	1.567	66	<b>65</b>
Landshut	242	75	<b>75</b>
Pfaffenhofen (u. Neuburg-Schrobenhausen)	1.374	62	<b>61</b>
Spalt	130	90	<b>90</b>
<b>Bayern</b>	<b>4.078</b>	<b>66</b>	<b>66</b>

Hopfenbaubetriebe, die die Stickstoffbedarfsermittlung bereits mit den vorläufigen  $N_{min}$ -Durchschnittswerten ihres Landkreises oder ihrer Anbauregion gerechnet haben, müssen den  $N_{min}$ -Wert nur korrigieren, wenn der endgültige  $N_{min}$ -Wert um mehr als 10 kg N/ha höher als der vorläufige  $N_{min}$ -Wert ist. 2019 traf dies in keinem Landkreis bzw. Anbaugbiet zu.

Betriebe mit Hopfenanbau in den **roten Gebieten** mussten 2019 mind. 3 Hopfenschläge auf  $N_{min}$  untersuchen lassen. Lagen weitere Hopfenflächen im roten Gebiet, musste der betriebliche  $N_{min}$ -Durchschnittswert auf die anderen Flächen übertragen werden!

In der nachfolgenden Grafik ist die Zahl der  $N_{min}$ -Untersuchungen und  $N_{min}$ -Gehalte in Bayern im Verlauf der Jahre zusammengestellt.

Da nach der Düngeverordnung für alle Schläge ein individueller Stickstoffdüngbedarf errechnet werden muss, konnte eine durchschnittliche Düngeempfehlung für Stickstoff ab 2018 nicht mehr ermittelt und ausgewiesen werden.

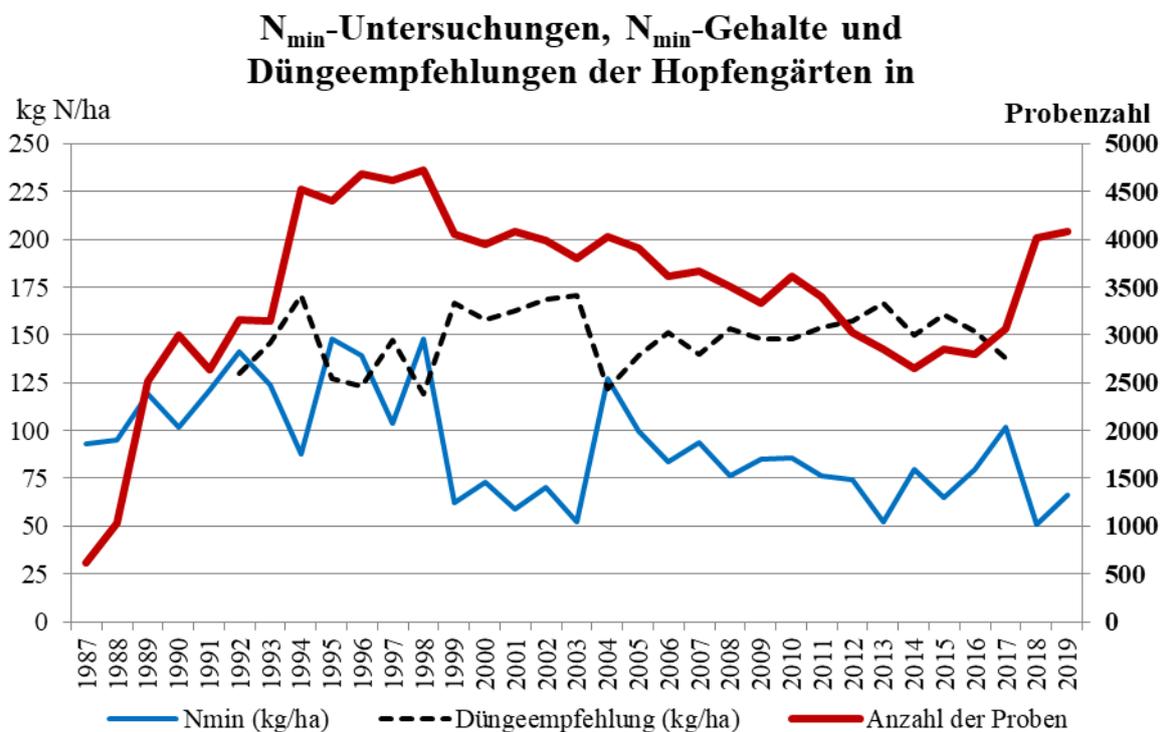


Abb. 4.1:  $N_{min}$ -Untersuchungen,  $N_{min}$ -Gehalte und Düngeempfehlungen (bis 2017) der Hopfengärten in Bayern im Verlauf der Jahre

## 4.2 Verbesserung der Nährstoffeffizienz von Hopfen durch Dünge-systeme mit Fertigation (ID 5612)

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenbau, Produktionstechnik (IPZ 5a)
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft HVG e. G.
<b>Projektleitung:</b>	J. Portner
<b>Bearbeitung:</b>	J. Stampfl, S. Fuß
<b>Kooperation:</b>	Prof. Dr. T. Ebertseder, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf Prof. Dr. F. Wiesler, LUFA Speyer Hopfenbaubetriebe in der Hallertau
<b>Laufzeit:</b>	März 2017 - Dezember 2020

Für ein stabiles Ertrags- und Qualitätsniveau stellt die Sonderkultur Hopfen hohe Ansprüche an die Wasserversorgung, wobei nicht nur die absolute Wassermenge, sondern auch die zeitliche Verteilung der Niederschläge wichtig ist. Vor diesem Hintergrund kann Bewässerung sowohl in Trockenjahren als auch bei ungleichmäßiger Niederschlagsverteilung zur Ertragsabsicherung sowie Risikominimierung von Bedeutung sein. Neben Sicherstellung der Wasserversorgung von Pflanzen bieten Bewässerungssysteme aber auch die Möglichkeit, Pflanzennährstoffe mit dem Wasser auszubringen, wodurch eine exakte Steuerung von Zeitpunkt und Menge ermöglicht wird. Diese Form der Düngung wird als Fertigation bezeichnet und kommt in der Landwirtschaft vor allem in sehr trockenen Regionen der Welt zum Einsatz (z. B. Yakima Valley in den USA). Fertigation ermöglicht durch die gezielte Anpassung der Nährstoffversorgung an den Pflanzenbedarf im Verlauf der Vegetation eine optimale Pflanzenernährung und bietet zusätzlich den Vorteil, dass auch Umweltwirkungen wie Nährstoffausträge in andere Ökosysteme (z. B. Grundwasser) minimiert werden können. In der Hallertau wird ein Großteil der Pflanzennährstoffe durch das oberflächige Streuen granulierter Dünger ausgebracht, wobei vor allem unter trockenen Bedingungen die Gefahr besteht, dass diese nicht rechtzeitig zur Wirkung kommen und somit ungenutzt im Boden verbleiben. Im Rahmen des Forschungsprojekts werden an der LfL im Zeitraum von 2017 bis 2020 Versuche im Hopfen zur optimalen Bewässerung und Fertigation im Hinblick auf die Stickstoff-Effizienz im Hopfenbau durchgeführt.

### Projektziele

- Optimierung der N-Düngung durch Anpassung der Ausbringzeitpunkte und -mengen
- Entwicklung von N-Düngesystemen mit Fertigation zur Anpassung der N-Ausbringung an:
  - è Aufnahmeverlauf der Hopfenpflanze
  - è N-Nachlieferung aus dem Boden
- Etablierung von Messmethoden zur Erfassung des aktuellen N-Versorgungszustandes einer Hopfenpflanze
- Verbesserung der N-Effizienz und Minimierung von N-Austrägen in andere Ökosysteme



Abb. 4.2: Tropfbewässerung Hopfen    Abb. 4.3: Düngereinspeisevorrichtung zur Fertigation

### Methodik

- Anlage und Durchführung exakter Düngungs- und Bewässerungsversuche im Zeitraum von 2017 bis 2019 an verschiedenen Standorten und Sorten
- Beerntung der Feldversuche zur Ermittlung der Dolden- und Restpflanzen-TM
- Analyse der Nährstoffgehalte in Dolden und Restpflanze
- Berechnung der N-Entzüge zur Beurteilung der N-Ausnutzung
- Entnahme von Bodenproben im Frühjahr und Herbst zur  $N_{\min}$ -Analyse
- Ermittlung der Biomasseentwicklung und Nährstoffaufnahme aktueller Hopfensorten im Vegetationsverlauf
- Wöchentliche Ausbringung definierter Stickstoff-Mengen über das Bewässerungswasser zum Zeitpunkt größter Aufnahmeraten (Abb. 4.3)
- Durchführung von Chlorophyll- sowie reflexionsoptischer Messungen zur Bestimmung des aktuellen N-Versorgungszustandes
- Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Wasserapplikationsformen bei verschiedenen N-Düngesystemen
- Anwendung klimatischer Modelle in Kombination mit Bodenfeuchte-Sensoren zur standortangepassten Bemessung der Wassergaben.

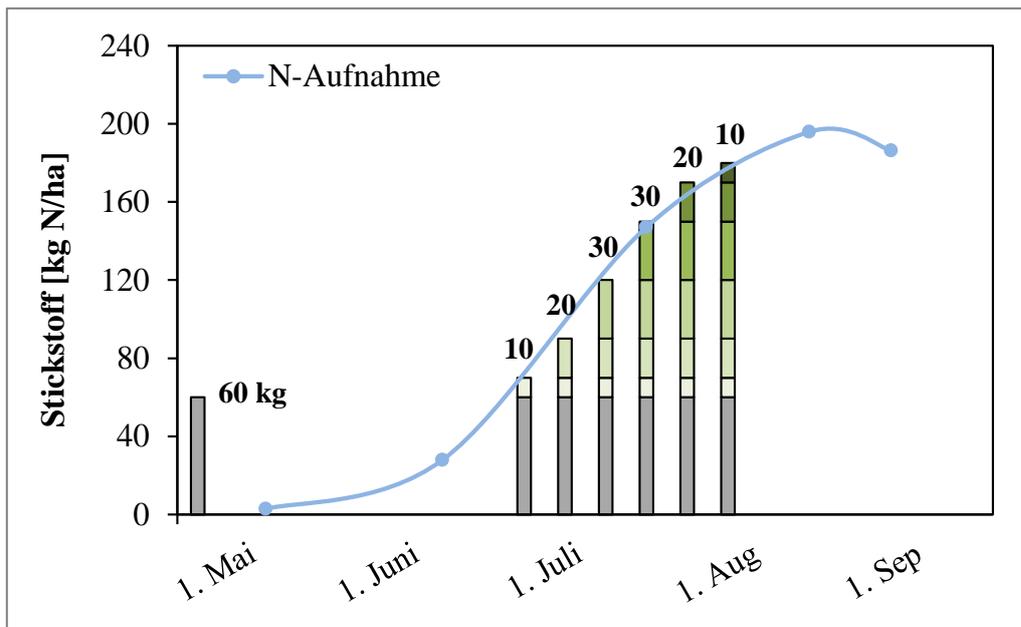


Abb. 4.4: N-Düngesystem mit Fertigation (1/3 Gestreut, 2/3 Fertigation) und N-Aufnahme des Hopfens im Vegetationsverlauf.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse des Projekts aus den Jahren 2017 bis 2019 zeigen, dass der Ertrag und die Qualität von Hopfen durch N-Düngesysteme mit Fertigation gezielt optimiert werden können. Dabei stellte sich heraus, dass auch der Zeitpunkt der N-Ausbringung den Doldenertrag beeinflussen kann. Des Weiteren konnte in allen 3 Versuchsjahren gezeigt werden, dass sich die Alphasäurebildung in Folge einer zu hohen oder zu spät ausgebrachten N-Düngung reduziert. Grundsätzlich zeigte sich, dass Fertigation nicht nur als Ergänzung zur Bewässerung zu sehen ist, sondern vielmehr ein neues effizientes Düngesystem darstellt, das gewährleistet, dass eine bedarfsgerechte und umweltverträgliche Stickstoffernährung der Hopfenpflanze unabhängig von Trockenperioden möglich ist.

Im Vergleich zur ausschließlich granulierten N-Düngung bildeten über Fertigation gedüngte Pflanzen neben höheren Doldenerträgen auch insgesamt mehr Biomasse. Dies führte unter Berücksichtigung der jeweiligen N-Gehalte in der Pflanzenmasse, bei gleicher Höhe der N-Düngung, zu erhöhten N-Entzügen. An unterschiedlichen Standorten und Sorten konnte somit gezeigt werden, dass sich die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs deutlich verbessert, wenn ein Teil davon über das Bewässerungswasser appliziert wird.

Der Einsatz von Tropfbewässerung bzw. die Nutzung von Düngesystemen mit Fertigation ermöglicht somit nicht nur die Optimierung agronomischer Kennzahlen wie Ertrag und Qualität von Hopfen, sondern auch die Reduktion des Risikos von N-Austrägen in andere Ökosysteme, z. B. Nitrat-Auswaschung ins Grundwasser.

### **4.3 Stickstoffdynamik in Hopfenböden bei unterschiedlichen Bodenarten und Düngesystemen (ID 6054)**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenbau, Produktionstechnik (IPZ 5a)
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft HVG
<b>Projektleiter:</b>	J. Portner
<b>Bearbeitung:</b>	A. Schlagenhauser
<b>Kooperation:</b>	Hopfenbaubetriebe der Hallertau
<b>Laufzeit:</b>	01.03.2018 - 28.02.2021

#### **Hintergrund**

In der Hallertau wird die Sonderkultur Hopfen in einer hohen Flächendichte angebaut. Da die Intensivkultur Hopfen eine sehr hohe Wertschöpfung hat, war in der Vergangenheit die N-Düngung nicht der begrenzende Faktor in der Produktion. Das Grundwasser weist außerdem in vielen Gegenden erhöhte Nitratgehalte auf und häufig sind die Böden im Frühjahr gut mit Stickstoff versorgt. Gefördert werden die höheren Werte möglicherweise auch durch die Rückführung der Rebenhäcksel oder anderer im Herbst ausgebrachter organischer Dünger. Verbleibende Reststickstoffmengen im Boden werden nach der Ernte vom Hopfen nicht mehr aufgenommen. Lediglich mit Zwischenfrüchten kann man diese Stickstoffmengen teilweise abschöpfen. Der im Boden verbleibende Stickstoff unterliegt der Verlagerung und kann zur Nitratauswaschung führen.

#### **Ziel**

Im Rahmen des Projektes soll die Stickstoffdynamik in Hopfenböden von 21 Hopfenbaubetrieben untersucht werden. Dazu werden intensive Nmin-Beprobungen im Frühjahr, Herbst und Winter durchgeführt. Außerdem wird für diese Flächen der notwendige Stickstoffbedarf ermittelt, die tatsächliche N-Düngung erhoben und ein betrieblicher Nährstoffvergleich erstellt. Dadurch können die Stickstoffverlagerung und das Verlustpotential im Vegetationsverlauf für verschiedene Betriebstypen, Düngesysteme und Bodenarten abgeschätzt und mögliche Ansätze zur Optimierung des Stickstoffmanagements im Hopfenanbau entwickelt werden. Ziel ist es das betriebliche Stickstoffmanagement so zu optimieren, dass unter Beachtung und Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung optimale Erträge und Qualitäten erzielt werden können, ohne dass der Gewässerschutz darunter leidet.

## Methodik

Bei jedem der 21 Betriebe wurden je 3 Teilflächen ausgewählt. Die 63 Teilflächen spiegeln das tatsächliche Sortenspektrum der Hallertau sehr gut wieder und umfassen verschiedenste Betriebs- und Düngesysteme. Die  $N_{\min}$ -Beprobung erfolgt zu Vegetationsbeginn im März, nach der Ernte im Oktober zur Erfassung der Reststickstoffmengen im Boden und während der Vegetationsruhe im Winter, um etwaige Verlagerungen feststellen zu können. Dabei wird standardmäßig der verfügbare Stickstoff in Form von Ammonium und Nitrat bis zu 90 cm Bodentiefe untersucht. Diese Probe wird wiederum in drei 30 cm - Abschnitte eingeteilt um die Verlagerung in den Bodenschichten besser feststellen zu können. Jeder Betrieb erhält eine individuelle Beratung zu Fragen bei der Düngung. Alle Stickstoffdüngegaben werden mengenmäßig und zeitlich erfasst. Bei der Ernte erfolgt eine Dolden- und Restpflanzen-Beprobung um die exakte Stickstoffabfuhr zu berechnen. Dadurch kann eine flächenspezifische Nährstoffbilanz ermittelt werden und der Zusammenhang zu den  $N_{\min}$ -Gehalten im Boden hergestellt werden.



Abb. 4.5:  $N_{\min}$ -Bodenprobenehmer

## Ergebnisse

Nach den ersten beiden Versuchsjahren 2018 und 2019 konnten erste Erkenntnisse zur Stickstoffdynamik im Hopfen gewonnen werden. Anhand der ersten fünf Beprobungen lässt sich die Aufteilung der  $N_{\min}$ -Gehalte auf die jeweiligen Schichten in Abhängigkeit vom Probenahmetermin darstellen (Abb. 4.6). Auffällig dabei sind die höheren  $N_{\min}$ -Gehalte im Herbst in den oberen 30 Zentimetern.

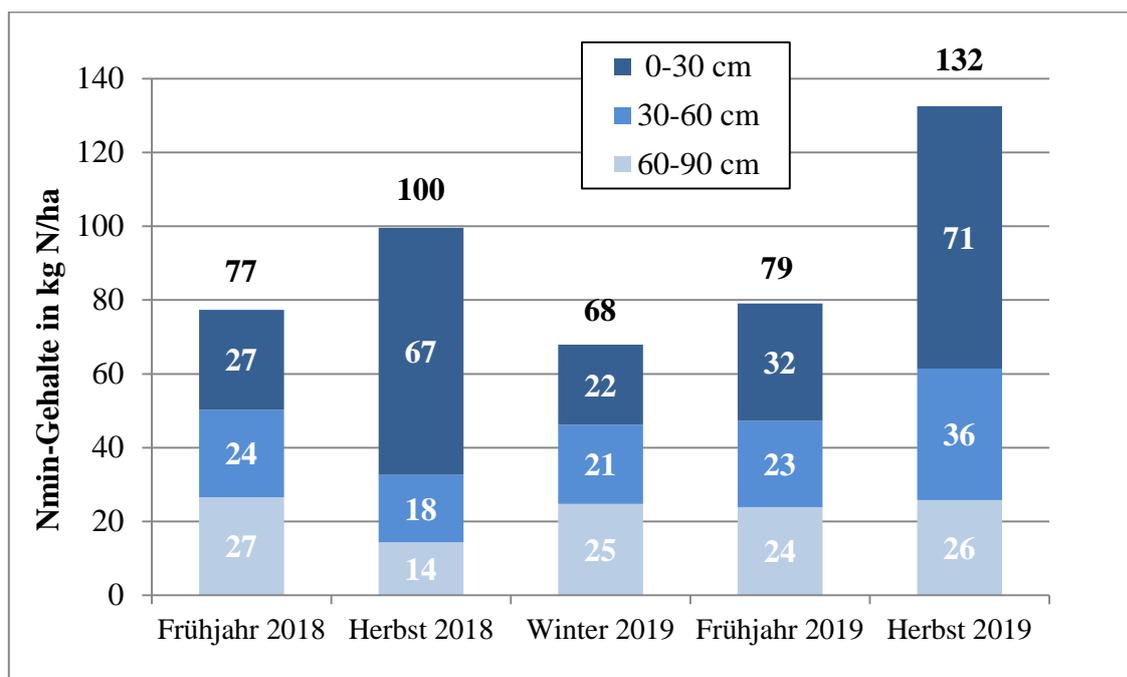


Abb. 4.6:  $N_{\min}$ -Gehalte im Verlauf von 5 Beprobungsterminen gegliedert in Bodenschichten ( $n=62$ )

Bei der differenzierten Betrachtung der  $N_{\min}$ -Gehalte in Abhängigkeit von der Sorte der jeweils beprobten Fläche, ist auffällig, dass die Aromasorten im Schnitt über alle Beprobungstermine die höheren  $N_{\min}$ -Gehalte aufweisen (Abb. 4.7).

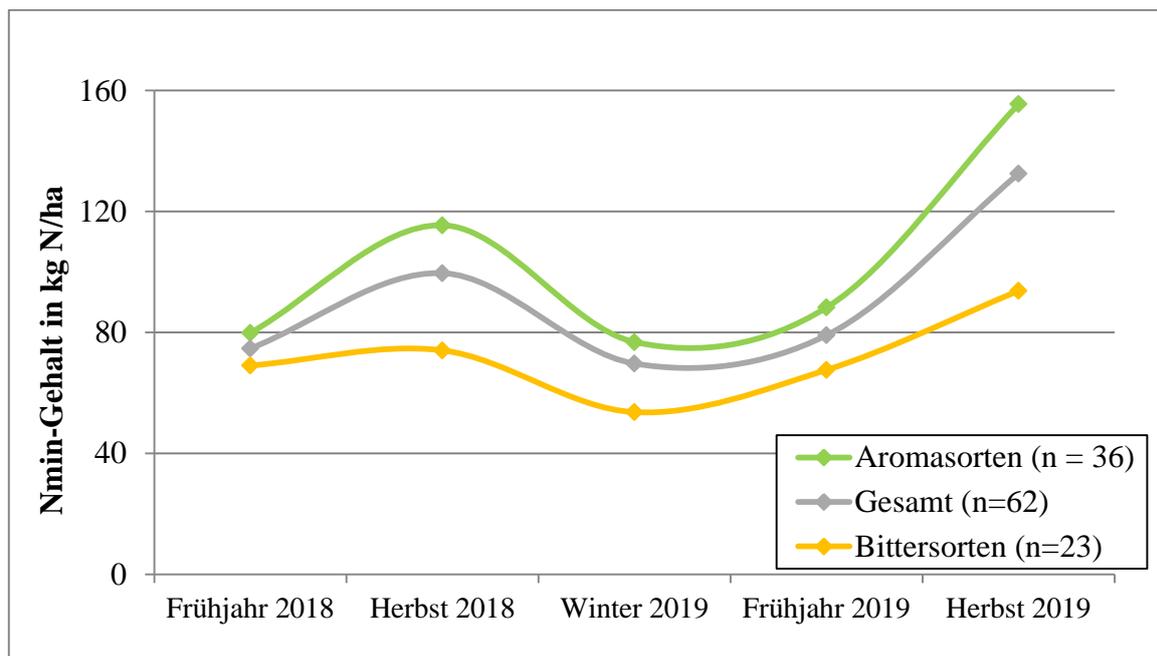


Abb. 4.7:  $N_{\min}$ -Gehalte im Verlauf von 5 Beprobungsterminen gegliedert in Sortentypen

#### 4.4 Versuche zur Kompostierung und Verwertung von Hopfenrebenhäcksel zur Optimierung der Nährstoffeffizienz des organisch gebundenen Stickstoffs (ID 6141)

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenbau, Produktionstechnik (IPZ 5a)
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft HVG
<b>Projektleiter:</b>	J. Portner
<b>Bearbeitung:</b>	A. Schlagenhauser, J. Stampfl, S. Fuß
<b>Kooperation:</b>	Prof. Dr. Meinken, Institut für Gartenbau, HSWT Prof. Dr. Ebertseder, Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme, HSWT M. Stadler, Fachzentrum Agrarökologie, AELF Pfaffenhofen
<b>Laufzeit:</b>	01.09.2018 - 31.12.2021

Im Hopfenanbauggebiet Hallertau bewirtschaften 886 Betriebe 16 995 ha Hopfen. Bei der stationären Ernte auf den Betrieben fallen dabei jährlich rund 230 000 t Rebenhäcksel an. Etwa 80 % davon werden derzeit nach Abschluss der Erntearbeiten als Wirtschaftsdünger auf die Felder zurückgebracht. Im Rebenhäcksel sind jedoch wesentliche Mengen an Stickstoff enthalten.

Mit der Umsetzung der neuen Düngeverordnung ist der Landwirt angehalten, den in den Rebenhäckseln enthaltenen Stickstoff so effizient wie möglich einzusetzen und Verluste in andere Ökosysteme zu vermeiden. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, sollen über drei Jahre umfassende Kompostier- und Feldversuche mit Hopfenrebenhäckseln durchgeführt werden.

### **Projektziele**

- Risikoabschätzung einer erhöhten Nitratauswaschung durch die Ausbringung von Hopfenrebenhäckseln im Herbst entsprechend der derzeitigen Praxis
- Entwicklung umweltverträglicher und praktikabler Kompostierungsverfahren mit Hopfenrebenhäckseln
- Untersuchung der Stickstoffwirkung der verschiedenen Komposte/Substrate in Feldversuchen
- Vergleich der verschiedenen Verfahren im Hinblick auf Ökonomie, Ökologie, Praktikabilität
- Reduzierung von Stickstoffverlusten aus Rebenhäckseln
- rechtskonforme, praktikable und umweltfreundliche Verwertung der Rebenhäckseln mit einer optimalen Ausnutzung des organisch gebundenen Stickstoffs

### **Methodik**

Der Versuchsaufbau des Projektes gliedert sich in vier Teile (Arbeitspakete (AP) 1 bis 4): Die Versuchsbasis bilden Kompostierversuche (AP 1), bei denen im kleinen Maßstab (Mietengröße ca. 1,5 m<sup>3</sup>) die grundlegenden Bedingungen für eine aerobe Kompostierung erarbeitet werden. Parallel wird in einem weiteren Versuch Rebenhäckselmateriale nach der Ernte, wie bisher in der Praxis üblich, einfach abgelagert, aerob sowie nach dem Verfahren nach Witte (MC-Kompostierung) kompostiert bzw. siliert (AP 2). Dieser Kompostierungsversuch unter praxisnahen Bedingungen hat mehrere Ziele. Zum einen sollen die gewonnenen Erkenntnisse unter kleinmaßstäblichen Bedingungen auf ihre Praxistauglichkeit geprüft werden. Zum zweiten soll die aerobe Kompostierung im Hinblick auf die Praktikabilität und das Konservierungspotential für den in den Hopfenrebenhäckseln vorhandenen Stickstoff mit den drei anderen Varianten verglichen werden. Zudem stammt aus diesen Versuchen das Material für die Parzellenversuche zur Ermittlung der N-Effizienz der vier Materialien (gelagerte Hopfenrebenhäckseln, aerober und MC-Kompost, Silage), die den dritten Projektteil bilden (AP 3) sowie für den vierten Projektteil, die Praxisversuche zur N-Dynamik in Hopfengärten (AP 4). Alle vier Teilprojekte wurden gleichzeitig zur Hopfenernte im Herbst 2018 begonnen. Darüber hinaus wurden bereits 2017 im Rahmen einer Bachelorarbeit Gefäßversuche mit Hopfenrebenhäckseln durchgeführt. Diese werden im Rahmen dieses Projektes weitergeführt.

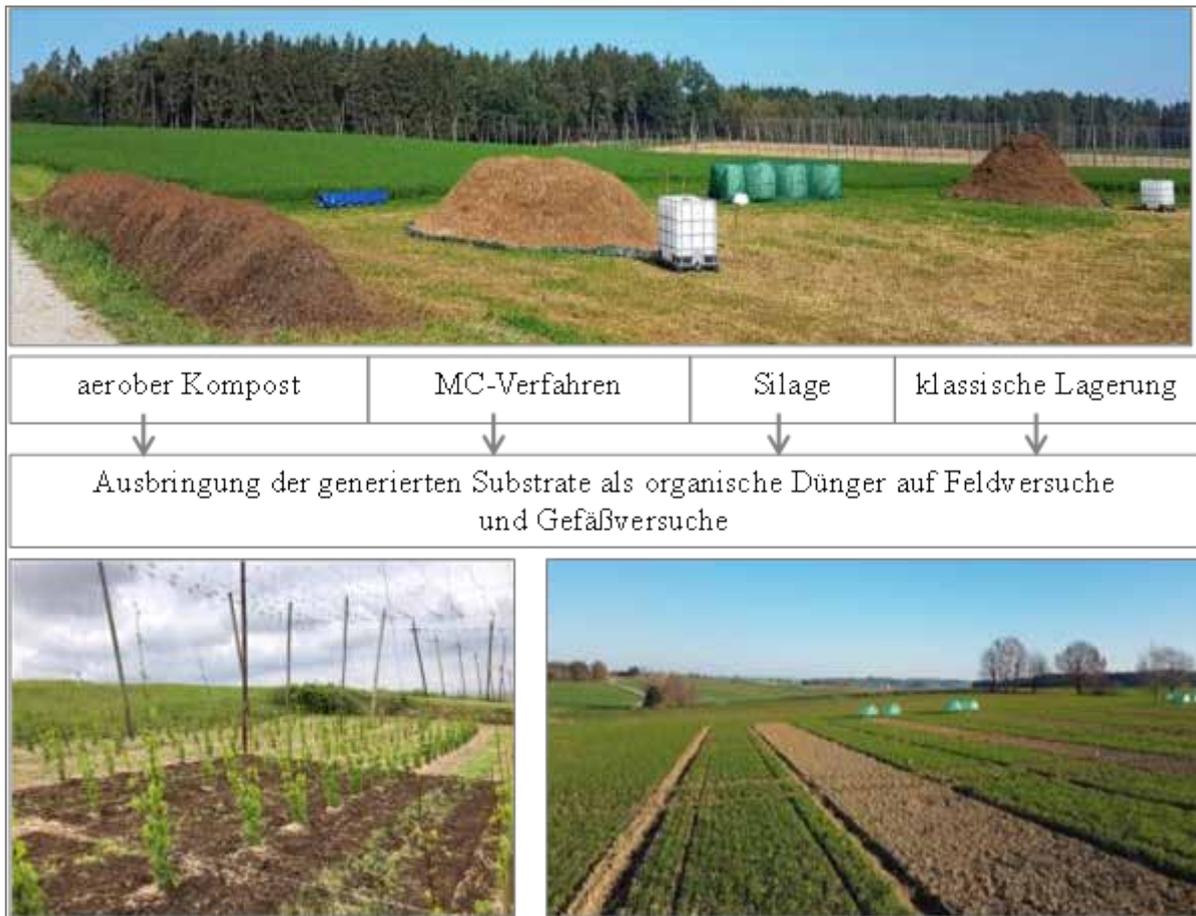


Abb. 4.8: oben: verschiedene Arten der Rebenhäcksellagerung  
 unten links: Feldversuch Hopfen, Rebenhäckselausbringung im Mai (AP 4)  
 unten rechts: Roggenparzellenversuche mit Rebenhäckseldüngung (AP 3)

## Ergebnisse

### Kompostierversuche

Bereits nach 4-wöchiger Ablagerung der Rebenhäcksel, entsprechend der derzeitigen Praxis, konnten im Jahr 2018 Trockenmasseverluste von rund 20 % und Stickstoffverluste von knapp 10 %, welche hauptsächlich auf gasförmige Verluste zurückzuführen sind, festgestellt werden. Bei der Silage konnten erwartungsgemäß keine Verluste gemessen werden. Bei den beiden Kompostierverfahren stiegen die Verlustraten in nahezu gleichem Umfang mit längerer Lagerzeit an.

### Feldversuche

Im ersten Versuchsjahr 2018/19 konnte keine erhöhte Stickstoffmineralisierung durch die im Herbst ausgebrachten Rebenhäcksel bis zum Vegetationsbeginn gemessen werden, was auf ein geringes Mineralisationspotential dieses organischen Düngers hindeutet. Ähnliche Erkenntnisse konnten in Gefäßversuchen gewonnen werden. Dieses Mineralisationsverhalten lässt darauf schließen, dass der Ausbringzeitpunkt von Hopfenrebenhäcksel im Herbst das Risiko einer Nitratauswaschung ins Grundwasser nicht erhöht.

## 4.5 Möglichkeiten der Nutzung von Reflexionsmessungen im Hopfen

<b>Bearbeitung:</b>	M. Waldinger (Bachelorarbeit), J. Stampfl
<b>Kooperation:</b>	Dr. F.-X. Maidl Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TU München
<b>Laufzeit:</b>	Mai 2018 - August 2019

### Hintergrund und Ziel der Arbeit

Wie in vielen anderen Kulturen stellt der Stickstoff (N) auch im Hopfen den am meisten ertragslimitierenden Nährstoff dar. Mit der neuen Düngeverordnung von 2017 und der anstehenden Verschärfung in 2020 wird die Ausbringung des Stickstoffs immer strenger geregelt. Dabei soll bei der Düngung ein Gleichgewicht zwischen dem voraussichtlichen Nährstoffbedarf einer Kultur und der tatsächlichen Nährstoffversorgung (N-Nachlieferung aus Boden und N-Düngung) bestehen. Um diesen Anforderungen in der Praxis gerecht zu werden, gibt es im Getreidebau bereits diverse Sensorsysteme zur Feststellung des N-Ernährungszustandes und somit zur Optimierung der N-Düngung. Im Hopfen existiert diese Technik noch nicht. Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde untersucht, inwieweit eine differenzierte N-Düngung Effekte auf den Wachstumsverlauf und die Ertragsbildung von Hopfen hat. Gleichzeitig sollte festgestellt werden, ob dabei Versorgungsunterschiede mit passiven Spektralaufnahmen (Abb. 4.9) gemessen werden können und welche Messpunkte und Vegetationsindizes im Hopfen sich dafür am besten eignen.

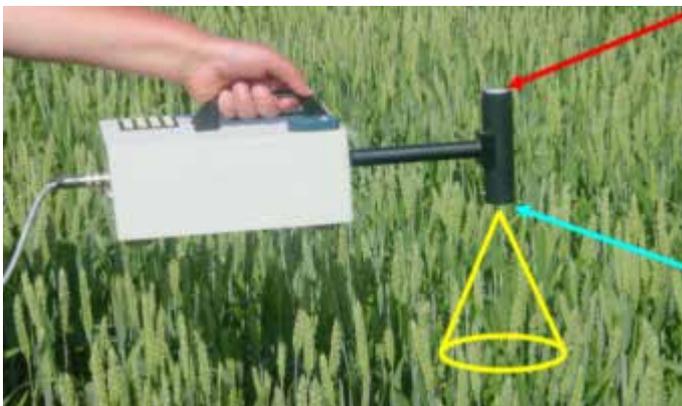


Abb. 4.9: Multispektrometer im Getreide (WZW, TU München)

### Methodik

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Verbesserung der Nährstoffeffizienz im Hopfen durch Dünagesysteme mit Fertigation“ (siehe Kapitel 4.2) wurden auch Stickstoffsteigerungsversuche angelegt, die sich eignen, um die Effekte differenzierter N-Düngung zu erfassen. In diesen Parzellen wurden die Messungen dieser Arbeit durchgeführt. Auf einer der Versuchsfelder wurde die in Deutschland flächenmäßig wichtigste Hopfensorte Herkules kultiviert. Der N-Düngebedarf wurde entsprechend der Vorgaben der Düngeverordnung ermittelt.

Die vierfach wiederholten Versuchsvarianten gliederten sich wie folgt:

Tab. 4.2: N-Düngung der Versuchsvarianten mit Zeitpunkt und Menge in kg N/ha

Variante	1. Gabe	2. Gabe	3. Gabe	Gesamt-N
A Kontrolle				0
B Nur 1. Gabe	60			60
C Nur 2. Gabe		60		60
D Nur 3. Gabe			60	60
E 1. + 2. Gabe	60	60		120
F 1. + 2. + 3. Gabe	60	60	60	180

Um eine mögliche Beziehung des Biomasseaufwuchses, des N-Gehalts oder der N-Aufnahme zu den Reflexionsmessungen zu überprüfen, wurden zu 5 Terminen alle Parzellen auf folgende Parameter untersucht:

- Frischmasse in kg/ha
- Trockensubstanz-Gehalt in %
- Trockenmasse in kg/ha
- N-Gehalt in % der TM
- N-Aufnahme kg/ha
- Spektralmessungen (325-940 nm)

Bei den Spektralmessungen wurden drei verschiedene Messhöhen (Abb. 4.10) mit einem handgeführten Gerät der Firma tec5 (Abb. 4.9) untersucht. Zu jedem Termin wurden auf jeder Parzelle und Messhöhe jeweils 14 reflexionsoptische Aufnahmen durchgeführt. Dabei wird die Reflexion des Pflanzenbestandes im Wellenlängenbereich von 325 bis 940 nm erfasst. Auf Basis des reflektierten Wellenlängenspektrums wurden unterschiedliche Vegetationsindizes berechnet. Über lineare Regressionsmodelle folgte anschließend die Identifikation von Indizes zur Abbildung der gemessenen Pflanzenparametern Biomasse, N-Gehalt und N-Aufnahme.

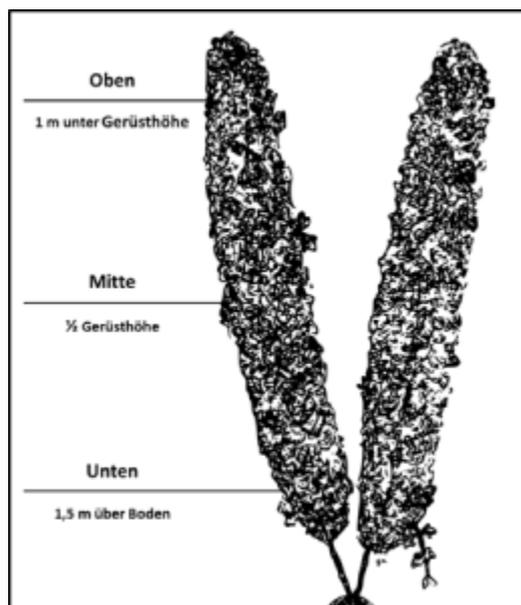


Abb. 4.10: Orte der Spektralmessungen

### Ergebnisse

Die statistische Auswertung zeigte, dass die Parameter Trockenmasse, N-Gehalt und N-Aufnahme durch die ermittelten Vegetationsindizes abgebildet werden können. Die Trockenmasse konnte mit dem Vegetationsindex „IR G“ mit Bestimmtheitsmaßen von bis zu 0,80 gut abgebildet werden. Der N-Gehalt in der Trockenmasse wies nahezu durchgängig eine enge Beziehung zu den ermittelten Vegetationsindizes „IR G“ und „REIP“ mit Bestimmtheitsmaßen ( $R^2$ ) bis 0,82 auf. Dies zeigt, dass der N-Gehalt relativ gut mit Reflexionsmessungen erfasst werden kann.

Am sichersten konnte der wichtigste Parameter, die N-Aufnahme, mit den Spektralmessungen bestimmt werden. Für einen frühen Messzeitpunkt (Juni) lieferte der „REIP“ die exaktesten Ergebnisse ( $R^2$  bis 0,81), für spätere Zeitpunkte (Juli-August) erreichte der „IR G“ die höchsten Bestimmtheitsmaße ( $R^2$  bis 0,91). Zudem war es möglich, Unterschiede in der Stickstoffversorgung der verschiedenen Varianten mit den Indizes „REIP“ und „IR G“ zu identifizieren, was für eine mögliche Eignung im praktischen Einsatz spricht.

Während dieser Arbeit stellte sich die mittlere Messhöhe als die beste heraus, da beim oberen Messpunkt zu früheren Zeitpunkten die reflektierende Biomasse fehlte und beim unteren Messpunkt die Beschattung zu späteren Zeitpunkten die Messung negativ beeinflusste. In der mittleren Höhe waren die Messergebnisse am beständigsten.

### **Ausblick**

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Ermittlung des N-Gehalts und der N-Aufnahme durch Reflexionsmessungen im Hopfen durchaus möglich ist. Um das System weiter auf die Sonderkultur Hopfen anzupassen und die Korrelationen zu verbessern, wäre es denkbar mit den vorhandenen Messergebnissen einen Vegetationsindex speziell für den Hopfen zu entwickeln, der die zu untersuchenden Parameter noch genauer wiedergeben kann.

## **4.6 Einsatz der Wärmebildtechnik zur Optimierung der Hopfentrocknung**

**Projektleitung:** J. Portner

**Projektbearbeitung:** J. Münsterer

**Laufzeit:** 2018 - 2019

### **Ausgangssituation und Zielsetzung**

Eine gleichmäßige Temperatur- und Luftverteilung ist eine grundsätzliche Voraussetzung für eine gleichmäßige Trocknung und optimale Trocknungsleistung. Je länger im ersten Trocknungsabschnitt, zum Zeitpunkt der höchsten Wasserabgabe des Hopfens, mit hoher Luftgeschwindigkeit getrocknet werden kann, desto höher wird die erzielbare Trocknungsleistung sein. Aber auch bei optimal eingestellter Wärme- und Luftverteilung kann es – vor allem bei hohen Luftgeschwindigkeiten – sehr schnell zu einer ungleichmäßigen Abtrocknung in der Aufschütthorde kommen. Der Grund sind die unterschiedlichen Strömungswiderstände des Grünhopfens in der obersten Lage, bedingt durch unterschiedliche Lagerzeit vor der Trocknung im Hopfensilo, unterschiedliche Verweildauer des Hopfens in der Aufschütthorde von Beginn bis Ende der Befüllung, ungleiche Schütthöhe und unterschiedliche Schüttdichten. Unterschiedliche Strömungswiderstände ergeben unterschiedliche Luftgeschwindigkeiten der Trocknungsluft. Da die Luft den Weg des geringsten Widerstandes geht, ergeben sich zwangsläufig Zonen mit unterschiedlichen Trocknungsgraden. Wird stets ungleichmäßig getrockneter Hopfen von der Aufschütthorde in die darunter liegenden Horden gekippt, kommt es sehr schnell zur sogenannten „Nesterbildung“ und dem gefürchteten „Freiblasen von Löchern“. Zur Korrektur muss die Luftgeschwindigkeit reduziert werden. Dies hat wiederum zur Folge, dass die installierte Gebläseleistung nicht mehr optimal ausgenutzt werden kann, die Trocknungsleistung stark zurückgeht und zu alledem die Trocknung trotzdem ungleichmäßig erfolgt.

Mit Hilfe der Wärmebildtechnik ist es möglich, über die Doldenoberflächentemperaturen die Temperaturverteilung über die gesamte Aufschütthorde zu erfassen. Dadurch kann der Trocknungsvorgang auf Gleichmäßigkeit überwacht bzw. bei Bedarf durch gezielte Korrekturmaßnahmen eine gleichmäßige Trocknung gewährleistet werden.

### **Methode**

In verschiedenen Praxisdarren wurde jeweils eine Wärmebildkamera über der Aufschütthorde installiert. Der Abstand zur Aufschütthorde und der Öffnungswinkel des Objektivs richteten sich nach der Größe der zu überwachenden Trocknungsfläche. Über einen USB-Anschluss erfolgte der Anschluss an einen PC oder Laptop. Durch die mitgelieferte Auswertungssoftware wurden die über der Aufschütthorde erfassten Temperaturdaten während der Trocknung als Wärmebild auf einen Bildschirm kontinuierlich dargestellt.



*Abb. 4.11: Wärmebildkamera, Messfläche über der Aufschütthorde, Wärmebildmessung*

### **Ergebnis**

Über die unterschiedlichen Farben der Wärmebilddarstellung wurden bereits während der Trocknung entstehende Feuchtenester bzw. ungleich getrocknete Bereiche frühzeitig erkannt. Somit konnte bei Bedarf durch Korrekturmaßnahmen, wie z.B. Umverteilung des Hopfens von Hand mit einem Rechen oder Aufstechen feuchter Zonen mit einer Gabel in der Aufschütthorde, die Gleichmäßigkeit der Trocknung schnell wieder hergestellt werden.

Bei automatischen Befüllungen kann durch entsprechende Veränderung der Einstellungen spätestens beim erneuten Befüllvorgang mit Grünhopfen rasch auf entstehende Ungleichmäßigkeiten bei der Trocknung reagiert werden. Auf diese Weise lassen sich mit den einfachen Hilfsmitteln der Wärmebildtechnik die Gleichmäßigkeit der Trocknung verbessern und höhere Trocknungsleistungen erzielen. Zudem bestätigt die Wärmebildtechnik die alte Erfahrung des Hopfentrockners: „In der obersten Lage wird der Hopfen getrocknet!“

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

Nach der abgeschlossenen 2. Projektphase von 2014-2018 lässt die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft in den kommenden 5 Jahren von 2019-2023 im Rahmen einer Produktions- und Qualitätsoffensive für die Landwirtschaft in Bayern erneut repräsentative Ertrags- und Qualitätsdaten ausgewählter landwirtschaftlicher Kulturen erheben, erfassen und auswerten. Für den IPZ-Arbeitsbereich Hopfen führte diese Tätigkeiten der Verbundpartner Hopfenring e.V. durch. Nachfolgend werden die Zielsetzungen der z. T. neuen oder abgeänderten Hopfenprojekte kurz beschrieben und die Ergebnisse für 2019 zusammengefasst.

#### 4.7.1 TS- und Alphasäurenmonitoring

In der Zeit vom 13.08. - 24.09.2019 wurden – über die Hallertau verteilt – von 4 Aroma- und 2 Bittersorten an 5 (Aromasorten) bzw. 7 (Bittersorten) Terminen im wöchentlichen Abstand aus je 10 Praxisgärten jeweils 1 Aufleitung beerntet und separat getrocknet. Durch Feststellung des Wasserentzugs und Analyse des TS- und Alphasäuregehalts in einem akkreditierten Labor wurde am Folgetag der Trockensubstanzgehalt des Grünhopfens und der Alphasäuregehalt bei 10 % Wasser ermittelt und zur Auswertung an die Hopfenberatung der LfL übermittelt. Die Ergebnisse wurden gemittelt, tabellarisch und grafisch aufbereitet und mit einem Kommentar ins Internet gestellt. Aus den Ergebnissen und Darstellungen konnten die Landwirte Hinweise zur optimalen Erntereife der wichtigsten Hopfensorten ablesen.

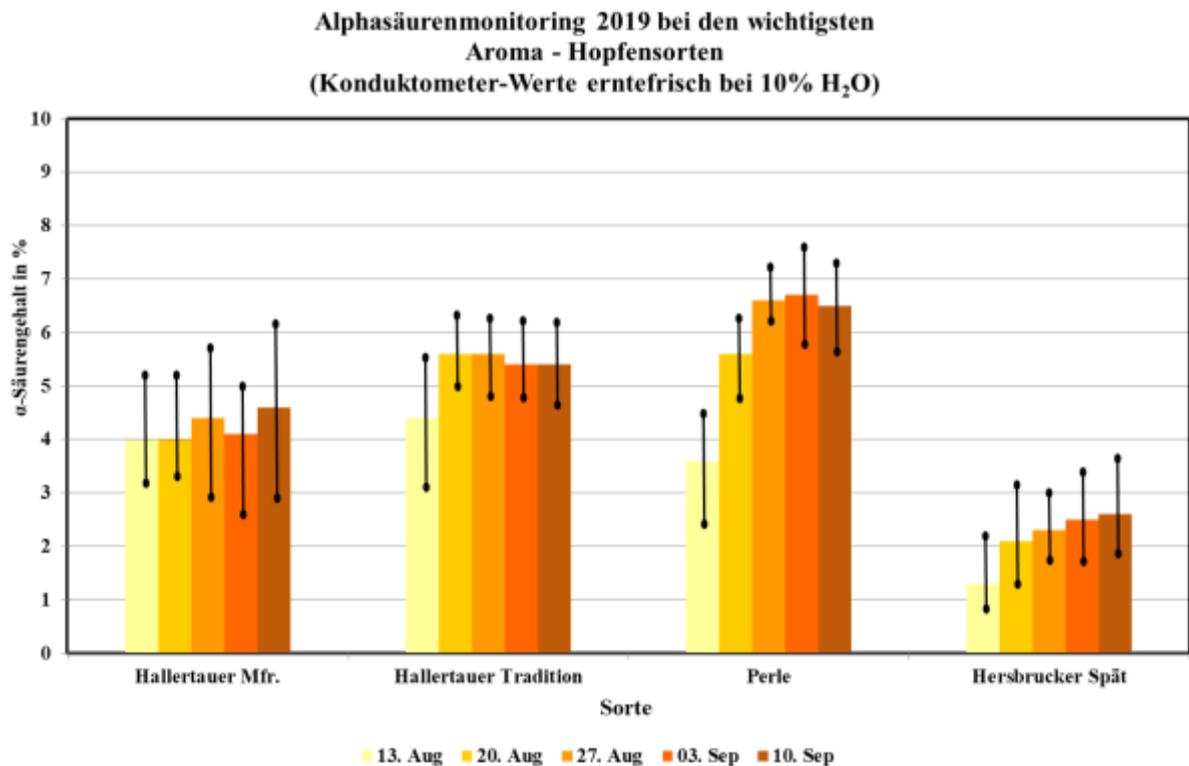
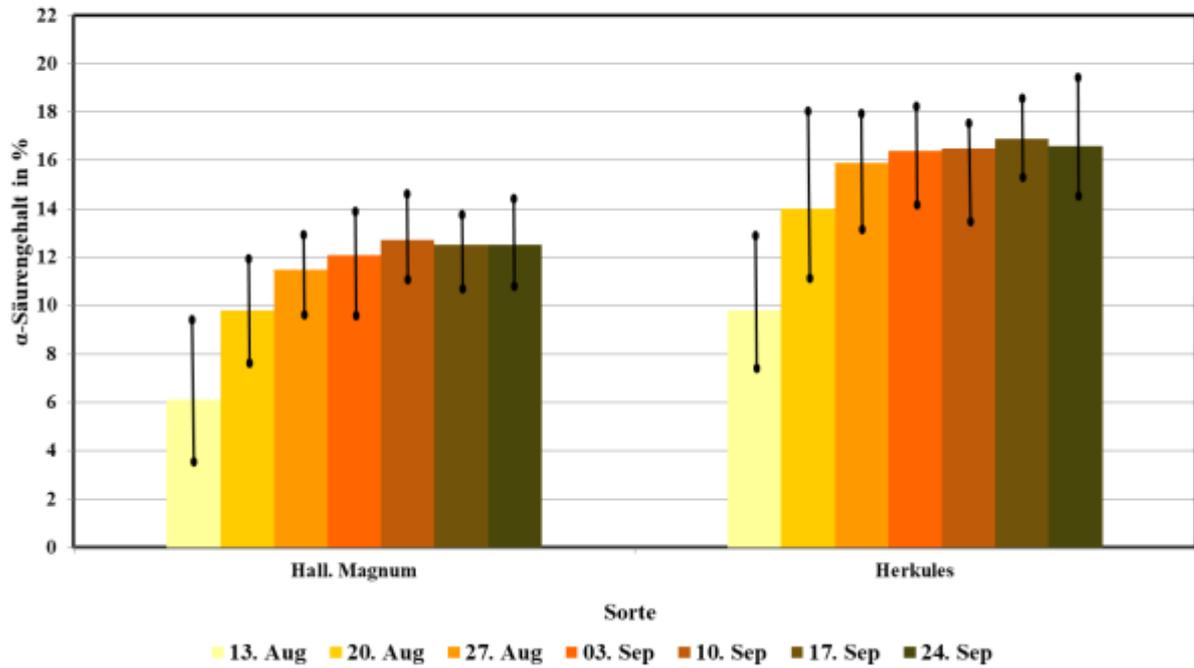


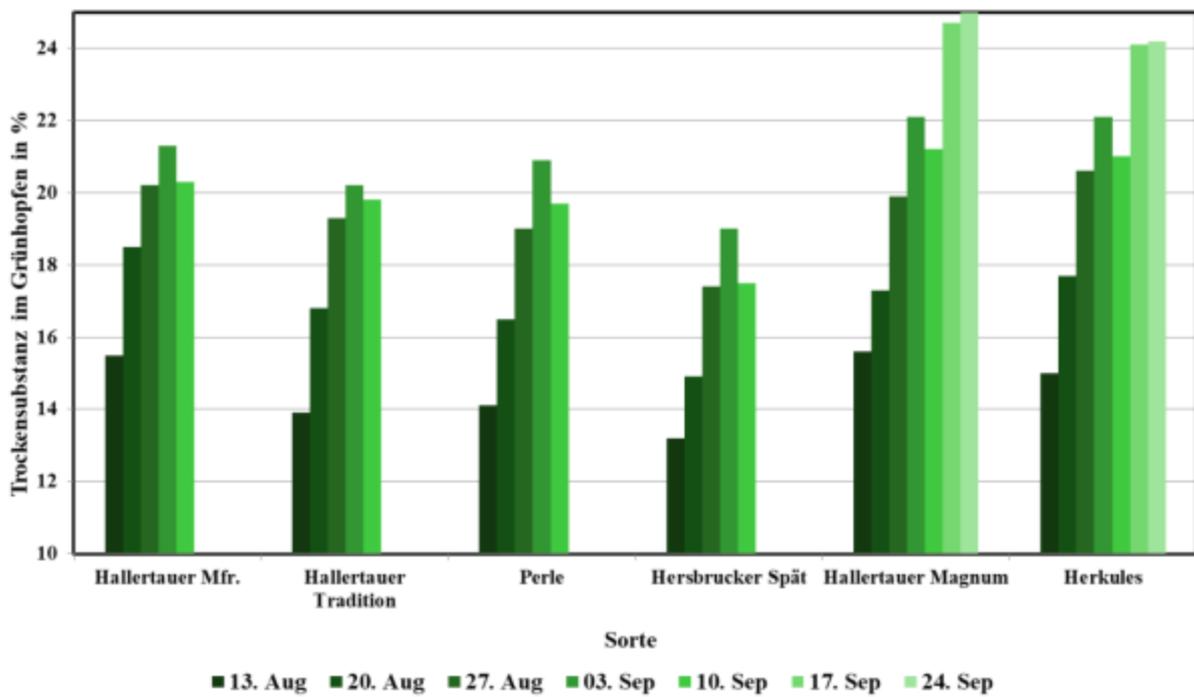
Abb. 4.12: Monitoring zur Entwicklung der Alphasäuregehalte 2019 bei den wichtigsten Aromasorten

**Alphasäurenmonitoring 2019 bei den wichtigsten  
Bitter - Hopfensorten  
(Konduktometer-Werte erntefrisch bei 10% H<sub>2</sub>O)**



*Abb. 4.13: Monitoring zur Entwicklung der Alphasäuregehalte 2019 bei den Hochalphasorten*

**Trockensubstanzmonitoring 2019  
bei den wichtigsten Hopfensorten**



*Abb. 4.14: Monitoring zur Entwicklung der Trockensubstanzgehalte 2019 der wichtigsten Hopfensorten*

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

Zur Einschätzung des Blattlaus- und Spinnmilbenbefalls für die Festlegung von Beratungsaussagen und Bekämpfungsstrategien sind Erhebungen und exakte Bonituren zur Befallsituation in Praxisgärten notwendig.

Dazu wurden in der Zeit vom 20. Mai bis 5. August 2019 an 12 Terminen im wöchentlichen Abstand Bonituren in 33 repräsentativen Hopfengärten (davon 3 Biohopfengärten) mit verschiedenen Sorten in der Hallertau (23), Spalt (7) und Hersbruck (3) auf Befall mit Hopfenblattlaus und Gemeine Spinnmilbe durchgeführt und der durchschnittliche Befall mit Blattläusen (Anzahl) und Spinnmilben (Befallsindex) ermittelt.

Die Ergebnisse über den Befallsverlauf flossen in die Beratungsaussagen und Bekämpfungsstrategien ein.

#### **4.7.3 Chlorophyllmessungen an Hopfenblättern zur Einschätzung der Stickstoffversorgung und des Düngebedarfs**

##### **Zielsetzung**

Die Vorgaben und Einschränkungen der neuen Düngeverordnung stellen die Hopfenbetriebe vor große Herausforderungen. Zum einen gilt es das Ertragsniveau des Hopfens zu erhalten und optimale Qualitäten zu erzielen, zum anderen sind die Ziele des Gewässerschutzes konsequent zu verfolgen. In Bezug auf die Stickstoffdüngung bedeutet das, dass der Stickstoff noch mehr bedarfsgerecht, gezielt und nährstoffeffizient verabreicht werden muss. Da die Hauptstickstoffaufnahme des Hopfens im Juni und Juli ist, kommt es vor, dass bei trockener Witterung gedüngter Stickstoff entweder nicht gelöst oder bei feuchten Bodenverhältnissen organisch gebundener Stickstoff im Boden mineralisiert wird. Das Stickstoffangebot im Boden und noch notwendige Düngergaben sind unter diesen Bedingungen schwer abzuschätzen. Regelmäßige Blattuntersuchungen an unterschiedlichen Standorten und Sorten sollen Aufschluss über den Ernährungszustand der Hopfenpflanzen geben und zur bedarfsgerechten Düngeberatung beitragen.

##### **Methodik**

In der Zeit von Anfang Juni bis Mitte August 2019 wurden an 10 Terminen im wöchentlichen Abstand Chlorophyllmessungen mit dem SPAD-Meter („soil plant analysis development“) (SPAD-502 plus) an Hopfenblättern von 2 Hopfensorten an 2 verschiedenen Standorten in der Hallertau durchgeführt. Für eine repräsentative Aussage erfolgten je 20 Messungen je Sorte an mehreren Pflanzen in 2 unterschiedlichen Höhen. Um eine Aussage zum aktuellen N-Versorgungszustand zu erhalten, wurden die 20 gemessenen Blätter abgetrennt, gesammelt, getrocknet und zusammen auf Gesamt-N-Gehalt (Dumas-Methode) untersucht. Je Sorte und Standort wurden für jede Höhe die SPAD-Werte einzeln dargestellt und ein Mittelwert errechnet. Somit konnte anschließend mit linearen Regressionsmodellen die Beziehung zwischen gemessenen Chlorophyllwerten und tatsächlichen N-Gehalten errechnet werden. 2019 wurden die Messungen in aktuellen Düngeversuchen mit Ertragsfeststellung durchgeführt. So konnten zusätzlich aus dem Vergleich der SPAD-Werte mit den Ertragsdaten wertvolle Erkenntnisse zur Verbesserung der Methode der Chlorophyllmessung im Hinblick auf die Optimierung der Stickstoffdüngung gewonnen werden.

## Ergebnisse

Die Grafik zeigt die gemittelten gemessenen SPAD-Werte im Jahresverlauf an der Sorte Herkules auf einem leichten Standort. Die verschiedenen Kurven geben die Messungen bei unterschiedlichem Düngenniveau wieder. Während die Kontrolle (0 kg N/ha) im gesamten Verlauf der Vegetationsperiode mit niedrigen SPAD-Werten auffällt, differenzieren bei den Düngungsvarianten die Werte erst ab der Hauptstickstoffaufnahme. In der reduzierten Düngungsvariante (120 kg N/ha) fallen ab Juli die Werte leicht ab und deuten auf einen latenten N-Mangel hin. Bei der optimal gedüngten Variante (180 kg N/ha) blieben die SPAD-Werte bis zur beginnenden Abreife stabil.

Die Ergebnisse sind dahingehend vielversprechend, dass mit SPAD-Messungen an Hopfenblättern der Stickstoffversorgungszustand der Hopfenpflanze grob abgeschätzt werden kann. Der Einfluss von Sorte, Standort und Jahrgang muss noch weiter untersucht werden.

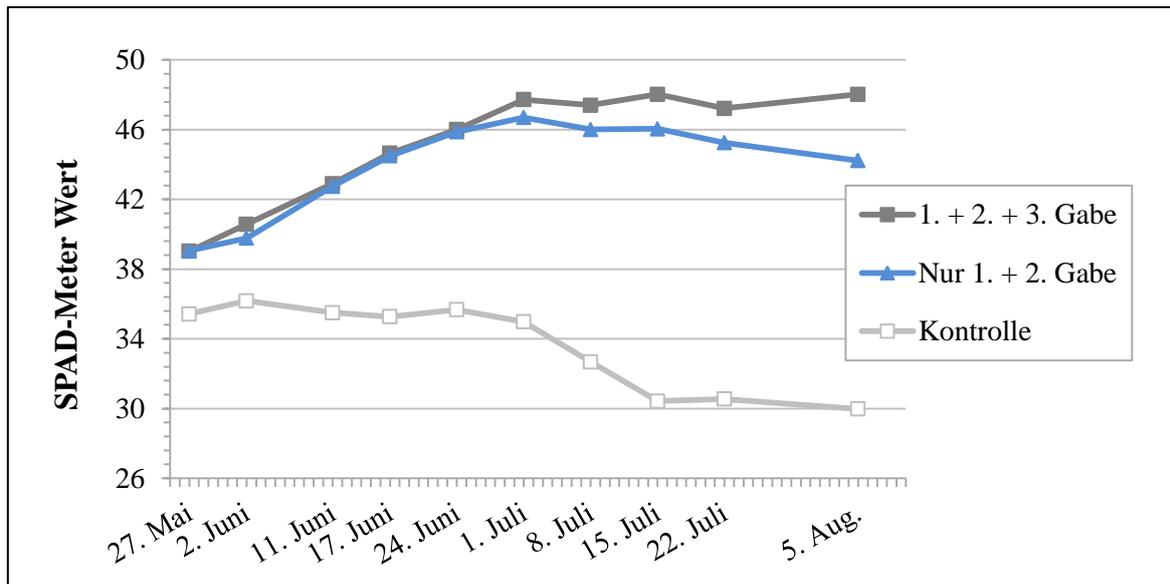


Abb. 4.15: SPAD-Werte im Jahresverlauf 2019 der Sorte Herkules auf leichtem Standort bei drei Düngenniveaus („1. + 2. + 3. Gabe“ = 180 kg N/ha; „Nur 1. + 2. Gabe“ = 120 kg N/ha; „Kontrolle“ = 0 kg N/ha)

### 4.7.4 Ringanalysen zur Qualitätssicherung bei der Alphasäurenbestimmung für Hopfenlieferungsverträge

Seit Jahren gibt es bei den Hopfenlieferungsverträgen eine Zusatzvereinbarung, in der die Alphasäuregehalte der abgelieferten Hopfenpartien bei der Bezahlung Berücksichtigung finden. Der Alphasäuregehalt wird in staatlichen Laboratorien, Betriebslabors und privaten Laboren je nach verfügbarer Untersuchungskapazität ermittelt. Die Vorgehensweise (Proben- teilung, Lagerung) ist im Pflichtenheft der „Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik“ genau festgelegt, ebenso welche Laboratorien die Nachuntersuchungen durchführen und welche Toleranzbereiche für die Analysenergebnisse zugelassen sind. Um die Qualität der Alphasäurenanalytik im Interesse der Hopfenpflanzer sicherzustellen, werden Ringanalysen von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft als neutrale Stelle organisiert, durchgeführt und ausgewertet.

Im Rahmen des Projekts ist es Aufgabe des Hopfenrings die Probenahme von insgesamt 60 zufällig ausgewählten Hopfenpartien an 9-10 Terminen in der Hallertau durchzuführen und dem Labor der LfL in Hüll bereitzustellen.

## **4.8 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 Verbundberatung und die Praxis aufzubereiten und so den Hopfenpflanzern direkt z. B. durch Spezialberatungen, Unterricht, Arbeitskreise, Schulungen, Seminare, Vorträge, Printmedien und über das Internet zur Verfügung zu stellen. Die Organisation und Durchführung des Peronospora-Warndienstes 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:

### **4.8.1 Informationen in schriftlicher Form**

- Das „Grüne Heft“ Hopfen 2019 – Anbau, Sorten, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte wurde gemeinsam mit der Arbeitsgruppe Pflanzenschutz in Abstimmung mit den Beratungsstellen der Bundesländer Baden-Württemberg und Thüringen aktualisiert und in einer Auflage von 2 250 Stück von der LfL an die ÄELF und Forschungseinrichtungen und vom Hopfenring Hallertau an die Hopfenpflanzler verteilt.
- Mit der 60-seitigen Broschüre „Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im Hopfenanbau“ wurde ein umfassendes Nachschlagewerk zur Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes im Hopfenanbau geschaffen und über den Hopfenpflanzerverband allen Hopfenpflanzern zur Verfügung gestellt.
- Über das Ringfax des Hopfenrings (2019: 50 Faxe in der Hallertau + 2 zusätzliche für Spalt und Hersbruck mit 960 Abonnenten) wurden in 23 Faxen aktuelle Hopfenbauhinweise und Warndienstaufrufe der LfL an die Hopfenpflanzler verschickt.
- In 2 ER-Rundschreiben des Hopfenrings, 8 Monatsausgaben der Hopfen-Rundschau, 2 Artikeln in der Hopfenrundschau international und 1 Artikel in der Brauwelt wurden Beratungshinweise und Fachbeiträge für die Hopfenpflanzler und Brauwirtschaft veröffentlicht.

### **4.8.2 Internet und Intranet**

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

### **4.8.3 Telefonberatung, Ansagedienste**

- Der Peronospora-Warndienst wurde in der Zeit vom 07.05. - 30.08.2019 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 80 Mal aktualisiert.
- Zu Spezialfragen des Hopfenbaus erteilten die Fachberater der Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik in ca. 1 400 Fällen telefonische Auskunft oder führten Beratungen in Einzelgesprächen oder vor Ort durch.

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

- wöchentlicher Erfahrungsaustausch während der Vegetationszeit mit den Ringfachberatern
- 9 Hopfenbauversammlungen in Zusammenarbeit mit den ÄELF
- 50 Fachvorträge
- 3 Versuchsführungen für die Hopfenpflanzer und die Hopfenwirtschaft
- 8 Tagungen, Fachveranstaltungen oder Seminare
- Tag der offenen Tür im Haus des Hopfens

#### **4.8.5 Aus- und Fortbildung**

- Themenstellung von 4 und Prüfung von 4 Arbeitsprojekten im Rahmen der Meisterprüfung
- 10 Unterrichtsstunden an der Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen für die Studierenden im Fach Hopfenbau
- 1 Schultag des Sommersemesters der Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen
- 1 Informationsveranstaltung für Berufsschüler von Pfaffenhofen
- 6 Treffen des Arbeitskreises „Unternehmensführung Hopfen“
- Mitwirkung beim AK „Bodenfruchtbarkeit“ des Verbundpartners Hopfenring

## **5 Pflanzenschutz im Hopfen**

Simon Euringer, M.Sc. Agrarmanagement

### **5.1 Schädlinge und Krankheiten des Hopfens**

#### **5.1.1 Bodenschädlinge**

Der Hopfen zeigte aufgrund des warmen und trockenen Frühjahrs in weiten Teilen eine zügige Jugendentwicklung, wodurch die Bodenschädlinge Drahtwurm, Liebstöckelrüssler und Hopfen-Erdfloh meist keine großen Probleme bereiteten. Allerdings kam es punktuell in Befallsgärten bereits zu deutlichen Schäden. Vor allem Hopfengärten, die zu einem späteren Zeitpunkt geschnitten wurden und nur wenig Wachstum während der kühlen Temperaturen Ende April – Anfang Mai zeigten, litten unter Hopfen-Erdfloh und Liebstöckelrüssler Befall. In den meisten konventionellen Hopfengärten wurde das Produkt Actara im Anbaujahr 2018 zuletzt eingesetzt.

Die langen Entwicklungszyklen der meisten Bodenschädlinge (Hopfen-Erdfloh 1 Jahr, Liebstöckelrüssler 2-3 Jahre) führte zu einem geringen Vermehrungspotential. Allerdings ist das Schadpotential als hoch zu bewerten.

Der Notfalleintrag für 2019 für das Produkt Actara, der gemeinsam mit dem Verband deutscher Hopfenpflanzer und dem Zulassungsinhaber gestellt wurde, wurde abgelehnt.

#### **5.1.2 Echter Mehltau**

Seit dem Anbaujahr 2014 wird im Hopfenbau ein steigender Infektionsdruck durch den Echten Mehltau verzeichnet. In Regionen mit hohem Befall konnten bereits ab Mai Infektionen auf Blättern gefunden werden.

Vorbeugende Maßnahmen wie die Sortenwahl, Hopfenschneiden, Anackern, Hopfenputzen, Reduzierung der Triebe beim Anleiten und eine allgemeine Feldhygiene (Kontrolle von Durchwuchs- und Wildhopfen, sowie Ungräser und Unkräuter) werden zunehmend wichtiger. Des Weiteren fördert ein hohes Stickstoffniveau die Anfälligkeit der Hopfenpflanze gegenüber dem Echten Mehltau.

Um den bestmöglichen Bekämpfungserfolg gegen den Echten Mehltau sicher zu stellen, muss rechtzeitig mit den Behandlungen begonnen werden. Da das Produktportfolio ausschließlich kurative Wirkstoffe beinhaltet, muss darauf geachtet werden, dass die Spritzabstände gegen die Indikation Echter Mehltau nicht zu weit gefasst werden. Ein konsequenter Wirkstoffwechsel ist essentiell.

### 5.1.3 Peronospora Primärinfektion

Die Hopfensaison 2019 ist aufgrund einer warmen Witterung im Frühjahr zügig gestartet. Eine rasche Jugendentwicklung reduziert das Infektionsrisiko der Primärinfektion des Falschen Mehltaus. Alle Frühjahrsarbeiten und somit auch die Applikation gegen die Primärinfektion des Falschen Mehltaus konnten termingerecht durchgeführt werden.

### 5.1.4 Peronospora Sekundärinfektion

Der kühle und regnerische Mai führte zu einem Anstieg der Zoosporangienzahlen und somit zum ersten Spritzaufwurf für alle Sorten am 03.06.2019 gegen die Sekundärinfektion des Falschen Mehltaus. In der folgenden sehr trockenen und heißen Phase im Juni und Juli konnte sich kein Infektionsdruck aufbauen. Weitere Spritzaufwürfe folgten erst am 31.07.2019, 14.08.2019 und 26.08.2019 (Abb. 5.1).

Der Falsche Mehltau ist aufgrund der Witterung in der Saison 2019 im Hopfen als nicht problematisch zu bewerten. Das zugelassene Wirkstoffspektrum gegen den Falschen Mehltau war ausreichend. Der Peronospora-Warndienst 2019 belegt den geringen Infektionsdruck.

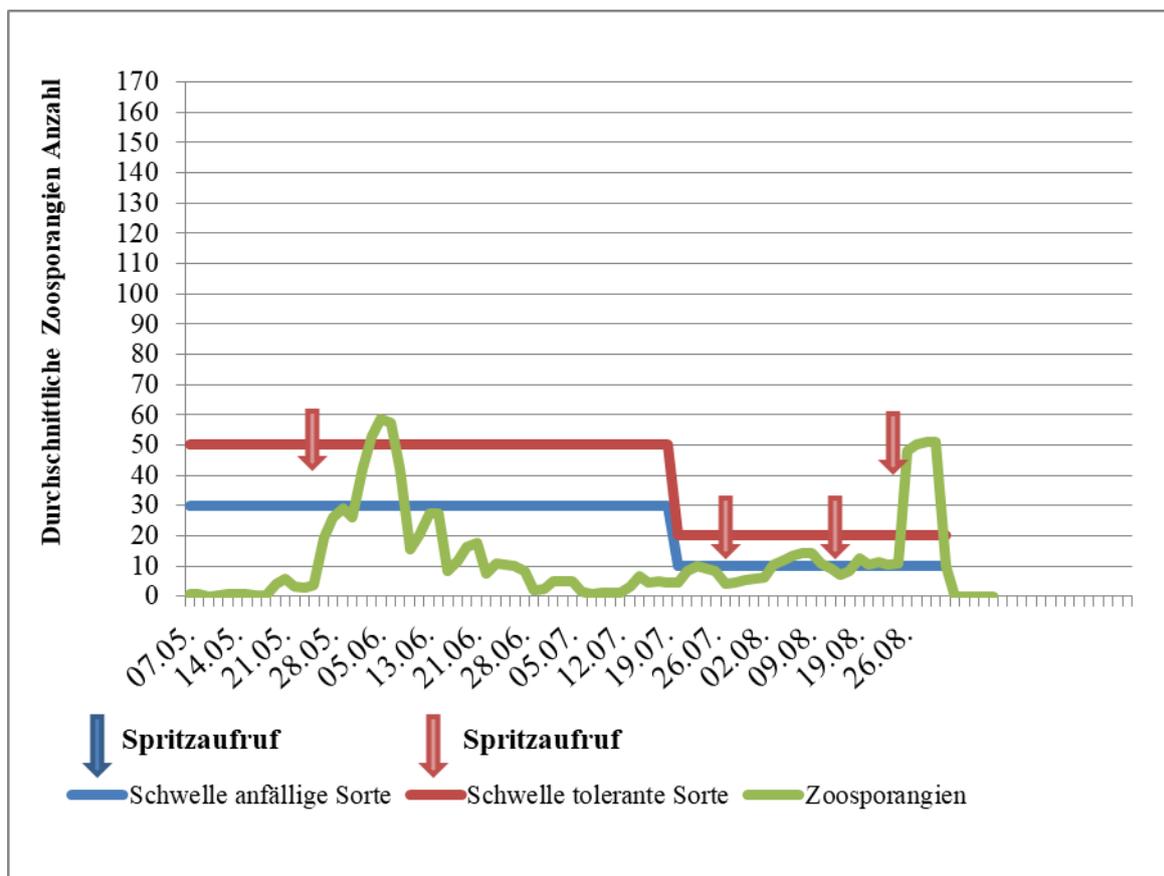


Abb. 5.1: Peronospora-Warndienst 2019 (IPZ 5a)

### 5.1.5 Hopfen-Blattlaus

Am Standort Hüll wurden aufgrund des warmen Frühjahrs bereits im Aprils Aphisfliegen an den Winterwirten der Hopfen-Blattlaus gefunden. Der Kälteeinbruch Ende April bis Anfang Mai verzögerte den Zuflug und die Besiedelung der Hopfen-Blattlaus in die Hopfenbestände (Abb. 5.2).

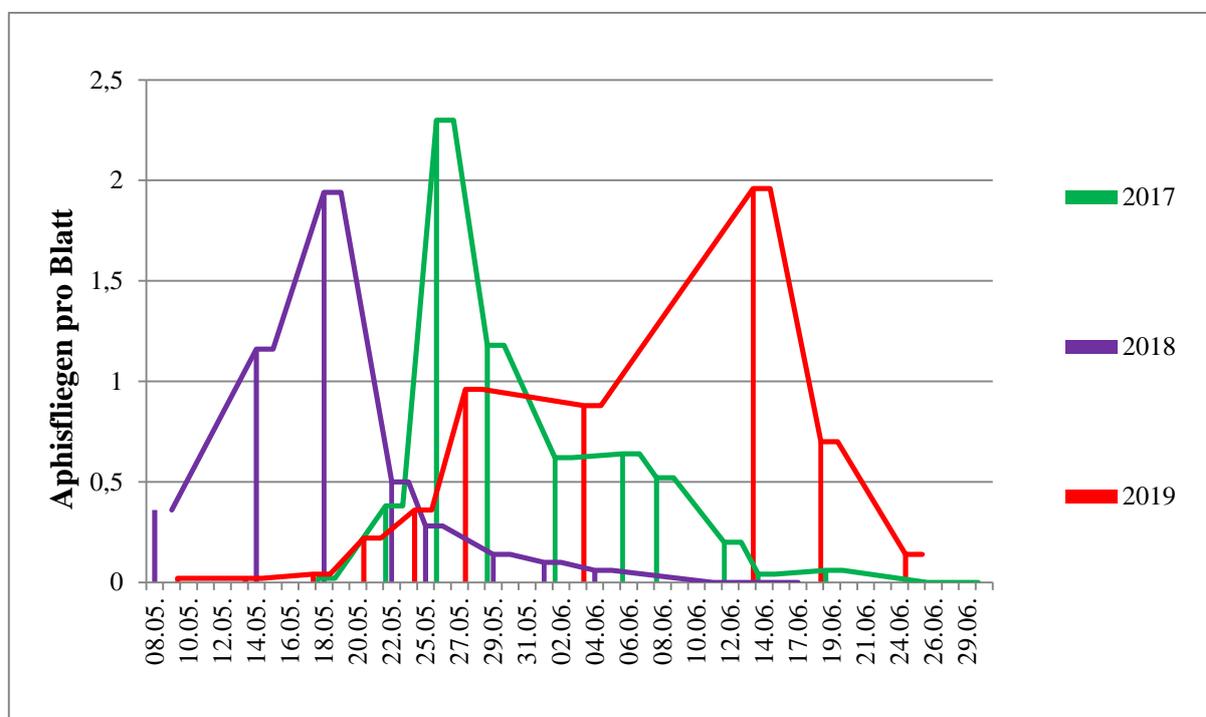


Abb. 5.2: Blattlauszuflug am Standort Hüll Sorte: Hallertauer Magnum; kein Actara-Einsatz seit 2016

Die Hopfen-Blattlaus vermehrte sich anschließend wie erwartet bis Ende Juni. Nach dem Ende des Aphisfliegen-Zuflugs konnte in den meisten Fällen mit dem Produkt Movento SC 100 (Art. 53) ein sehr guter Bekämpfungserfolg erzielt werden. In vielen Fällen war eine gezielte Applikation ausreichend. Bestände, die zur Blüte eine weitere Behandlung benötigten, wurden v. a. mit den Produkten Teppeki oder Plenum 50 WG behandelt. Insgesamt konnte gegen die Indikation Hopfen-Blattlaus ein guter bis sehr guter Bekämpfungserfolg erreicht werden (Tab. 5.1).

### 5.1.6 Gemeine Spinnmilbe

Die Gemeine Spinnmilbe profitierte von der trockenen und warmen bis heißen Witterung ab Mitte Mai bis Ende Juli. Die Nebenwirkung des Produktes Movento SC 100 wurde von den Praxisbetrieben gut ausgenutzt. Die verbleibenden Spinnmilben wurden mit den konventionellen Produkten erfolgreich bekämpft. Für viele Bestände war eine Akarizid-Applikation ausreichend. Auch für Hopfengärten mit stärkerem Befall konnte eine erfolgreiche Bekämpfung im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes aufgrund der verfügbaren Produktpalette gewährleistet werden (Tab. 5.2).

Tab. 5.1: Hopfen-Blattlaus- Monitoring an 30 Standorten in den bayerischen Hopfenanbau- gebieten (Hopfenring e.V.)

Datum	Aphisfliegen- Zuflug Ø	Blattläuse pro Blatt			
		Oben	Mitte	Unten	Ø
20. Mai.	0,1	0,9	0,4	0,0	0,6
27. Mai.	0,4	2,8	0,7	0,1	1,6
3. Jun.	0,7	7,5	1,3	0,5	4,2
11. Jun.	1,9	13,4	3,7	1,3	8,0
17. Jun.	1,3	25,5	3,7	1,7	14,1
24. Jun.	0,2	38,5	4,8	2,4	21,1
1. Jul.	0,0	6,0	1,3	0,1	3,4
8. Jul.	0,0	1,0	0,5	0,2	0,7
15. Jul.	0,0	0,3	0,8	0,1	0,4
22. Jul.	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
29. Jul.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5. Aug.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hauptbehandlungszeitraum 24.06 - 01.07					

Tab. 5.2: Gemeine Spinnmilben- Monitoring an 30 Standorten in den bayerischen Hopfenan- baugebieten (Hopfenring e.V.)

Datum	Eier	Spinnmilben	Spinnmilbenindex Ø
20. Mai.	0,21	0,20	0,05
27. Mai.	0,76	0,35	0,10
3. Jun.	1,17	0,43	0,15
11. Jun.	1,35	0,86	0,22
17. Jun.	0,96	0,85	0,22
24. Jun.	1,34	1,42	0,25
1. Jul.	0,26	0,62	0,15
8. Jul.	0,34	0,26	0,12
15. Jul.	0,56	0,40	0,13
22. Jul.	0,19	0,14	0,07
29. Jul.	0,08	0,17	0,06
5. Aug.	0,15	0,14	0,04
Hauptbehandlungszeitraum 24.06 - 15.07			

## 5.2 Amtliche Mittelprüfung

Leitung: S. Euringer

Bearbeitung: A. Baumgartner, M. Felsl, K. Kaindl (GfH), S. Laupheimer,  
K. Lutz, M. Mühlbauer, M. Obermaier (IPZ 5e),  
G. Thalmaier (GfH), J. Weiher

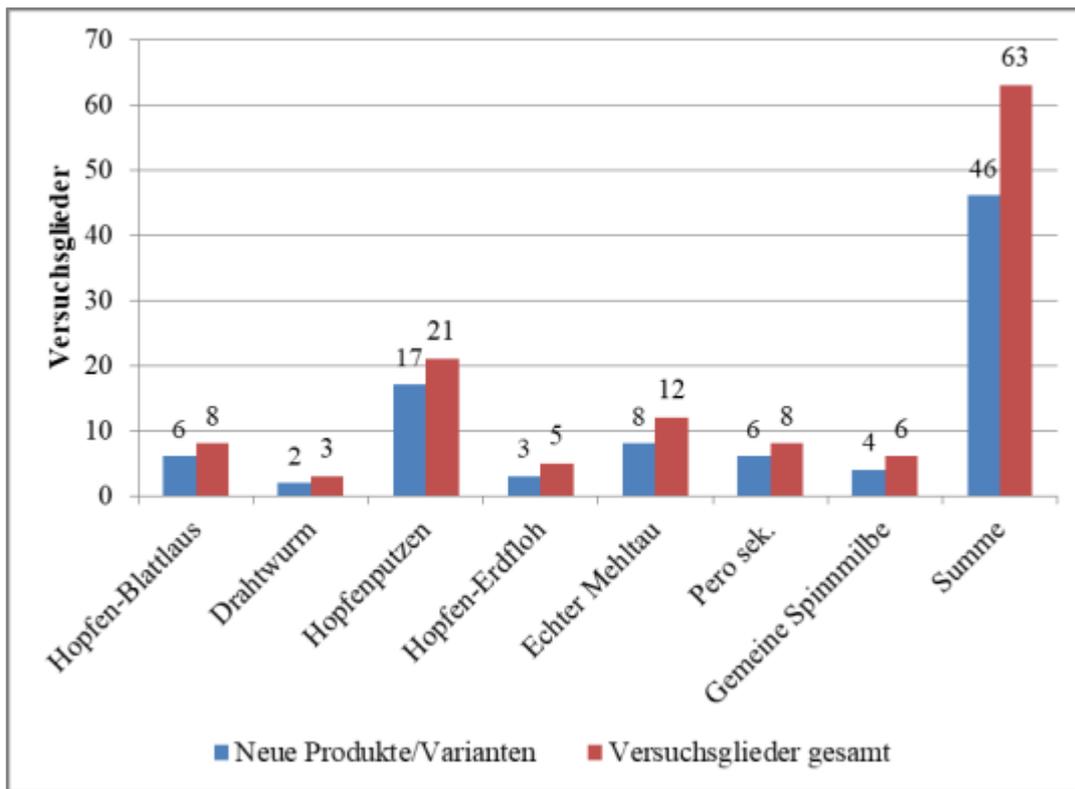


Abb. 5.3: Amtliche Mittelprüfung 2019

Im Versuchsjahr 2019 wurden in der Amtlichen Mittelprüfung 9 AMP-Versuche nach GEP-Norm durchgeführt. Dabei wurden 7 Indikationen abgedeckt. Insgesamt wurden somit auf ca. 8,5 ha 46 neue Produkte oder Kombinationen in 63 Versuchsgliedern geprüft (Abb. 5.3).

### 5.3 Resistenz- und Wirksamkeitstests gegen die Hopfen-Blattlaus im Sprühturm

Leitung: S. Euringer

Bearbeitung: A. Baumgartner, M. Felsl, M. Mühlbauer

Die Hopfen-Blattlaus befällt jedes Jahr alle Hopfensorten. Durch den Wegfall von wichtigen Insektiziden wird der Wirkstoffwechsel zur Vermeidung von Resistenzen deutlich erschwert. Eine wiederholte Anwendung des gleichen Wirkstoffes oder von Wirkstoffen mit dem gleichen Wirkmechanismus führt zu einer einseitigen Selektion bei Schadorganismen. Infolgedessen kommt es zu einer Resistenzausbildung und eine erfolgreiche Bekämpfung des Schadorganismus mit diesem Wirkstoff wird nicht mehr möglich sein. Daher werden aktuelle und neue Wirkstoffe bez. der Resistenz gegenüber der Hopfen-Blattlaus in Sprühturm-Versuchen getestet. Die Ergebnisse aus diesen Versuchen können je nach Wirkstoff stark von der Praxis abweichen. Auf die Veröffentlichung der Ergebnisse wird daher verzichtet. Im Jahr 2019 wurden 10 Wirkstoffe (8 neue, 2 bereits zugelassene) in jeweils 7 Konzentrationen getestet.

### 5.4 Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) zur Identifizierung von Hopfenmosaikvirus (HPMV) und Apfelmosaikvirus (ApMV) Infektionen an Hopfen

Leitung: S. Euringer

Bearbeitung: M. Mühlbauer, M. Felsl, O. Ehrenstraßer

Viruserkrankungen sind in allen Hopfenbaugebieten weit verbreitet. Um mit Virus infizierte Pflanzen zu identifizieren und entfernen zu können, wurde der ELISA-Test am Hopfenforschungszentrum Hüll erneut etabliert. Für jeden getesteten Virus wird mindestens eine Doppelbestimmung durchgeführt.

Tab. 5.3: Ergebnis der ELISA-Tests im Jahr 2019

	Anzahl Pflanzen	
	negativ	positiv
ApMV	1459	62
HpMV	1390	88

	Anzahl
Pflanzen getestet	1481
Pflanzen verworfen	135
Pflanzen Virusfrei	1346

Von 1481 getesteten Pflanzen wurden 135 verworfen. Die gesunden Pflanzen wurden als Zuchtmaterial und als Mutterpflanzen für Hopfenvermehrter bereitgestellt (Tab. 5.3).

## 5.5 GfH-Projekt zur *Verticillium*-Forschung

### 5.5.1 Forschung und Arbeiten zur *Verticillium*-Problematik im Hopfen

<b>Bearbeitung:</b>	K. Lutz, IPZ 5b
<b>Telefon:</b>	08442 9257-35
<b>E-Mail:</b>	kathrin.lutz@lfl.bayern.de
<b>Kooperation:</b>	AG Züchtungsforschung: Dr. E. Seigner, P. Hager, R. Enders, J. Kneidl, A. Lutz Dr. S. Radišek, Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Slowenien
<b>Finanzierung:</b>	Gesellschaft für Hopfenforschung, Erzeugergemeinschaft HVG

Die Bekämpfung der *Verticillium*-Welke in deutschen Hopfenanbaugebieten ist eine langfristige Aufgabe. Forschung und Beratung der LfL sind von zentraler Bedeutung, um die Hopfenpflanzer im Kampf gegen *Verticillium* zu unterstützen.

#### **Selektion von *Verticillium*-tolerantem Zuchtmaterial und Sanierung *Verticillium*-infizierter Böden**

##### **Ziel**

Seit dem ersten Auftreten von letalen *Verticillium nonalfalfae* Stämmen, dem Erreger der aggressiven Form der Hopfenwelke, ist eine kontinuierliche Ausbreitung der Befallsfläche im Anbaugebiet Hallertau zu beobachten. Der Erreger, ein im Boden lebender Pilz mit einem breiten Wirtsspektrum, kann bis zu 5 Jahre im Boden in Form eines Dauermyzels überdauern und ist nicht direkt bekämpfbar. Zum Management des Krankheitsbefalls soll ein integrierter Ansatz bestehend aus Hygienemaßnahmen, Züchtungsanstrengungen, angepasster Kulturtechnik und Sanierungskonzepten umgesetzt werden. Eine schnelle Transformation gewonnener Erkenntnisse soll den betroffenen Hopfenpflanzern Hilfestellung bei der Umsetzung von Managementmaßnahmen auf befallenen Flächen geben und schnellstmöglich zu Sanierungserfolgen beitragen.

##### **Methode**

Im Rahmen von Praxiserhebungen bei Hopfenbetrieben ohne Welkeprobleme und Betrieben mit Welkebefall in der Hallertau sollen Daten gewonnen werden, die zu wirksamen kulturtechnischen Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung des Pilzbefalls führen und in der Praxis umgesetzt werden können. Die bei Befallsflächen erforderliche Sanierung soll wissenschaftlich betreut und dabei innovative Ansätze zur Optimierung der Bodensanierung erarbeitet werden. Zusätzlich sollen die bereits erarbeiteten Detektions- und Analyseverfahren von *Verticillium* weiterentwickelt und optimiert werden. Ein Ansatz hierfür ist ein empfindliches Zeigerpflanzensystem.

## **Kooperation mit Praxisbetrieben**

Begleitend zu den optischen Bonituren im Feld wurden im Jahr 2019 500 Hopfenproben aus dem Hüller Zuchtgarten, den Selektionsgärten in Niederlauterbach und Engelbrechtsmünster sowie von 43 Praxisflächen mittels Realtime-PCR auf *Verticillium* analysiert. Diese Analysen werden von der AG Züchtungsforschung (Dr. E. Seigner, P. Hager, R. Enders) durchgeführt.

Mit den Ergebnissen konnten die Bonituren auf den jeweiligen Flächen bestätigt werden und zudem die Verteilung von *Verticillium* sowie die Aggressivität der jeweiligen *Verticillium*-Rassen festgestellt werden. In 40 von 43 Praxisfällen wurde eine Mischung aus milden und letalen Stämmen nachgewiesen. Der hohe Anteil an aggressiven *Verticillium*-Stämmen ist nicht repräsentativ für die Hallertau, sondern ist darin begründet, dass diese Flächen gezielt für eine Beprobung ausgesucht wurden. Dennoch lässt sich ein verstärktes Auftreten der letalen *Verticillium*-Rassen beobachten.

### **5.5.2 Thermische Hygienisierung von Rebenhäcksel – Biotest mithilfe der Zeigerpflanze Aubergine**

Als passende Zeigerpflanze für die Hopfenwelke konnte die Aubergine (*Solanum melongena* L.) identifiziert werden, da sie auf diesen Erreger anfällig ist. Des Weiteren eignet sie sich für ein Topfsystem im Gewächshaus und entwickelt die typischen Welke-Symptome rasch. Mithilfe der Auberginen können aufgrund dessen beispielsweise mögliche Hygienisierungsmaßnahmen auf ihre Wirksamkeit gegenüber dem *Verticillium*-Pilz getestet werden.

Die Pflanzen werden im Topfsystem auf ihren Welke-Befall hin beobachtet. Bonitiert werden beispielsweise die Wuchshöhe, die Vitalität, sowie die Ausprägung der Welke-Symptome. Über die Entwicklung der Auberginen in den jeweiligen Varianten kann indirekt abgeleitet werden, ob sich in den Pflanztöpfen infektiöses *Verticillium* befindet und somit auch, ob die Hygienisierung erfolgreich war. Zusätzlich werden die Pflanzen mithilfe der qPCR-Methode analysiert, um den Pilz sicher nachweisen zu können.

In diesem Versuch wurde die thermische Hygienisierung von Rebenhäcksel während einer vierwöchigen Haufen-Lagerung getestet. Dabei konnte festgestellt werden, dass das Infektionspotential des *Verticillium*-Pilzes durch eine vierwöchige Lagerung mit regelmäßigem Wenden der Rebenhäcksel gesenkt werden kann. Es muss jedoch unbedingt sichergestellt werden, dass die Erntereste regelmäßig gewendet werden, um ein Hygienisieren aller Schichten zu ermöglichen. Nur durch die hohen Temperaturen, die sich im Inneren des Rebenhäcksel-Haufens entwickeln, kommt es zu einem ausreichenden Abbau des Pilzes und somit zu einem deutlich geringeren Infektionspotentials des Rebenhäcksel.

### **Versuchsbeschreibung**

Zunächst wurden aus einem *Verticillium*-verseuchten Hopfengarten infizierte Hopfenreben geholt und gehäckselt. Das infizierte Material wurde in feine (Blätter, Stängel, kleinere Rebenbestandteile) und grobe Bestandteile (Rebenstücke) getrennt, um den Unterschied des Infektionspotentials der verschiedenen Bestandteile des Rebenhäcksel beurteilen zu können. Des Weiteren wurde eine gemischte Variante, die die Bedingungen mit dem Rebenhäcksel aus einer Pflückmaschine (Praxis) simulieren soll, angelegt. Je nach Häcksler-Modell, das in der Pflückmaschine verbaut ist, entsteht eine unterschiedliche Grobheit des Materials. Jeder Pflanzler sollte sich der Beschaffenheit seines Rebenhäcksel bewusst sein und die Hygienisierungsmaßnahmen dementsprechend anpassen.

Ein Teil des Materials wurde zur thermischen Hygienisierung an die Hochschule Weihenstephan gegeben. Dort wurde das Material mittels einer gewöhnlichen Haufenlagerung vier Wochen lang gelagert und regelmäßig gewendet (ähnlich der aeroben Kompostierung). Das restliche, nicht hygienisierte Material wurde während dieser vier Wochen in der Kühlung gelagert, um die Abbauprozesse durch Mikroorganismen oder Ähnlichem zu minimieren.

Tab. 5.4: Versuchsdaten zur „Thermischen Hygienisierung von Rebenhäcksel“

Aussaat	Juli 2019
Versuchsbeginn	27.11.2019
Boniturtermine	07.01.2020 15.01.2020 22.01.2020 28.01.2020 05.02.2020
Düngung	09.01.2020 (200 g Rein-N)
Topfvolumen	3 L

Die Auberginen wurden im Juli 2019 ausgesät. Die langsame Jugendentwicklung der Pflanzen bis Ende November lässt sich durch die zunehmend ungünstigeren Tageslängen und eine bisher fehlende Gewächshausbeleuchtung erklären (Tab. 5.4).

Nach der vierwöchigen Lagerung wurde der Rebenhäcksel unter die Pflanzerde der Auberginen gemischt. Dabei wurden neben einer Kontroll-Variante ohne Rebenhäcksel-Zugabe sechs weitere Varianten mit je 15 Pflanzen angelegt. Diese lassen sich anhand ihres Infektionspotentials und der Material-Beschaffenheit unterscheiden:

- 1) Kontrolle (ohne Rebenhäcksel-Zugabe)
- 2) nicht hygienisiert, fein
- 3) nicht hygienisiert, grob
- 4) nicht hygienisiert, Praxis (feines + grobes Material)
- 5) thermisch hygienisiert, fein
- 6) thermisch hygienisiert, grob
- 7) thermisch hygienisiert, Praxis

### Ergebnisse

Die ersten Welke-Symptome konnten bereits nach einem Monat bei der Variante „fein, nicht hygienisiert“ beobachtet werden. Fünf Wochen nach dem Erscheinen der ersten Symptome wurde der Versuch beendet, da man davon ausging, keine größeren Unterschiede mehr zwischen den Varianten beobachten zu können.

Bei der Wuchshöhe der Auberginen konnten zwischen den Infektionsvarianten signifikante Unterschiede beobachtet werden. Die Varianten mit dem unbehandelten, feinen Rebenhäcksel blieben im Wachstum deutlich hinter den restlichen Auberginen zurück. Die hygienisierten Varianten differenzieren sich in ihrer Größe von den anderen Pflanzen. Dies lässt auf eine gewisse Düngewirkung des Rebenhäcksel-Materials schließen (Abb. 5.4).

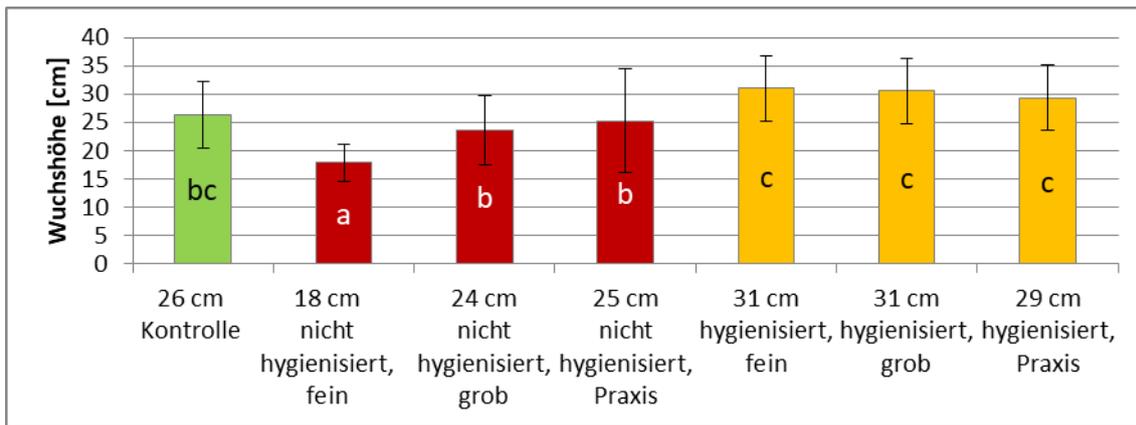


Abb. 5.4: Wuchshöhe der Auberginen [cm] zum Boniturtermin 05.02.2020, 71 Tage nach der Infektion; unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten dar

In Bezug auf das Merkmal Vitalität, bei dem die Fitness der Pflanzen subjektiv beurteilt wird, ergeben sich signifikante Unterschiede. Wie zu erwarten, schneidet die Kontrolle am besten ab, da sich in den Töpfen reine Pflanzenerde befindet und somit kein Infektionspotential zu erwarten ist. Die Varianten, die mit unbehandeltem Rebenhäckselmaterial versetzt wurden, schnitten in Bezug auf die Vitalität am schlechtesten ab. Das höchste Infektionspotential war bei dem fein gehäckselten, nicht hygienisierten Material zu beobachten. Dies lässt vermuten, dass durch die feine Struktur des Materials das Pilzmyzel gut freigelegt wurde und der Pilz so ideale Bedingungen vorfand, um die Auberginen zu infizieren. Eine etwas geringere Infektionsrate konnte bei dem grob gehäckselten, nicht thermisch behandelten Rebenhäcksel festgestellt werden. Die Praxisvariante lag zwischen diesen beiden Varianten (Abb. 5.5).

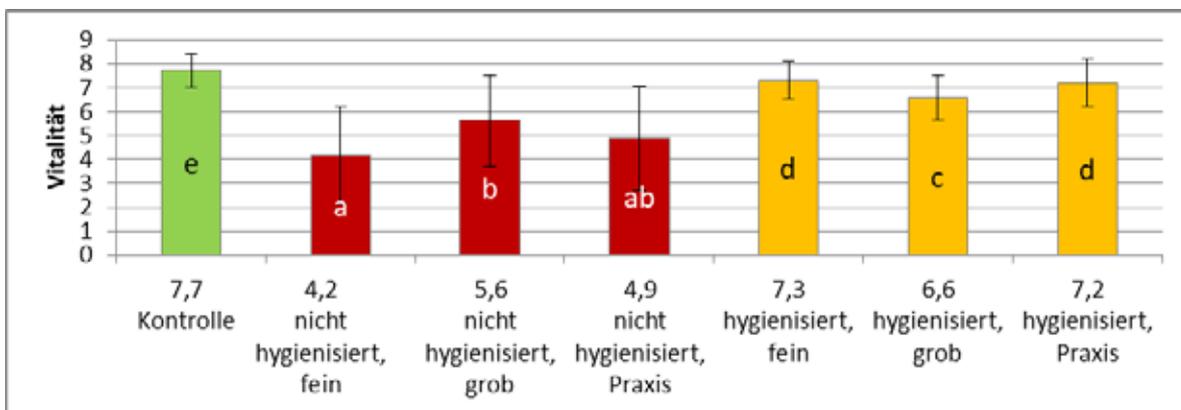


Abb. 5.5: Vitalität der Auberginen gemittelt über den gesamten Versuch; 1 = abgestorben, 9 = sehr gute Fitness; unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten dar

Die Welke-Symptome konnten durch die thermische Behandlung des Rebenhäcksel ebenfalls gesenkt werden. Das „Verticillium-Symptom“, das im Gegensatz zur Vitalität ausschließlich den Krankheitsverlauf der Pflanzen beurteilt, setzt sich unter anderem aus dem Welken, Einrollen und Vergilben der Blätter, sowie auftretenden Nekrosen zusammen. Zeigt sich die Pflanze gesund, so wird der Wert „0“ eingetragen, ist die Aubergine aufgrund des starken Welke-Befalls bereits abgestorben, wird der Wert „9“ vermerkt. Der thermisch behandelte Rebenhäcksel schnitt hierbei zwar schlechter als die nicht infizierte Kontrolle ab, gleichzeitig konnte im Vergleich zu den nicht hygienisierten Varianten aber ein signifikanter Unterschied ausgemacht werden. Am besten konnte das Infektionspotential bei dem behandeltem, feinen Material und der Praxisvariante gesenkt werden.

Die Pflanzen waren auch gesünder als bei dem groben, hygienisierten Rebenhäcksel. Dies ist durch die grobe Beschaffenheit bedingt, da der Pilz durch die kleine Oberfläche des Materials und die schlechte Zugänglichkeit im Rebeninneren geschützt ist. Die thermische Behandlung kann hier nicht den gleichen Effekt wie auf feinerem Material, das eine deutlich größere Oberfläche hat, erzielen. Des Weiteren bauen sich die groben Rebenstrünke nur sehr langsam ab, bleiben relativ lange in ihrem ursprünglichen Zustand und verhindern so, dass das Pilzmyzel durch die Hitzeentwicklung im Haufeninneren geschädigt werden kann (Abb. 5.6).

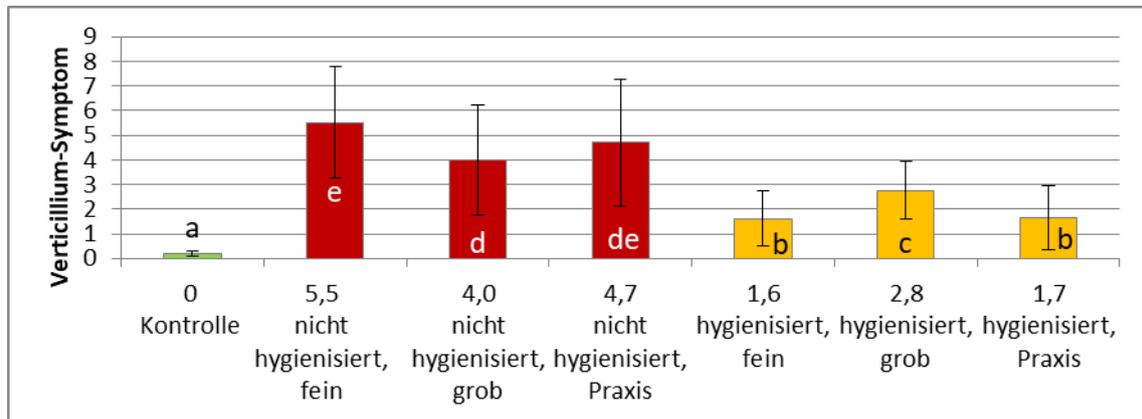


Abb. 5.6: *Verticillium*-Symptom der Auberginen gemittelt über den gesamten Versuch; 0 = keine Symptome, 9 = abgestorben; unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten dar

Soll das Infektionspotential durch eine ausreichend lange Haufenlagerung gesenkt werden, muss darauf geachtet werden, dass sich möglichst wenig grobes Material in diesem befindet bzw. verlängert sich die Lagerungsdauer je größer das Ausgangsmaterial ist. Kann jedoch keine längere Lagerung durchgeführt werden, sind die Rebenstrünke deutlich weniger infektiös als Blätter, Stängel oder gehäckselte Rebenstücke. Je feiner das Material, desto eher kann sich Pilzmyzel an dessen Oberfläche befinden und mögliche neue Wirtspflanzen infizieren. Dem Pilz wird es also durch die Struktur des Materials erleichtert von der bereits befallenen Wirtspflanze auf eine neue Wirtspflanze überzugehen.

Bei der Beurteilung des *Verticillium*-Symptoms, wird unter anderem der Trockenstress der Auberginen bewertet. Hierbei lässt sich durch eine thermische Hygienisierung eine deutliche Verbesserung der Wasserversorgung der Pflanzen feststellen. Das Pilzmyzel scheint die Leitungsbahnen der Pflanzen weniger stark zu befallen. Dies spricht dafür, dass das Infektionspotential deutlich gesenkt werden konnte. Die hygienisierten Varianten schnitten gleich bzw. ähnlich gut wie die nicht infizierte Kontrolle ab und unterscheiden sich somit deutlich von den nicht hygienisierten Pflanzen (Abb. 5.7).

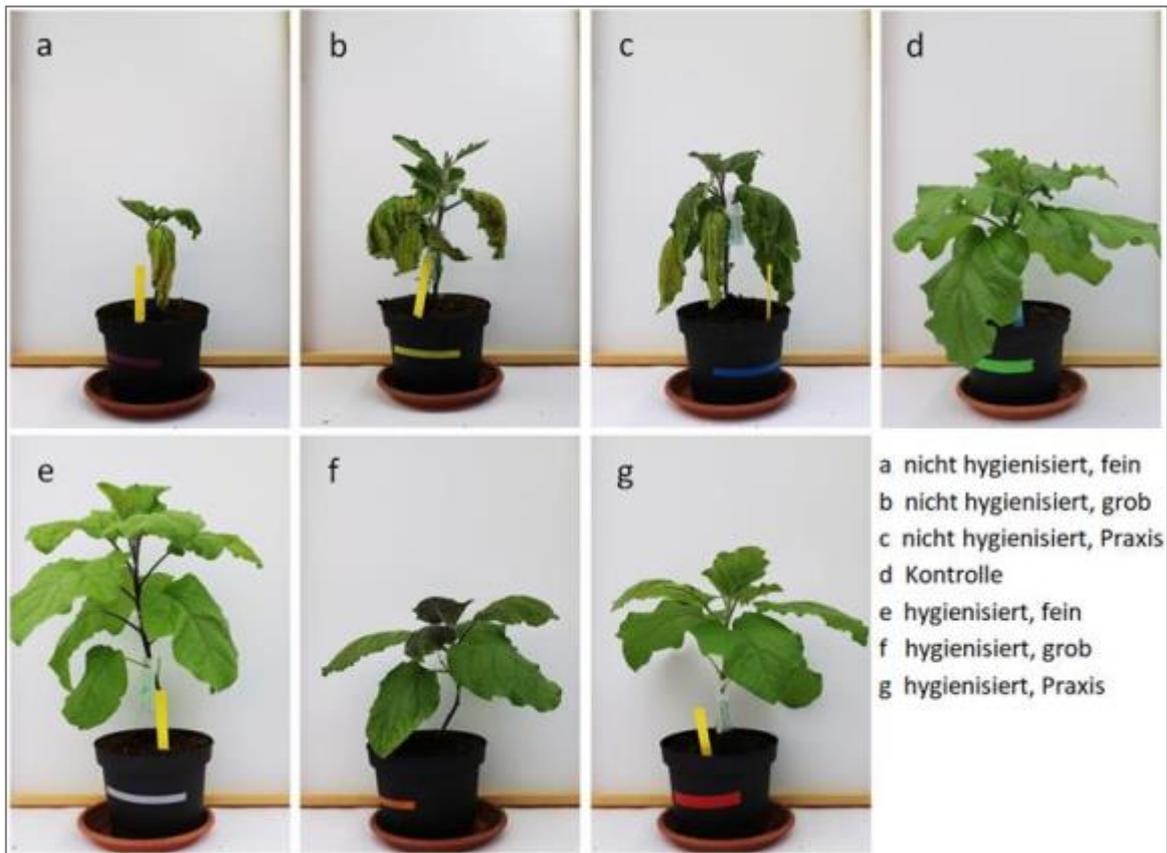


Abb. 5.7: Vergleich der Rebenhäcksel-Varianten nach der Infektion mit *Verticillium*-infiziertem Rebenhäcksel (nicht abgelagert ggü. 4-wöchiger Ablagerung mit regelmäßigem Wenden der Rebenhäcksel-Schichten); Auswahl von repräsentativen Pflanzen aus jeder Variante; Aufnahme vom 22.01.2020, 58 Tage nach der Infektion

### Zusammenfassung

Insgesamt lässt sich sagen, dass das Infektionspotential durch eine vierwöchige Haufenlagerung mit regelmäßigem Wenden des Rebenhäcksels deutlich gesenkt werden konnte. Die thermisch behandelten Varianten schnitten besser ab als die unbehandelten Varianten. Das Niveau der Kontrolle konnte nicht ganz erreicht werden. Dennoch ist eine deutliche Verbesserung der Fitness der Pflanzen zu beobachten. Dies spricht für eine längere Lagerung bzw. Überlagerung des Materials, um so beim Ausbringen des Rebenhäcksels im Hopfengarten nicht zusätzlich den Infektionsdruck zu erhöhen. Dennoch empfiehlt es sich, Rebenhäcksel aus infizierten Beständen nicht wieder in die Hopfengärten zurückzubringen, da ein gewisses Rest-Infektionspotential bestehen bleibt. Inwieweit dieses durch eine noch längere Lagerung abnehmen kann, ist nicht abzuschätzen.

### 5.5.3 Fernerkundung im Hopfen als objektive Bewertung der *Verticillium*-Ausbreitung in Hopfengärten

Um Aussagen über die Effizienz von Maßnahmen gegen die *Verticillium*-Welke treffen zu können, muss dies objektiv und über einen mehrjährigen Zeitraum beobachtet werden. Eine Möglichkeit neben der sehr zeitaufwändigen Einzelstockbonitur stellt die Fernerkundung dar. Drohnen bieten die Möglichkeit einzelne Schläge gezielt zu beobachten. Um die Ausbreitung von *Verticillium* über die Hallertau hinweg bewerten zu können, wurde mithilfe der Luftbilder des BayernAtlasPlus, einer Onlineanwendung der Bayerischen Vermessungsverwaltung, eine *Verticillium*-Befallskarte über das gesamte Anbaugbiet der Hallertau erstellt.

Der Zeitpunkt der Aufnahmen im Juli 2018 ist besonders geeignet, da die *Verticillium*-Schäden schon deutlich erkennbar sind. Da *Verticillium nonalfalfae* als bodenbürtiger Pilz lokal gebunden ist, kann diese Karte, die alle 2 Jahre aktualisiert wird, genutzt werden, um einen Eindruck über die Ausbreitung von *Verticillium* über die Hallertau zu geben.

#### **5.5.4 Biologische Bodenentseuchung als mögliche alternative Sanierungsmaßnahme**

Eine mögliche Gesundungsmaßnahme könnte die biologische Bodenentseuchung darstellen. Dabei soll der Pilz mittels Sauerstoffabschluss und der Zugabe eines Protein-haltigen Präparats mithilfe der im Boden lebenden anaeroben Mikroorganismen abgebaut werden. Um eine schnelle Entseuchung des Hopfengartens zu generieren, wird zunächst ein Granulat in den Boden eingearbeitet. Anschließend wird die Fläche geflutet und mit einer speziellen Folie abgedeckt. Während der vier bis sechs Wochen sollen anaerobe Mikroorganismen den Pilz abbauen. Zudem schaden dem Pilz die anaeroben Bedingungen sowie die hohen Temperaturen, die sich unter der Folie entwickeln. Ziel ist es, den Sauerstoff-Gehalt unter der Folie möglichst weit zu senken, um ein erfolgsversprechendes Ergebnis zu erhalten.

#### **Ausblick**

Sollte sich die untersuchte Methode zur schnellen, effizienten und erfolgreichen Entseuchung von Teilflächen im Hopfengarten bewähren, so müssen weitere Versuche zur wirtschaftlichen Anwendung folgen. In den bisher durchgeführten Versuchen wurde eher auf die Wirksamkeit als auf die Wirtschaftlichkeit geachtet. Zwar kann auf den Flächen bereits nach einer Vegetationsperiode die Bewirtschaftung mit Hopfen wieder aufgenommen werden, jedoch entstehen durch den Kauf des Granulats und der Folie hohe Kosten für den Landwirt. Künftig soll deshalb der Einsatz des Granulats reduziert werden, um eventuelle unnötige Mehrkosten für die Landwirte bei der Anwendung dieser Entseuchungsmethode zu vermeiden.

## 5.6 Auftreten des *Citrus Bark Cracking Viroid (CBCVd)* in der Hallertau

<b>Leitung:</b>	S. Euringer
<b>Bearbeitung:</b>	M. Obermaier (IPZ 5e), K. Lutz
<b>Kooperation:</b>	Dr. D. Kaemmerer (IPS 4b), Dr. L. Seigner (IPS 2c) und Team, Dr. S. Radišek, Slovenian Institute of Hop Research an Brewing, Slowenien Dr. E. Seigner, A. Lutz (IPZ 5c) und Team, S. Fuß (IPZ 5a)
<b>Monitoring:</b>	E. Fischer (IPZ 5a), K. Kaindl, M. Ludwig (IPZ 6a), M. Felsl

### 5.6.1 Bekannte Verbreitung des *CBCVd*

#### Auftreten in der Hallertau

Am 17.07.2019 wurde der LfL ein Hopfenbestand mit unbekanntem Symptomen gemeldet. Nach der Besichtigung des Bestandes wurden am 18. und 23.07.2019 Blattproben von symptomtragenden Pflanzen entnommen. Die Proben mit dem Verdacht auf *CBCVd* wurden in den darauffolgenden Tagen von der Arbeitsgruppe IPS 2c mittel Realtime Reverse Transkriptase PCR (RT-PCR) untersucht. Am 26.07.2019 wurde der Befall mit *CBCVd* infolge der Sequenzierung bestätigt. Das Auftreten des *CBCVd* im Hopfen ist zugleich der erste bestätigte Fall des *CBCVd* in Deutschland. Der wissenschaftliche Name für das *CBCVd* ist *Citrus bark cracking viroid*, früher auch *Citrus viroid IV*.

#### Bekannte Verbreitung des *CBCVd* in Europa

Das *CBCVd* ist in Europa v. a. in Italien und Griechenland an Zitrusgewächsen verbreitet (Abb. 5.8). An Zitrus verursacht der *CBCVd* meist keine oder nur geringe Symptome. Daher ist das *CBCVd* in Zitrusgewächsen und Zitrusfrüchten nicht geregelt. In Slowenien und im Hopfen wurde das *CBCVd* erstmalig im Jahr 2014 nachgewiesen. Die ersten Symptome wurden allerdings bereits im Jahr 2007 beobachtet.

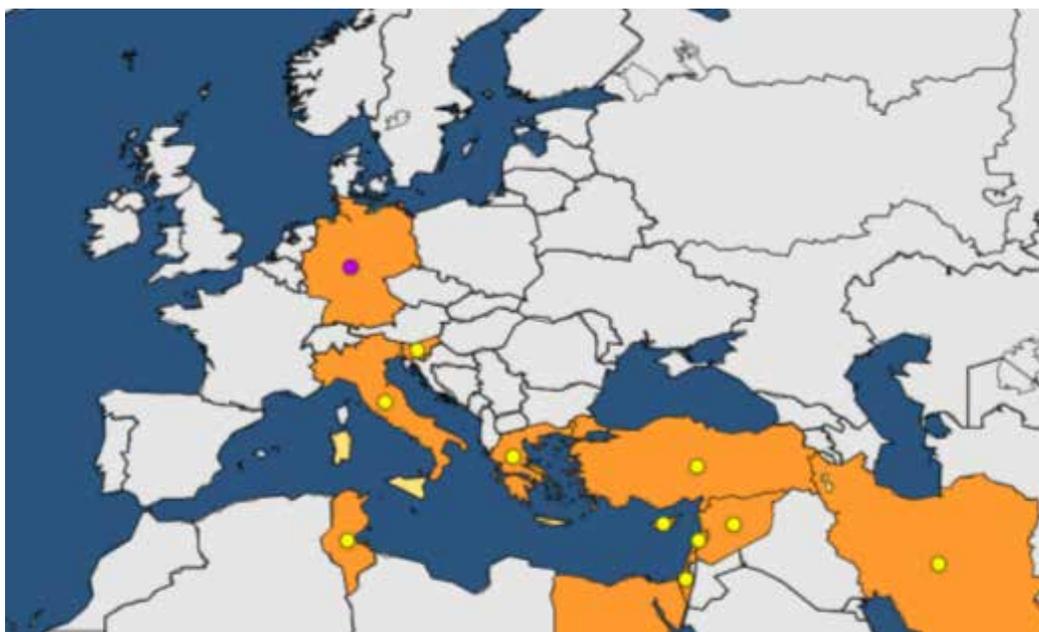


Abb. 5.8: Verbreitung des *CBCVd* - Europa © EPPO 2020

Obwohl Citrus-Viroide hochinfektiös sind, werden sie in einigen Ländern (Israel, Australien, USA (Kalifornien)) als Verzweigungsmittel im kommerziellen Anbau von Zitrusfrüchten eingesetzt. Zitrusplantagen, die durch Citrus-Viroide verzweigt wurden, können ohne einen negativen Effekt auf den Ertrag dichter bepflanzt werden (Bar-Joseph, 1993). Agronomische Verfahren, bei denen Krankheitserreger als Kultivierungshilfe eingesetzt werden, sollten überprüft werden (J. Jakse et al., 2014).

### **5.6.2 CBCVd im slowenischen Hopfenbau**

Seit der Saison 2007 wurde im slowenischen Hopfenbau von einer damals unbekanntem Krankheit mit einem hohen Ausbreitungspotential berichtet. Zunächst war es naheliegend, die Stauchsymptome auf den Befall mit dem im Hopfenbau bekannten Hopfenstaucheviroid (Hop stunt viroid) zurückzuführen, nachdem die Symptomatik verursacht durch das HSVd bereits seit den 1940er Jahren in Japan und später auch in Korea in Hopfenbeständen beschrieben worden war (Sano, 2013). Zudem wurde von HSVd-Infektionen bei Hopfen 2004 aus den USA (Eastwell and Nelson) und 2007 aus China (Sano, 2013) berichtet. Im Jahr 2013 konnte erstmalig mit molekularen Techniken (Pokorn et al., 2013; Radišek et al., 2013) in slowenischen Hopfen eine Mischinfektion von Hop Stunt Viroid und Citrus Bark Cracking Viroid nachgewiesen werden. Letztlich stellte sich heraus, dass das *CBCVd* im Hopfen als das aggressivere Pathogen diese dramatischen Schäden verursacht hat. Bis Ende 2013 wurden Infektionen auf 13 Betrieben mit einer Fläche von 44,82 ha festgestellt (J. Jakse et al., 2014). Im Jahr 2019 waren 238,5 ha in Slowenien betroffen (Abb. 5.9) (Radišek S., 2019).

#### **Befallsursprung in Slowenien**

Es wird vermutet, dass die Übertagung des *CBCVd* in Slowenien höchstwahrscheinlich auf Zitrusabfällen unter einer Hopfenfläche zurückzuführen ist. Diese Hypothese wird durch die Tatsache getragen, dass der Hopfengarten in dem der primäre Ausbruch verzeichnet wurde, teilweise auf einer illegalen Mülldeponie für Hausmüll und andere Abfälle eines Absatzzentrums für Früchte aufgestellt wurde. Experimentelle Infektionsversuche bestätigen, dass *CBCVd*-infizierte Zitrusfrüchte Hopfen infizieren können (Radišek S., 2016).

#### **Bekämpfung des *CBCVd* in Slowenien**

Seit 2011 kommt es in Slowenien zu angeordneten Rodungen aufgrund des *CBCVd*. Die Vorgehensweise wurde im Jahr 2015 angepasst. Bis ins Jahr 2018 wurde so versucht, die Ausbreitung des *CBCVd* einzudämmen. Im Jahr 2019 wurden verschärfte Maßnahmen mit dem Ziel der Ausrottung des *CBCVd* in Kraft gesetzt. Dieses Ausrottungsprogramm wurde von der slowenischen Regierung für den Zeitraum 2019-2021 akzeptiert. Wenn in Slowenien eine infizierte Pflanze entdeckt wird, werden aktuell der gesamte Bifang sowie jeweils links und rechts zwei zusätzliche Reihen gerodet. Diese Rodung entspricht dem Minimum, das der betroffene Pflanzler umsetzen muss. Falls der Pflanzler mehr bzw. den gesamten Hopfengarten roden möchte, wird diese Entscheidung unterstützt (Radišek S., 2019).

Bis inklusive der Saison 2018 haben die slowenischen Hopfenpflanzler Entschädigungszahlungen nur für einzelne infizierte Pflanzen erhalten. Seit dem Beginn des Ausrottungsprogramms (2019-2021) wurden die Entschädigungszahlungen auf die gesamte Fläche, die aufgrund einer *CBCVd*-Infektion gerodet werden muss, erweitert. In Abhängigkeit vom Alter der Anlage und von der Sorte erhalten betroffene Pflanzler Kompensationszahlungen bis zu 20.000 €/ha. Aktuell sind in Slowenien 29 Betriebe betroffen. Seit 2011 wurden in Slowenien insgesamt 293,6 ha aufgrund des *CBCVd* gerodet (Abb. 5.9) (Radišek S., 2019).

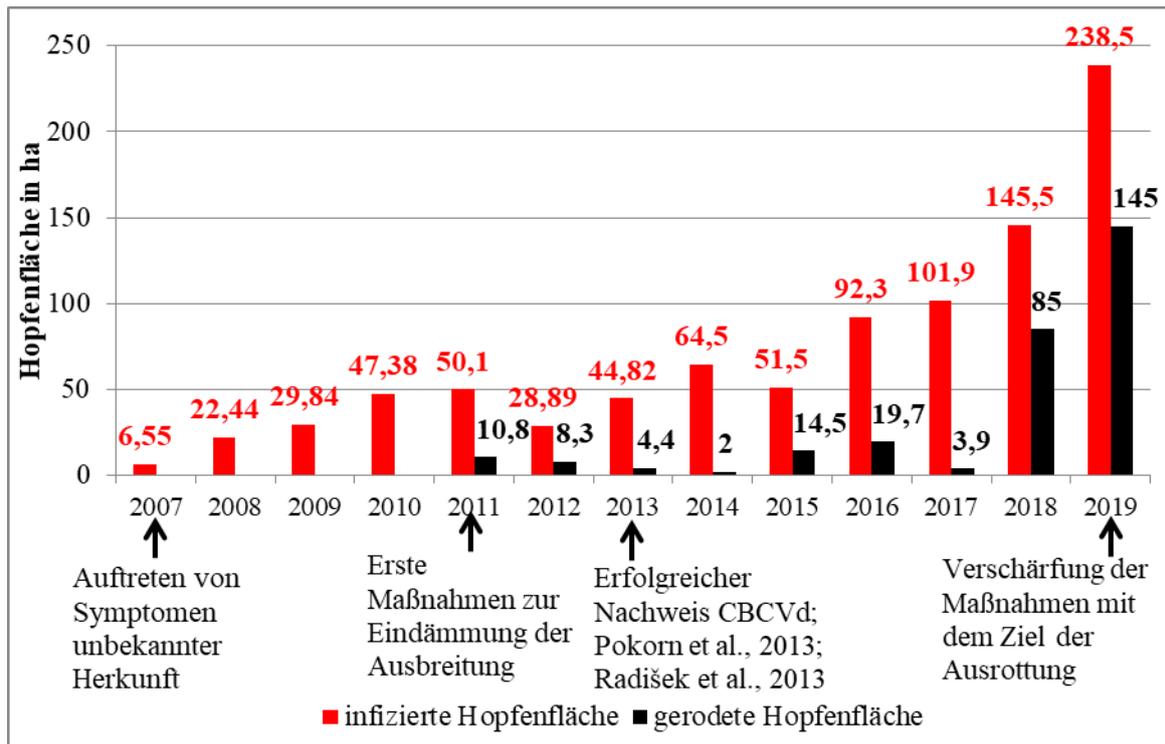


Abb. 5.9: Daten zur Bekämpfung des CBCVd in Slowenien(Radišek S., 2019)

Tab. 5.5: Hopfenanbaufläche in Slowenien 2011-2019 (Radišek S., 2019; Simon H. Steiner, Hopfen, GmbH, 2013 u. 2016 u. 2019)

Jahr	Hopfenanbaufläche in ha			
	Slowenien	Veränderung	infizierte Hopfengärten	gerodete Fläche
2011	1.376	15	50,1	10,8
2012	1.160	-216	28,9	8,3
2013	1.166	6	44,8	4,4
2014	1.528	362	64,5	2,0
2015	1.403	-125	51,5	14,5
2016	1.484	81	92,3	19,7
2017	1.590	106	101,9	3,9
2018	1.667	77	145,5	85,0
2019	1.637	-30	238,5	145,0
				293,6
				Summe

### 5.6.3 Express-PRA zum Citrus Bark Cracking Viroid

Die Express-PRA (Tab. 5.6) (pest risk analysis) wurde vom Julius Kühn-Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit am 31.07.2019 erstellt (Wilstermann A. et al., 2019).

Tab. 5.6: Auszug Express-PRA zum CBCVd vom 31.07.2019

Express-Risikoanalyse (PRA)	Citrus Bark Cracking Viroid		
Phytoparasitäres Risiko für DE	hoch ☒	mittel	niedrig
Phytoparasitäres Risiko für EU-MS	hoch ☒	mittel	niedrig
Sicherheit der Einschätzung	hoch ☒	mittel	niedrig
<b>Fazit</b>	<p>Erstmalig nachgewiesen wurde das <i>Citrus Bark Cracking Viroid (CBCVd)</i> 1988 in Kalifornien (USA), bisher kam es in Deutschland nicht vor. In Griechenland, Italien und Slowenien sind Auftreten von <i>CBCVd</i> bekannt. Es ist bisher nicht in den Anhängen der RL 2000/29/EG gelistet, steht aber seit 2017 auf der EPPO A2-Liste. Slowenien hat nach dem Auftreten in Hopfen Notmaßnahmen gegen die Einschleppung und Verbreitung des Viroids erlassen.</p> <p><i>CBCVd</i> ist überwiegend als ein Viroid mit geringem Schadpotential für Zitruspflanzen bekannt. 2007 wurden erstmalig Symptome von <i>CBCVd</i> an Hopfen in Slowenien beobachtet, infizierte Pflanzen sterben nach 3 - 5 Jahren ab.</p> <p>Es ist anzunehmen, dass sich <i>CBCVd</i> aufgrund geeigneter Klimabedingungen in warmen Regionen Deutschlands im Freiland ansiedeln kann, eine Ansiedlung in südeuropäischen EU- Mitgliedstaaten ist in <i>Citrus</i> spp. bereits erfolgt.</p> <p>Wegen seines hohen Schadpotenzials für Hopfen stellt <i>CBCVd</i> ein hohes phytoparasitäres Risiko für Deutschland und andere EU- Mitgliedstaaten mit Hopfenanbau dar.</p> <p>Aufgrund dieser Risikoanalyse besteht Anlass zur Annahme, dass sich der Schadorganismus in Deutschland oder einem anderen Mitgliedstaat ansiedeln und nicht unerhebliche Schäden verursachen kann. Es sollten daher Maßnahmen zur Abwehr der Gefahr der Einschleppung dieses potenziellen Quarantäneschadorganismus entsprechend § 4a der PBVO getroffen werden. Ein Befall ist daher entsprechend § 4a der PBVO zu melden und zu tilgen.</p>		
<b>Taxonomie<sup>2)</sup></b>	Reich: Viren und Viroide; Klasse: Viroide; Familie: Pospiviroidae; Gattung: Cocadviroid; Art: Citrus Bark Cracking Viroid ( <i>CBCVd</i> )		

Die vollständige deutsche Express-PRA finden Sie unter folgendem Link:  
<https://pflanzengesundheit.julius-kuehn.de/index.php?menuid=57&downloadid=2571&reporeid=76>



#### 5.6.4 Symptome an Hopfen und Krankheitsverlauf

Nach einer Infektion mit *CBCVd* treten die ersten optischen Symptome an Hopfen nach ein bis zwei Jahren auf. Bis Mai wächst der infizierte Hopfen noch normal heran. Ab Juni verkürzt sich der Abstand der neuen Internodien. Der Habitus der Pflanzen erscheint gestaucht (Radišek S., 2019). Bei einem schweren Krankheitsverlauf wird die Gerüsthöhe nicht erreicht. Die Seitenarmbildung wird drastisch reduziert. Dementsprechend werden nur wenige und teilweise unterentwickelte Blüten angelegt. Aufgrund fehlender Daten kann keine Aussage über den Alphasäuregehalt von infizierten deutschen Sorten gemacht werden. Die erhebliche Minderung des Ertrags steht außer Frage. Pflanzen bleiben bis zum Absterben infiziert. Der Krankheitsverlauf endet mit dem Absterben der Pflanze. Aus Slowenien wird berichtet, dass das Absterben durch eine trockene Stockfäule induziert wird. Dieses Symptom wurde in Deutschland bisher nicht beobachtet.

Wegen fehlender Daten wird bisher angenommen, dass alle sich in Deutschland im Anbau befindenden Sorten anfällig gegenüber dem *CBCVd* sind. Während des Monitorings wurden Stöcke der Sorte Hallertauer Magnum entdeckt, die positiv auf *CBCVd* getestet wurden. Diese Pflanzen zeigten aber keine Symptome. Da diese Stöcke im Zentrum eines Befalls als „falsche Stöcke“ standen, wird aktuell vermutet, dass die Sorte Hallertauer Magnum tolerant sein könnte.

Das namensgebene Aufplatzen der Rebe (Abb. 5.10) (bark cracking) wird auch am Hopfen beobachtet. Da der Hopfen auch auf mechanische Verletzungen oder bei Bewegungen der Rebe durch den Wind mit dem Aufplatzen der Rebe reagieren, ist dieses Symptom nicht eindeutig. Auffällig war jedoch, dass dieses Aufplatzen auch an noch nicht verholzten Reben in einer Höhe von bis zu fünf m beobachtet wurde.

Manche Sorten reagieren stark mit Blattchlorosen/Vergilbungen, welche allerdings durch eine Vielzahl anderer Ursachen hervorgerufen werden können (Abb. 5.11). Somit besteht hier ebenfalls Verwechslungsgefahr.



Abb. 5.10: Aufplatzen der Rebe –  
bark cracking



Abb. 5.11: Blattchlorose/Vergilben der  
Blätter

Das typische Symptom für eine Infektion mit dem *CBCVd* im Hopfen ist der Habitus der Pflanze an sich. Ab Juni zeigen sich infizierte Pflanzen mit einem deutlich gestauchten oder „spitzigen“ Wachstum (Abb. 5.12, Abb. 5.13). Aktuell wird vermutet, dass der Beginn der optisch erkennbaren Symptome im Juni vom Stressniveau der Pflanze abhängt und somit wetterabhängig sein könnte.

Ein weiterer wichtiger Hinweis für einen *CBCVd*-Befall ist die Verteilung der symptomtragenden Pflanzen im Bestand. Das *CBCVd* kann sehr leicht mechanisch verbreitet werden (Radišek S., 2019). Die Ausbreitung folgt daher der Bearbeitungsrichtung im Hopfengarten. Im Monitoring 2019 wurde beobachtet, dass die innerbetriebliche Verschleppung der Infektion häufig bei den Bifängen beginnt, die zuerst bearbeitet werden (gute Erreichbarkeit mit dem Schlepper).



*Abb. 5.12: Mandarina Bavaria, links gesunde Reben und rechts mit CBCVd infiziert, Juli 2019*



*Abb. 5.13: Mit CBCVd infizierter Hopfen kurz vor der Ernte, Sorte unbekannt, Aug. 2019*

## 5.6.5 *CBCVd* im deutschen Hopfenbau

### ***CBCVd*-Monitoring 2019**

Insgesamt wurden 64 Feldstücke im Gewanne um den Erstbefall untersucht. Dabei wurden die Bestände durch Begehungen und Drohnenbefliegungen systematisch bonitiert. Zusätzlich wurden Luftbilder aus dem Jahr 2018 (Bayernatlas) hinzugezogen. Die Monitoring-Teams haben gezielt Proben von auffälligen Pflanzen genommen. Die Proben wurden von der Arbeitsgruppe IPS 2c mittels Realtime RT-PCR untersucht.

### **Bewertung des *CBCVd*-Monitorings 2019**

Von 215 Proben wurden 63 positiv getestet. Insgesamt sind 12 Feldstücke mit einer Fläche von 44,53 ha (Berechnung nach Mehrfachantrag) in drei Betrieben betroffen. Es existieren keine Aussagen über die tatsächliche Fläche mit symptomtragenden Pflanzen. Eine Aussage bezüglich latenter Infektionen über das aktuell bekannte Befallsgebiet hinaus gibt es nicht. Das Monitoring endete mit dem Beginn der Hopfenernte. Die betroffenen Betriebe haben entsprechende Bescheide für den Umgang mit den befallenen Flächen erhalten.

Die Befallskarte, die auf Basis des *CBCVd*-Monitoring erstellt wurde, wird im Jahresbericht 2019 - Sonderkultur Hopfen nicht veröffentlicht. Nach dem aktuellen Stand des Wissens scheint der Befall lokal begrenzt zu sein.

### **Ergriffene Maßnahmen**

Die angeordneten Maßnahmen wurden auf Grundlage der PRA (pest risk analysis) des JKI sowie in Anlehnung an die in Slowenien im Jahr 2015 ergriffenen Maßnahmen erstellt:

- Vernichtung des oberirdischen Materials sowie des ausgegrabenen Wurzelstocks der befallenen Pflanzen
- Reinigung und Desinfektion von Maschinen und Geräten
- Vernichtung des Neuaustriebs gerodeter Pflanzen
- Verbot der Wiederbepflanzung der gerodeten Flächen mit Wirtspflanzen für zwei Jahre
- Verbot der Produktion von Hopfenpflanzgut bis zum Ablauf von zwei Jahren nach der letzten Befallsfeststellung
- Verbot der Verbringung von Hopfenhäcksel aus den Betrieben in Biogasanlagen

Staatliche Entschädigungen oder Kompensationszahlungen für die betroffenen Landwirte sind bisher nicht geplant.

Die LfL hat 2013 einen „Maßnahmenkatalog zur Vorbeugung und Bekämpfung von Viroidinfektionen bei Hopfen“ erstellt (vgl. Grünes Heft) und Hopfenbetriebe entsprechend beraten. Dieser wird weiter angewandt werden:

- Verwendung von gesundem Pflanzgut
- keine Ausbringung von Kompost auf Hopfenflächen
- regelmäßige Kontrolle der Bestände auf Symptome von *HSVd* und *CBCVd*

Seit 2008 bietet die LfL ein für die Landwirte freiwilliges Viroid-Monitoring (*HSVd*) an. Im Jahr 2013 basierend auf den ersten Berichten zum Nachweis des *CBCVd* in Slowenien (Pokorn et al., 2013; Radišek et al., 2013) wurde bei IPS 2c der molekulare Nachweis auf *CBCVd* etabliert und so konnte das freiwillige Monitoring bereits im Jahre 2013 um das *CBCVd* erweitert werden. In diesem Monitoring (2013-2018) wurden keine positiven Funde verzeichnet.

## Befallsursprung in Deutschland

Recherche zu möglichen Infektionsquellen

- zwei Betriebe haben Kompost aus Grünschnittgut eingesetzt (enthaltenes Zitrusmaterial eher unwahrscheinlich, aber nicht ausgeschlossen)
- alle drei Betriebe produzieren Hopfenpflanzgut in zugekauften Kultursubstraten wechselnder Herkunft (Gefahr von enthaltenem Zitrusmaterial unwahrscheinlich)
- alle drei Betriebe kaufen Pflanzgut zu (ob der Empfehlung nur getestetes Material zu verwenden Folge geleistet wurde, ist nicht mehr festzustellen)
- ein Betrieb setzt Pflanzenstärkungsmittel auf Zitrusölbasis ein (Risiko unbekannt)

Ergebnis: die Befallsursache in Deutschland ist nicht feststellbar

### 5.6.6 Krankheitsmanagement

Es ist keine direkte chemische oder biologische Bekämpfung des *CBCVd* bekannt. Pflanzen, die infiziert sind, bleiben bis zum Absterben infiziert. Eine „Virus-Freimachung“ also die Meristemkultur mit Hitzetherapie, die für die Herstellung von **Virus- bzw. *Verticillium*-freiem Pflanzenmaterial** an der LfL (IPZ 5c) durchgeführt wird, war bei **Viroiden** bisher nicht erfolgreich.

Die einzige Möglichkeit einen Befall mit *CBCVd* einzudämmen und auszurotten ist das Zerstören und Entfernen von sämtlichem infiziertem Pflanzenmaterial.

Eine unkontrollierte Ausbreitung des *CBCVd* kann in wenigen Jahren zu Totalausfall der betroffenen Anlage führen (Radišek S., 2019). Da die weitere innerbetriebliche Verbreitung ohne ein angemessenes Krankheitsmanagement sehr wahrscheinlich ist, kann das *CBCVd* durchaus existenzbedrohend sein.

Bis ein auf das *CBCVd* angepasstes Krankheitsmanagement erstellt wird, gelten die Hygienemaßnahmen ähnlich wie bei der *Verticillium*-Welke.

*Verticillium* ist im Gegensatz zum *CBCVd* ein bodenbürtiger Pilz. *Verticillium nonalfalfae* ist ein Organismus, der in seiner Dauerform bis zu fünf Jahre im Boden selbstständig überleben kann. Viroide wie das *CBCVd* sind zwingend auf einen lebenden Wirt (z.B. Hopfen) angewiesen, um sich zu vermehren. Aus diesem Grund ist zu beachten, dass auch nach der Rodung des Hopfenstockes Wurzelmaterial im Boden verbleibt, das infektiös sein kann.

Für den Umgang mit dem *CBCVd* gilt generell:

- Zerstörung von sämtlichem infiziertem oder befallsverdächtigen Pflanzenmaterial
- Soweit möglich Verzicht auf überbetrieblichen Maschineneinsatz
- Intensiv auf Feldhygiene achten
- Verwendung von gesundem Pflanzmaterial

Für ein effektives Krankheitsmanagement ist fundiertes Wissen über den Schaderreger *CBCVd* an sich und dessen Epidemiologie essentiell (Jakse J. et al. 2014, Radišek S., 2019).

## 5.6.7 Bisherige Forschungsaktivitäten des slowenischen Instituts für Hopfenforschung und Brauereiwesen

### Schadinsekten als Vektoren

Erste Versuche in Slowenien haben gezeigt, dass die Hopfenblattlaus, der Maiszünsler und der Hopfen-Erdfloh das *CBCVd* bei ihrer Saug- bzw. Beißtätigkeit nicht aufnehmen. In Gemeinen Spinnmilben, die an infizierten Pflanzen gesaugt habe konnte der *CBCVd* nachgewiesen werden. Beim Aufsetzen dieser *CBCVd*-positiven Gemeinen Spinnmilben auf gesunde Hopfenpflanzen konnte eine Übertragung des *CBCVd* von der Spinnmilbe auf den Hopfen bisher nicht nachgewiesen werden (Radišek S., 2019).

### Begleitflora im Hopfenbau

Es ist grundsätzlich möglich, dass die Begleitflora im Hopfengarten (Zwischenfruchtanbau, Ungräser, Unkräuter) ein Zwischenwirt für den *CBCVd* sein kann. Bisherige Versuche in Slowenien schließen Gräser aus. Über andere Arten, die im Zwischenfruchtanbau zur Anwendung kommen, fehlen noch Daten (Radišek S., 2019).

### Mechanische Übertragung

Die größte Gefahr für eine Infektion geht nach aktuellem Stand des Wissens von sämtlichem infiziertem Pflanzenmaterial und Pflanzensaft aus. Aufgrund der hohen Anzahl an Bearbeitungsschritten im Hopfenbau (z.B. Schneiden, Kreiseln, Anleiten, mechanisches Entlauben, Ernte) breitet sich der *CBCVd* in den Beständen überwiegend in Bearbeitungsrichtung aus (Radišek S., 2019).

Auf infizierten Werkzeugen und Geräten wurde das *CBCVd* noch nach 14 Tage mittels RT-PCR nachgewiesen (Radišek S., 2019). Somit stellen alle Oberflächen mit direktem Pflanzenkontakt wahrscheinlich lange nach dem letzten direkten Kontakt mit infiziertem Hopfen eine potentielle Infektionsquelle dar.

Eine besondere Gefahr scheint von Pflanzensaft an den Reifen von Schleppern und Geräten während und direkt nach der Ernte auszugehen. Die Verletzungen durch das Überrollen der „Rebenstutzen“ führen zu Eintrittspforten für eine Infektion. Gleichzeitig stellt ein Reifen mit infektiösem Saft wahrscheinlich auch nach dem Antrocknen eine Infektionsquelle dar (Radišek S., 2019).

### Hygienisierung von Rebenhäcksel

Über einen Zeitraum von 63 Tagen wurden *CBCVd*-positive Proben in Rebenhäckselhaufen positioniert und regelmäßig auf *CBCVd* untersucht. Dabei wurde darauf geachtet, dass die kritischen Bereiche, die sich weniger stark erwärmen (Rand- und Bodenbereich), miterfasst wurden. Die aktuell in Slowenien empfohlene Lagerzeit für Rebenhäckselhaufen ohne Abdeckung beträgt drei bis vier Monate. Mit Abdeckung reduziert sich die Empfehlung auf zwei bis drei Monate (Radišek S., 2019).

Für die Hygienisierung von mit *CBCVd* belastetem Rebenhäcksel gilt die gleiche Aussage wie für die Hygienisierung von mit *Verticillium* belasteten Rebenhäcksel. Es gibt keine Garantie für den absoluten Hygienisierungserfolg. Seriöse Untersuchungsergebnisse werden immer nur für das untersuchte Material ausgesprochen. Es ist nicht möglich, die gesamte Masse eines Rebenhäckselhaufens zu untersuchen.

Vor dem Hintergrund der Pflanzengesundheit ist auf die Rückführung von frischem Rebenhäcksel immer zu verzichten. Die Hygienisierung von Rebenhäcksel kann die Wahrscheinlichkeit einer Infektion mit *CBCVd* oder *Verticillium* auf ein Minimum reduzieren. Soweit möglich, sollte belastetes oder befallsverdächtiges Material überhaupt nicht mehr in Hopfengärten ausgebracht werden.

Hier besteht in Deutschland ein klarer Zielkonflikt zwischen den gesetzlichen Regelungen der Düngeverordnung und dem Pflanzenschutz im Hopfenbau.

### **5.6.8 Weiteres Vorgehen**

Um eine fundierte Entscheidungsgrundlage für den Umgang mit dem *CBCVd* im deutschen Hopfenbau zu gewinnen, ist v. a. ein intensiviertes Monitoring in der Saison 2020 notwendig. Das Monitoring ist in der Saison 2020 im Zeitraum von Ende Juni bis Ende Juli geplant. Nach dem aktuellen Wissensstand wird dieses Monitoring in drei Teilbereiche gegliedert:

- Bayern: Anbaugbietsmonitoring (Hallertau inklusive Hersbruck und Spalt)
- Befallsregion und Umgebung
- Hopfenflächen der bereits betroffenen Betriebe

Die Anbaugbiets in Tettngang und Elbe-Saale werden sich ebenfalls am *CBCVd*- Monitoring beteiligen müssen. Für die Durchführung des Monitorings außerhalb Bayerns sind die Behörden der entsprechenden Bundesländer zuständig.

Auf Basis des *CBCVd*-Monitorings 2020 in Deutschland sowie aufgrund der Erfahrungen aus Slowenien wird die Strategie gegen das *CBCVd* im Anschluss an die Saison 2020 festgelegt. Diese Strategie wird auf Länder-, Bundes und EU-Ebene diskutiert werden. Der Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V. sowie der Deutsche Hopfenwirtschaftsverband e.V. werden in die Entscheidungsfindung einbezogen werden.

### **Danksagung**

Herzlichsten Dank für die geleistet Arbeit und die gute Zusammenarbeit aus dem Arbeitsbereich Hopfen sowie von allen beteiligten Kollegen der LfL.

Ich bedanke mich bei unseren Aushilfskräften (F. Weiß, J. Röger, L. Weihrauch, L. Blass, L. Eiba, S. Theis, S. Kaindl). Ohne deren wertvolle Arbeit hätte das Monitoring in diesem Umfang nicht umgesetzt werden können.

Die Dringlichkeit der neuen *CBCVd*-Problematik sowie die bevorstehende Hopfenernte stellte das Hopfenforschungszentrum Hüll vor eine enorme Herkulesaufgabe. Die Routinearbeiten, wie auch z.B. die Amtliche Mittelprüfung, konnten nur aufrechterhalten werden, da alle zentralen Hopfenorganisationen umgehend ihre Unterstützung in Form von Arbeitskräften, Fahrzeugen und Geräten angeboten haben. Wir sagen ein herzliches „Vergelt´s Gott“ für die geleistete Unterstützung - in alphabetische Reihenfolge:

Deutscher Hopfenwirtschaftsverband e.V., Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G., Gesellschaft für Hopfenforschung e.V., Hopfenring e.V., Verband deutscher Hopfenpflanzer e.V.

Ein besonderer Dank gilt den Kollegen/innen der Universität Ljubljana, Biotechnische Fakultät und des slowenischen Instituts für Hopfenforschung und Brauereiwesen, speziellen Dank an Dr. Sebastjan Radišek. Die dort gesammelten Erfahrungen und wissenschaftliche Ergebnisse über den *CBCVd* wurden sofort und unkompliziert zur Verfügung gestellt.

Wir danken den vom Monitoring betroffenen Landwirten für die Geduld und das entgegengebrachte Vertrauen. Wir hoffen, dass wir die neuen Herausforderungen an den Hopfenbau in Deutschland in Zusammenarbeit mit den Pflanzern, Hopfenorganisationen und Behörden meistern können.

## Literatur

Bar-Joseph .M, 1993. Citrus viroids and citrus dwarfing in Israel. *Acta Horticulturae* 349, 271-6.

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.

Simon H. Steiner, Hopfen, GmbH, 2013,2016,2019: Entscheidungsdaten für den Hopfeneinkauf: Hopfenanbaufläche/Welthopfenmarkt

Jakse J., Radisek S., Pokorn T., Matousek J., Javornik B., 2014. Deep-sequencing revealed a CBCVd viroid as a highly aggressive pathogen on hop: S. 20-25

Pokorn, T., Radišek, S., Javornik, B., Jakše, J., 2013: Using small RNA technology to identify viroids on hop. *Proceedings of the I.H.G.C. Scientific-Technical Commission, Ukraine*, S. 59.

Radišek, S., Oset, M., Čerenak, A., Jakše, J., Knapič, V., Matoušek, J., Javornik, B., 2013: Research activities focused on hop viroid diseases in Slovenia. *Proceedings of the I.H.G.C. Scientific-Technical Commission, Ukraine*, S. 58.

Radišek S., 2016. PEST RISK ANALYSIS for Citrus bark cracking viroid (CBCVd): S. 1-23

Radišek S., 2019. Persönliche Mitteilung Euringer S. und Videokonferenz JKI Bonn am 17.12.2019

Sano, T., 2013. History, Origin, and Diversity of Hop Stunt Disease and Hop Stunt Viroid. *Acta Horticulturae* 1010, 87-96.

Wilstermann A., Schrader G., 2019. Express-PRA zum Citrus Bark Cracking Viroid: S. 1-7

## 6 Züchtungsforschung Hopfen

**RDin Dr. Elisabeth Seigner, Dipl.-Biol.**

Am Hopfenforschungszentrum Hüll werden moderne, leistungsstarke Sorten entwickelt, die den Anforderungen der Brau- und Hopfenwirtschaft entsprechen. Die folgenden Zielsetzungen prägen unsere Arbeiten:

- Die Entwicklung klassischer Aromasorten mit hopfentypischen, feinen Aromaausprägungen,
- seit 2006 die Züchtung von Spezialaromasorten mit extrem breitem Braupotenzial, die je nach Bedarf in der Brauerei im Kalt- bzw. Heißbereich einzigartig fruchtig-blumige Aromaprofile bzw. hopfen-würzige Noten in die Biere bringen sowie
- die Schaffung robuster, leistungsstarker Hochalphasorten.
- Biotechnologische und genomanalytische Techniken begleiten seit Jahren die klassischen Züchtungsschritte.

### 6.1 Kreuzungen 2019

Im Jahr 2019 wurden insgesamt 89 Kreuzungen durchgeführt.

### 6.2 Diamant – die neue hochfeine Aromasorte mit Spalter Mutter

**Leitung:** A. Lutz, Dr. E. Seigner

**Bearbeitung:** A. Lutz, J. Kneidl, Dr. E. Seigner, Team IPZ 5c

**Kooperation:** Dr. K. Kammhuber, Team IPZ 5d

Beratungsgremium der GfH

Forschungsbrauerei Weihenstephan, Technische Universität München-Weihenstephan, Lehrstuhl für Getränke- und Brautechnologie Prof. Becker, Ch. Neugrodda

Versuchsbrauerei Bitburger-Braugruppe, Dr. S. Hanke

Nationale und internationale Braupartner

Partner aus dem Bereich Hopfenhandel und -verarbeitung

Verband Deutscher Hopfenpflanzer

Hopfenpflanzer

Landsorten aus dem Saazer-Formenkreis wie Spalter und Tettninger mit ihrem fein-würzigen Hopfenaroma sind bei Brauern weltweit sehr gefragt. Aber für die Hopfenpflanzer wird ein wirtschaftlicher Anbau dieser alten Landsorten immer schwieriger.

Mit der neuen Sorte **Diamant**, einer direkten Tochter des Spalters, ist es dem ehemaligen Hüller Züchter Herbert Ehrmaier mit seinen vor gut 20 Jahren durchgeführten Kreuzungsarbeiten gelungen, eine neue Aromasorte zu entwickeln, die das hochfeine Aromaprofil des Spalters mit wettbewerbsfähigen agronomischen Eigenschaften vereint.

**Diamant** hat in langjährigen Anbauprüfungen den entscheidenden Züchtungsfortschritt im Vergleich zu seiner Mutter **Spalter** unter Beweis gestellt, der sich vor allem in seiner verbesserten Pflanzengesundheit und seiner höheren agronomischer Leistung zeigt.

Tab. 6.1: Agronomische Merkmale und brauwertbestimmende Inhaltsstoffe

<b>Ertragspotenzial</b>	1.900 kg/ha, deutlich höher als Spalter und nur wenig unter Hallertauer Tradition
<b>Resistenzen / Toleranzen</b>	mittlere Resistenz bzw. Toleranz gegenüber Krankheiten und Schädlingen
<b>Stress- und Klimatoleranz</b>	mittel
<b>Reife</b>	mittel-spät
<b>Alphasäuren (%)</b>	7 (5 – 9)
<b>Betasäuren (%)</b>	6 (5 – 7)
<b>Cohumulon (rel. in % der Alphasäuren)</b>	18 (16 – 20)
<b>Xanthohumol (%)</b>	0,5 (0,4 – 0,6)
<b>Gesamtöl (ml/ 100 g Hopfen)</b>	1,7 (1,4 – 2,0)
<b>Farnesengehalt (mg/100 g Hopfen)</b>	150 - 200
<b>Linaloolgehalt (mg/100 g Hopfen)</b>	18



Abb. 6.1: Diamant – Doldensträußchen und Dolden-Querschnitt

Mit seinem feinen, klassisch hopfigen Aroma zählt die neue Hüller Sorte zur Spitzenklasse (siehe Abb. 6.2). Besonders harmonisch zeigt sich Diamant in Lagerbieren. Sein hohes Aromapotenzial ermöglicht je nach Hopfengabe-Zeitpunkt und -Menge eine betonte leicht blumige Zitrusnote bzw. ein dezentes, angenehm mildes Hopfenaroma (Abb. 6.3).

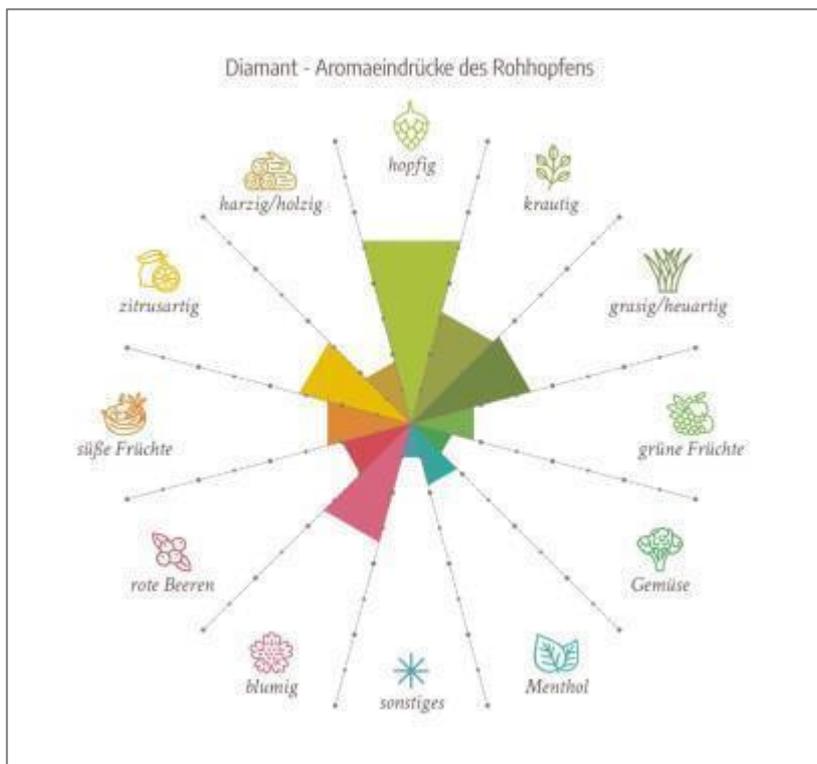


Abb. 6.2: Aromaprofil von Diamant als Rohhopfen



Abb. 6.3: Aromaprofil von Diamant im Bier

## Referenzen

Lutz, A., Seigner, E., Kammhuber, K und König, W. (2019): Diamant – neue hochfeine Hüller Aromasorte. Brauwelt – Rohstoffe Wissen Nr. 45, 1279-1283.

Seigner, E., König, W. (2019): Diamant – neue Zuchtsorte aus dem Hopfenforschungszentrum Hüll.

<https://www.hopfenforschung.de/diamant-neue-zuchtsorte-aus-dem-hopfenforschungszentrum-huell/>

## 6.3 Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettnanger

### Ziel

Durch klassische Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettnanger soll eine Sorte entwickelt werden, die ein klassisch feines, dem Tettnanger ähnliches Aroma aufweist. Zugleich soll in den Neuzüchtungen Ertragspotenzial und Pilzresistenz im Vergleich zum ursprünglichen Tettnanger deutlich verbessert werden. Des Weiteren soll durch eine bessere Klimaadaptation das Problem der Frühblüte, verursacht durch höhere Temperaturen, gelöst werden. In den neuen modernen Tettnanger Töchtern soll auch optimierte Nährstoffeffizienz erreicht werden, was vor allem im Kontext der neuen Düngeverordnung relevant ist.

**Schlagworte:** Tettnanger-Ersatz, Aromaqualität, Resistenzen, Klimaadaptation, wettbewerbsfähige Produktion

### Methode

- Klassische Kreuzungen mit Tettnanger und vorselektierten Hüller Aromalinien
- Mehlttauresistenztestung im Gewächshaus und Labor (siehe 6.5)
- Sämlingsprüfung (Einzelpflanzen) im Gewächshaus
- Anbauprüfungen bei reduziertem Pflanzenschutzmittel- und Düngereinsatz
- 3-jährige Anbauprüfung in Hüll
- 4-jährige Stammesprüfung in Wiederholungen an zwei Standorten in der Hallertau sowie in Tettnang
- Reihenversuchsanbau auf Praxisbetrieben in der Hallertau und Tettnang
- **chemische Analyse der Doldeninhaltsstoffe (IPZ 5d)**
- **organoleptische Aromabonituren**
- **Testung auf Viren mit der DASELISA (Double Antibody Sandwich Enzyme Linked Immunosorbent Assay)-Technik (IPZ 5b)**
- Untersuchung auf *Verticillium*-Befall mit der Realtime-PCR-Technik (Maurer et al., 2013; Seigner et al., 2017).
- **Pathogeneliminierung über Meristemkultur (Seigner et al., 2017)**

## Ergebnis

### Sämlingsprüfung

Seit 2010 wurden 37 gezielte Kreuzungen durchgeführt. Über 1.400 im Gewächshaus auf Krankheitsresistenz vorselektierte Sämlinge wurden im Zuchtgarten in Hüll ausgepflanzt und über drei Jahre geprüft. Durch minimalen Pflanzenschutzmitteleinsatz und reduzierte Stickstoffgaben bei den Anbauprüfungen (Sämlings- und Stammesprüfung) in unseren Zuchtgärten wird schon seit Jahren auf die robustesten, widerstandsfähigsten und nährstoffeffizientesten Hopfen hin selektiert.

Im Rahmen der Sämlingsprüfung wurden 2019 insgesamt acht Tettlinger-Nachkommen erstmals beerntet. Fünf erfolgversprechende Sämlinge wurden als Kandidaten für die Stammesprüfung 2020 ausgewählt. Nach Bestätigung ihres virus- und *verticillium*-freien Zustands sind diese Sämlinge für die Vermehrung und nachfolgende Auspflanzung in Wiederholungen in der Hallertau an den Standorten Hüll und Stadelhof vorgesehen. In Straß werden 2021 nur die aussichtsreichsten Kandidaten in die Stammesprüfung aufgenommen.

Zwei Sämlinge mit *Verticillium*-Befall wurden 2019 über Meristemkultur kuriert und als *Verticillium*-frei bestätigt. Nun stehen sie nach der Vermehrung für die Stammesprüfung 2020 zur Verfügung – zunächst nur in der Hallertau.

### Stammesprüfung

Die Zuchtstämme aus den Stammesprüfungen 2015, 2016 und 2017 konnten aus unterschiedlichen Gründen (Frühblüte, zu geringe/schwankende Alphagehalte, Peronospora – bzw. Welkeanfälligkeit,...) weder in der Hallertau noch in Straß/Tettling überzeugen. Daher werden bzw. wurden sie gerodet.

2020 wird mit insgesamt zehn Stämmen in dieser 4-jährigen Stammesprüfphase ganz neu begonnen. Unter verschiedenen Boden- und Witterungsbedingungen können die neuen Stämme ihr Potenzial zeigen. Zuverlässige Aussagen zu Wüchsigkeit, Ertrag, Resistenzen, Inhaltsstoffen und Aroma stehen erst in 2 bis 3 Jahren zur Verfügung.

### Ausblick

Nach der Stammesprüfung folgt die Hauptprüfung und darüber hinaus muss sich ein Stamm in den Parzellenprüfungen auf Praxisbetrieben (Reihenbau und Großflächenversuchsanbau) bewähren. Aktuell kristallisieren sich noch keine vielversprechenden Kandidaten für diesen Prüfabschnitt heraus. Wir erwarten frühestens 2021/2022 den Start der Reihenbauprüfung mit den ersten Neuzüchtungen aus diesem Kreuzungsprogramm.

### Referenzen

Maurer, K.A., Radišek, S., Berg, G., Seefelder, S. (2013): Real-time PCR assay to detect *Verticillium albo-atrum* and *V. dahliae* in hops: development and comparison with a standard PCR method. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 120 (3), 105–114.

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

Seigner, E., Haugg, B., Hager, P., Enders, R., Kneidl, J. & Lutz, A. (2017): *Verticillium* wilt on hops: Real-time PCR and meristem culture – essential tools to produce healthy planting material. *Proceeding of the Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention, Austria*, 20-23.

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

### **Ausgangssituation**

Das Elbe-Saale Hopfenanbaugebiet leistet mit seinen 1.550 ha (7,6 % der deutschen Hopfenfläche) einen entscheidenden Beitrag zur weltmarktbestimmenden Rolle Deutschlands in der Hopfenproduktion. Bitter- und Hochalphasorten dominieren hier im Anbau. Hauptsorte ist nach wie vor seit ca. 25 Jahren die robuste Hochalphasorte Hallertauer Magnum, auch wenn sich der Flächenanteil von 65 auf 40,6 % reduzierte und sich das Sortenspektrum merklich ausgeweitet hat. Aber Hallertauer Magnum mit seinem Alphasäureertrag von 280 kg  $\alpha$ /ha ist im Vergleich zur Hüller Hochalphasorte Herkules mit über 500 kg  $\alpha$ /ha nicht mehr konkurrenzfähig. Der Umstieg im Anbau auf die Sorte Herkules bedingt durch seine hohe Stockfäuleanfälligkeit ist in den Elbe-Saale-Hopfenanlagen nicht gelungen.

### **Zielsetzung**

Zielsetzung dieses Züchtungsvorhabens ist es daher, neue leistungsfähige und robuste Hopfenstämme zu züchten und zu testen, die durch ihre hohen Alphasäuregehalte und ihre breiten Widerstandsfähigkeiten, insbesondere gegenüber Stockfäuleerregern, auch unter den speziellen Anbaubedingungen des Anbaugebietes Elbe-Saale wirtschaftlich produziert werden können. Des Weiteren soll eine bessere Klimaadaptation und Nährstoffeffizienz erreicht werden. Letzteres ist vor allem im Kontext der neuen Düngeverordnung von Bedeutung.

### **Durchführung und Methoden**

#### **Kreuzungsteil**

- Gezielte Kreuzungen mit vorselektiertem Hüller Zuchtmaterial
- Mehltaresistenztestung im Gewächshaus und Labor (siehe 6.5)
- Sämlingsprüfung (Einzelpflanzen) im Gewächshaus
- Anbauprüfungen bei reduziertem Pflanzenschutzmittel- und Düngereinsatz
  - o 3-jährige Anbauprüfung in Hüll
  - o 4-jährige Stammesprüfung an zwei Standorten in der Hallertau
- Reihenversuchsanbau auf Praxisbetrieben in der Hallertau und im Elbe-Saale-Gebiet
- chemische Analyse der Doldeninhaltsstoffe (IPZ 5d)
- organoleptische Aromabonituren
- Testung auf Viren mit der DASELISA (Double Antibody Sandwich Enzyme Linked Immunosorbent Assay)-Technik (IPZ 5b)
- Untersuchung auf *Verticillium*-Befall mit der Realtime-PCR-Technik (Maurer et al., 2013; Seigner et al., 2017).
- Pathogeneliminierung über Meristemkultur

## **Reihen-Versuchsanbau mit Hüller Hochalphastämmen im Elbe-Saale-Gebiet**

Aussichtsreiche Zuchtstämme aus den Hochalpha-Züchtungsprogrammen der LfL werden im Anbaugebiet Elbe-Saale unter Praxisbedingungen getestet.

- Betrieb Berthold in Monstab, Thüringen
- Agrargenossenschaft Querfurt, Sachsen-Anhalt
- Hopfengut Lautitz, Sachsen

### **Ergebnisse**

#### **Kreuzungspart**

Mit über 3000 auf Pilzresistenz vorselektierten Sämlingen begann die Auslese im Frühjahr 2019 in der Vegetationshalle. Vielversprechende Sämlingskandidaten durchlaufen aktuell die 3-jährige Sämlingsprüfung im Zuchtgarten in Hüll. Über 40 Zuchtstämme müssen ihre Eigenschaften während der 4-jährigen Stammesprüfung in Hüll bzw. Stadelhof unter Beweis stellen. Zuverlässige Beurteilungen hinsichtlich Ertrag, Inhaltsstoffen, Krankheitsresistenzen, besonders gegen Stockfäuleerreger sind erst nach Abschluss dieser 4-jährigen Anbauprüfung in der Hallertau möglich.

Auch 2019 wurden 40 Kreuzungen mit der oben beschriebenen Zielrichtung durchgeführt.

#### **Reihenversuchsanbau**

Aus dem laufenden Hüller Züchtungsprogramm werden 3 Hüller Hochalpha-Zuchtstämme im Vergleich zu Hallertauer Magnum, Herkules, Polaris und Ariana praxisnah im Reihenversuchsanbau von einem Pflanzler im Elbe-Saale-Anbaugebiet auf ihre Standorteignung geprüft (siehe Tab. 6.2). Die LfL begleitet diesen Anbauversuch wissenschaftlich wie auch fachtechnisch gemeinsam mit der Thüringischen Landesanstalt. Zur Auswahl für diesen Reihenversuchsanbau kamen nur Hochalpha-Stämme, die im Zuchtgarten in Hüll gute Stockgesundheit erkennen ließen und zudem in ihren agronomischen Eigenschaften und Resistenzen überzeugten.

#### **Ausblick**

Bei den Neuzüchtungen sind erfolgversprechende Ansätze erkennbar. Im Frühjahr 2019 wurden zwei weitere vielversprechende Hochalphazuchtstämme, die sich in den Hüller Stammesprüfungen bewährt haben, ausgepflanzt. Diese Kandidaten müssen sich aber nachfolgend im Reihenversuchsanbau auf Praxisbetrieben in der Elbe-Saale-Hopfenregion erst bewähren.

Im Reihenversuchsanbau werden aktuell auf je einem Betrieb in Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt fünf bzw. zwei Hüller Hochalphastämme geprüft. Um verlässliche Aussagen insbesondere zur geforderten Widerstandsfähigkeit gegenüber Stockfäule treffen zu können, müssen diese Anbauprüfungen mit jedem Zuchtstamm jeweils 5 Jahre durchgeführt werden.

Tab. 6.2: Ergebnisse der Reihenbauprüfung von Hüller Hochalpastämmen (Reihe von 102 Stöcken pro Stamm) bei einem Elbe-Saale-Pflanzer mit Hallertauer Magnum, Herkules und Polaris als Referenzsorten; <sup>1</sup>  $\alpha$ -Säuregehalt in Gew.-% lfr. nach EBC 7.4

Eigenschaften	Hallertauer Magnum	Herkules	Polaris	Ariana	Stamm 2010/75/764	Stamm 2010/80/728	Stamm 2011/71/19
<b>Pflanzjahr</b>	1998	2001	2012	2016	März 2014	Juni 2015	Juni 2015
<b>Aroma- einschätzung</b>	angenehm	angenehm	angenehm, Spezialaroma	angenehm, fruchtig, Spezialaroma	angenehm	mittel	angenehm
<b>Alphasäuren (%)<sup>1</sup></b>	<b>12,4</b> (10,6 – 14,5)	<b>13,9</b> (13,5 – 14,5)	<b>16,4</b> (13,7 – 18,2)	<b>9,0</b> (8,2 – 9,9)	<b>12,8</b> (11,5 - 13,7)	<b>18,7</b> (17,1 – 20,2)	<b>16,3</b> (15,6 - 17,2)
<b>Ertrag (kg/ha)</b>							
<b>Erntejahr 2014</b>	2 210	3 230	2 850		2 615 (Jungh.)		
<b>Erntejahr 2015</b>	1 640	1 640	1 900		3 030		
<b>Erntejahr 2016</b>	2 830	2 500	2 435	1 651 (Jungh.)	3 010	2 210	2 230
<b>Erntejahr 2017</b>	2 925	1 950	2 785	4 488	2 750	3 375	2 930
<b>Erntejahr 2018</b>	2 420	wegen Stockfäule nicht mehr im Anbau	2 255	3 092	wegen Stockfäule nicht mehr beerntet	2 100	2 395
<b>Erntejahr 2019</b>	2 740		2 555	3 177		2 145	2 335
<b>kg <math>\alpha</math>-/ha</b>	<b>311</b> (174 – 410)	<b>325</b> (221 – 453)	<b>402</b> (309 – 507)	<b>324</b> (272 – 376)	<b>372</b> (348 – 392)	<b>464</b> (359 – 637)	<b>406</b> (376 – 466)
<b>Stockgesundheit</b>	sehr gut	gering	sehr gut	sehr gut	mittel	gut	gut
<b>Agromische Einschätzung</b>	robust, wüchsig	Ertragspotenzial reduziert wegen Stockfäule	robust, mittlere – schwache Windefähigkeit	wichtig, robust, breite, gute Resis- tenzausstattung	kopfbetont, wichtig, $\alpha$ -Säuren sehr schwankend	volle Mehлтаure- sistenz, geringe Behangstärke	gute Mehлтаure- sistenz, guter Habitus, hohes Ertragspotenzial

## 6.5 Mehltausolate und ihr Einsatz in der Mehltaresistenzzüchtung bei Hopfen

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c)
<b>Finanzierung:</b>	Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. (2013 – 2014; 2017-2020) Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G. (2015 - 2016)
<b>Projektleitung:</b>	Dr. E. Seigner, A. Lutz
<b>Bearbeitung:</b>	AG Züchtungsforschung Hopfen: A. Lutz, J. Kneidl EpiLogic: S. Hasyn
<b>Kooperation:</b>	Dr. F. Felsenstein, EpiLogic GmbH, Agrarbiologische Forschung und Beratung, Freising
<b>Laufzeit:</b>	01.01.2013 – 31.12.2020

### Ziel

Verbesserte Resistenz gegenüber Krankheiten, insbesondere gegenüber Echtem Mehltau ist bei der Entwicklung neuer Hopfensorten oberste Priorität. Deshalb werden jedes Jahr Sämlinge aus allen Züchtungsprogrammen auf Mehltaresistenz geprüft.

Seit dem Jahr 2000 werden für diese Mehltaresistenzprüfungen im Gewächshaus und Labor Mehltausolate mit charakterisierten Virulenzeigenschaften eingesetzt (Seigner et al., 2002). Zusammen mit den ständig optimierten Prüfsystemen im Gewächshaus und Labor bilden sie die Säulen für eine effektive Resistenzzüchtung (Seigner et al., 2005; Seigner et al., 2006; Seigner et al., 2009). Von EpiLogic, Agrarbiologische Forschung und Beratung, Freising, werden dazu zwischen 10 und 12 Mehltausolate mit allen aktuell bekannten Virulenzgenen erhalten und für die verschiedenen Arbeiten rund um die Mehltaresistenzzüchtung bereitgestellt.

### Beschreibung der Arbeiten

#### Mehltausolate – Erhaltung und Charakterisierung ihrer Virulenzeigenschaften

- Vor dem Start der Testungen werden jedes Jahr im Februar die Virulenzeigenschaften aller Mehltausolate überprüft. Dazu wird ein Sortiment von elf Hopfensorten, die alle bisher bekannten Resistenzgene tragen, zur Differenzierung der Virulenzen eingesetzt. So wird sichergestellt, dass die zur Verfügung stehenden Isolate auch Jahre nach der Inkulturnahme keine ihrer Virulenzgene durch Mutation verloren haben. Außerdem werden hierbei auch neu im Anbaugebiet bzw. im Gewächshaus auftretende Mehltaupopulationen auf ihre Virulenzeigenschaften hin untersucht.

#### Prüfung auf Mehltaresistenz im Gewächshaus in Hüll

- Unter standardisierten Infektionsbedingungen werden jedes Jahr alle Sämlinge (ca. 100.000), die aus den Kreuzungen des Vorjahres entstanden sind, im Gewächshaus künstlich mit drei Mehltausolaten beimpft. Dabei kommen Mehltausämme zum Einsatz, die alle Virulenzen aufweisen, die in der Hallertau verbreitet vorkommen.

- Damit kann eine große Zahl an Sämlingen geprüft werden und dabei geklärt werden, inwieweit sie Resistenzen aufweisen, die für den Anbau in der Hallertau dringend erforderlich sind. Nur Sämlinge, die als resistent eingestuft werden, kommen zur weiteren Selektion in die Vegetationshalle.



*Abb. 6.4: Resistenztest im Gewächshaus mit Sämlingsschalen und den dazwischen stehenden Inokulatorpflanzen*

### **Prüfung auf Mehltaresistenz im Labor mit dem Blatt-Testsystem**

- Weiterführend werden Zuchtstämme, Sorten und Wildhopfen, die sich in den Vorjahren im Gewächshaus als resistent gezeigt hatten, im Labor bei EpiLogic unter Nutzung des Blatt-Testsystems nachuntersucht. Zur Inokulation wird ein englisches Mehltauisolat („R2-Resistenzbrecher“) und ein Hallertauer Isolat („RWH18-Brecher“), das regionale Bedeutung hat, genommen. Nur Zuchtstämme und Sorten, die eine breite Widerstandsfähigkeit gegenüber Echtem Mehltau in beiden Prüfungen (Gewächshaus und Blatt-Test) beweisen, werden für die weitere Züchtung verwendet.

### **Beurteilung der Virulenzsituation im Anbaugebiet und Bewertung der Resistenzquellen mit dem Blatt-Testsystem**

- Jedes Jahr werden die Virulenzgene der aktuellen Mehltaupopulationen in den deutschen Hopfenanbaugebieten bestimmt. Dabei wird die Reaktion von 11 Sorten und Wildhopfen, die alle bisher weltweit bekannten Resistenzgene tragen (= sog. Hopfen-Differenzialsortiment), gegenüber allen aktuell zur Verfügung stehenden Mehltauisolaten getestet. Dadurch ist es möglich, zu beurteilen, ob bestehende Resistenzen in aktuellen Sorten noch voll wirksam sind (wie z. B. bei der voll mehltaresistenten Hüller Aromasorte Hallertauer Blanc). Im letzten Jahr wurde bereits der Mehltau Stamm, der Herkules in immer mehr Regionen der Hallertau befallen kann, von EpiLogic auf seine Virulenzeigenschaften untersucht. Die alt bekannten Virulenzen, die das R1- und R3-Resistenzgen brechen, konnten bestätigt werden. Auch von mehltauinfizierten Blättern der Sorte Callista aus einem Praxisbestand wurden die Virulenzen identifiziert. Nach aktuellem Kenntnisstand scheint die R18-Resistenz in Callista in einem Praxisbestand von regional anzutreffenden Mehltaustämmen mit komplementärer v18-Virulenz gebrochen zu sein.

Diese Virulenzuntersuchungen liefern für die in der Praxis bzw. in unserer Vegetationshalle gefundenen Mehлтаustämme entscheidende Erkenntnisse, die zur Beurteilung der noch wirksamen bzw. unwirksamen Resistenzen unserer Sorten notwendig sind.

### **Phänotypische Daten zur Mehлтаuresistenz des Hopfenreferenzsortiments für das GHop-Projekt als Beitrag zur Etablierung der Präzisionszüchtung**

Seit Mitte 2015 wird in Kooperation mit der Universität Hohenheim und dem Max-Planck-Institut sowie seit 2017 mit Unterstützung der Gesellschaft für Hopfenforschung und der Hopfenverwertungsgenossenschaft HVG an der Erarbeitung der Grundlagen für die Präzisionszüchtung bei Hopfen gearbeitet.

Mit den Resistenztests im Gewächshaus und nachfolgenden Blatt-Tests bei EpiLogic mit den definierten Mehлтаustämmen wurden entscheidende Erkenntnisse zur Mehлтаuresistenz bzw. –anfälligkeit aller Individuen des Referenzhopfensortiments (bestehend aus 192 Sorten, weiblichen und männlichen Zuchtstämmen sowie Wildhopfen) gewonnen. Diese Mehлтаutests des Referenzsortiments im Gewächshaus und im Labor (Blatt-Test) ermöglichen unter kontrollierten Bedingungen mit charakterisierten Mehлтаustämmen sehr zuverlässige Resistenzaussagen, die im Feldtest niemals möglich sind. Darüber hinaus können die Resistenzreaktionen auf das Wirken spezieller Resistenzgene (komplementär zu den Virulenzen der eingesetzten Mehлтаustämme) zurückgeführt werden.

*Tab. 6.3: Überblick zur Mehлтаuresistenztestung 2019 mit Mehлтаuisolaten definierter Virulenz*

2019	Testung im Gewächshaus		Blatt-Test im Labor	
	Pflanzen	Boniturdaten	Pflanzen	Boniturdaten
Sämlinge aus 88 Kreuzungen	ca. 100.000 bei Massen-Selektion		-	-
Zuchtstämme*	224	570	224	1 737
Sorten*	26	52	8	54
Wildhopfen*	1	2	0	0
Virulenzen Mehлтаuisolate	-	-	10	486
<b>Gesamt</b> (Einzeltestungen)	<b>251</b>	<b>624</b>	<b>242</b>	<b>2 277</b>

Massenselektion in Pflanzschalen; Einzeltestungen = Selektion als Einzelpflanzen in Töpfen

*\*zum Teil Daten für das GHop-Projekt (Präzisionszüchtung)*

## **Testung der Wirksamkeit von Wirkstoffen bei der Bekämpfung von Echem Mehltau**

Da die Bekämpfung von Echem Mehltau in der Praxis eine zunehmende Herausforderung darstellt, sollte in einem ersten Versuch von EpiLogic geklärt werden, ob sich in den Mehltaupopulationen, die in der Hallertau auftreten, bereits Resistenzen gegenüber häufig eingesetzten Wirkstoffgruppen in Pflanzenschutzmitteln entwickelt hatten.

Dazu wurde die Wirksamkeit von den drei zugelassenen Wirkstoffen Pyraclostrobin (Bellis), Myclobutanil (Systhane 20 EW) und Metrafenone (Vivando) mit einem Mischisolat aus 5 Praxisbeständen getestet. Es wurden dabei keine bedeutenden Verschiebungen im Resistenzniveau festgestellt. Das heißt, die aus Praxisbeständen kommenden Mehltausämme konnten unter Laborbedingungen noch mit den oben genannten Wirkstoffen in den praxisüblichen Konzentrationen bekämpft werden. Ausgehend von diesen Ergebnissen müssen andere Ursachen für die mangelhafte Wirkung mancher Mehltauspritzungen in Praxisbeständen in Betracht gezogen werden (Zeitpunkt der Spritzung, Applikationsprobleme etc.). Für eine belastbare Beurteilung der Wirksamkeit von verschiedenen Pflanzenschutzmitteln, die zur Bekämpfung von Echem Mehltau in der Hallertau eingesetzt werden, müssen sicherlich noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

## **6.6 Blatt-Testsystem zur Beurteilung der Toleranz von Hopfen gegenüber Falschem Mehltau (*Pseudoperonospora humuli*)**

**Leitung:** Dr. E. Seigner, A. Lutz  
**Bearbeitung:** B. Forster  
**Kooperation:** Th. Eckl, IPZ 1e (Biometrie)

Befall des Hopfens mit dem Falschem Mehltaupilz (*Pseudoperonospora humuli*) stellt die Pflanzler immer wieder vor große Herausforderungen. Neben dem seit zwei Jahrzehnten etablierten Peronospora-Warndienst leistet die Züchtung einen wesentlichen Beitrag zur Lösung des Peronospora-Problems. Ziel dabei ist es, Hopfen mit deutlich verbesserter Toleranz gegenüber diesem Pilz zu entwickeln. Alljährlich werden dazu Tausende von jungen Sämlingen im Gewächshaus mit einer Pilzsporensuspension eingesprüht und nachfolgend ihre Reaktion gegenüber dem Pilz eingeschätzt. Bei dieser Massenselektion kann die Toleranz einzelner Hopfen nicht genau festgestellt werden.

### **Ziel**

Um fundierte Aussagen zur Peronospora-Toleranz einzelner vielversprechender Zuchtstämme zu ermöglichen, wurde ein standardisiertes Testsystem mit abgeschnittenen Blättern (detached leaf assay) im Labor etabliert, mit dem die Toleranz bzw. Anfälligkeit gegenüber Peronospora zuverlässig und genau abgeschätzt werden kann. Hierbei wird nur die Toleranz gegenüber der sog. Sekundärinfektion erfasst, d.h. wie widerstandsfähig bzw. anfällig sich der Hopfen gegenüber den Zoosporangien des Pilzes zeigt, die von außen auf die Blätter kommen. Bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit werden die Zoosporen aus den Sporangien freigesetzt, sie dringen über Blattöffnungen in das Innere des Blattes und wachsen, falls keine Abwehrreaktion des Hopfens erfolgt, zu einem Pilzmyzel aus. Anfällige Hopfen weisen daher auf dem Blatt als typisches Infektionssymptom sporulierendes Pilzmyzel auf.

## Methoden

Die Unterseite der Blätter von Hopfen wird mit der *Peronospora*-Sporangien-Suspension besprüht. Fünf bis 14 Tage nach der Beimpfung werden die Reaktionen der Blätter (keine sichtbaren Symptome, Chlorosen, Nekrosen, Sporulation) visuell, zum Teil unter dem Binokular beurteilt.

Die Bewertung erfolgt auf einer Skala von 0 bis 5, Fokus wird auf die Sporulation gesetzt: 0 (hoch tolerant) = keine Symptome, 1 (tolerant) = 1-10 % der Blattfläche betroffen, 2 (mittel) = 11-30 %; 3 (anfällig) = 31-60 %; 4 (hoch anfällig) = 61-80 %; 5 (extrem anfällig) = 81-100 %. Anhand dieser Boniturdaten wurde der Krankheitsindex nach Townsend und Heuberger errechnet und statistisch bewertet.

Auf den Blättern von anfälligeren bzw. weniger toleranten Hopfen zeigen sich bereits wenige Tage nach der Inokulation chlorotische Blattflecken mit deutlicher Sporulation auf der Blattunterseite. Eine frühzeitig auftretende starke Sporulation ist Indiz für eine starke Anfälligkeit gegenüber dem Pilz. Im späteren Stadium werden dunkelbraune Nekroseflecken sichtbar. Diese Reaktionen des Blattes variieren in Abhängigkeit vom Blattalter. Junge Blätter in der Wachstumsphase zeigen deutlichere Symptome als ältere Blätter.

Bei toleranten Hopfen hingegen wird die Sporulation völlig unterdrückt oder als Abwehrreaktion besonders im frühen Infektionsstadium erscheinen kleinere Nekroseflecken auf den Blättern (hypersensitive Reaktion der Wirtszellen).

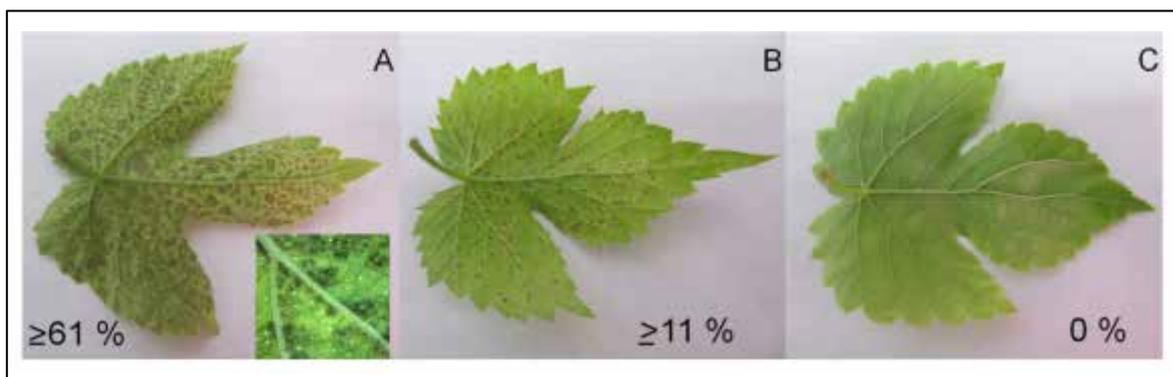


Abb. 6.5: Unterschiedliche Reaktionen von Hopfenblättern 6 Tage nach Inokulation mit *Peronospora*: anfällig (A), mittel tolerant (B) und hoch tolerant (C) gegenüber dem Pilz; % der infizierten Blattfläche = Sporulation; in Foto A zusätzlich eine Nahaufnahme des *Peronospora*-Befalls mit schwarzen Sporenarealen

## Ergebnisse

Seit einigen Jahren wird an der Optimierung des Blatt-Testsystems gearbeitet: Inokulationsbedingungen, Vitalität der Zoosporen, Temperaturführung während der Blattinkubation im Brutschrank sowie die Anzucht der Testpflanzen wurden verbessert. Des Weiteren werden seit 2018 die Bedingungen zum Einfrieren von Zoosporangien untersucht, um durch den Einsatz von eingefrorenem Inokulationsmaterial die Blatttestsaison zu verlängern.

2019 begann die Testsaison im April. Bis Ende September wurden 16 Versuchsreihen mit jeweils zwei Sorten und drei Zuchtstämmen durchgeführt. Als Referenzen für unterschiedliche Peronospora-Toleranz wurden bei jedem Versuch Blätter von Hallertauer Tradition (hohe Widerstandsfähigkeit), Polaris und Hallertauer Mittelfrüher (beide mit geringer Toleranz) mitgeführt. Sieben Versuche wurden nicht in die statistische Bewertung mit aufgenommen, weil sie mit eingefrorenem Inokulationsmaterial durchgeführt worden waren.

Nach der statistischen Verrechnung der Indices zur Schwere des Krankheitsbefalls (disease severity) nach Townsend und Heuberger basierend auf den Peronospora-Boniturergebnissen der untersuchten Sorten und Zuchtstämme aus den Jahren 2017, 2018 und 2019 mit insgesamt 17 standardisierten Infektionsversuchen ergab sich folgendes Bild:

Für die Hüller Sorten Hallertauer Tradition und Hallertau Blanc konnte ihre hohe Peronospora-Toleranz statistisch abgesichert werden, während Polaris und Hallertauer Mittelfrüher als hoch anfällig bestätigt wurden (Abb. 6.6). Alle anderen Sorten und Zuchtstämme weisen ein mittleres Toleranzniveau auf. In Abb. 6.7 zeigen sich zwei Tendenzen - mittlere Toleranz bei Mandarina Bavaria, Diamant, Huell Melon und dem Hochalphastamm 2010/75/764 bzw. mittlere Anfälligkeit aller restlich untersuchten Sorten bzw. Zuchtstämme. Statistisch signifikante Unterschiede sind bei diesen Hopfen mit den Boniturergebnissen aus den drei Jahren nicht festzumachen (Abb. 6.6).

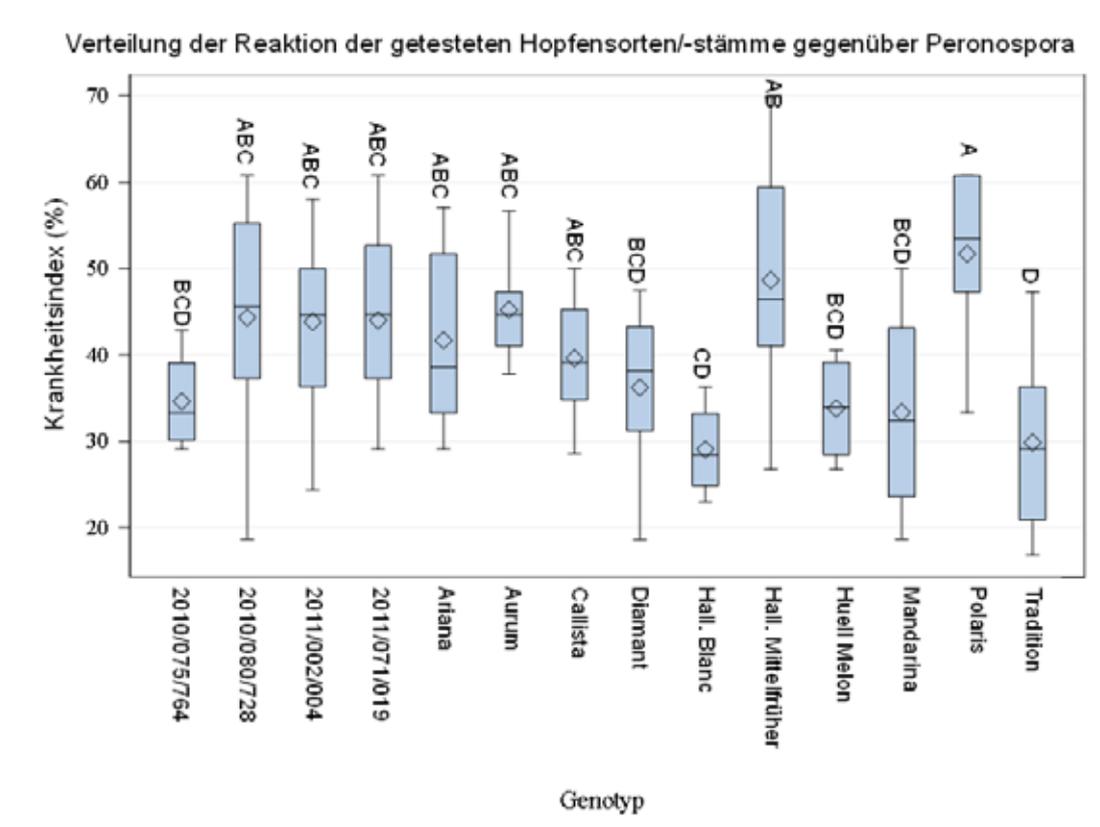


Abb. 6.6: Verteilung der Reaktionen der getesteten Hopfensorten /-stämme gegenüber Peronospora in den Jahren 2017 bis 2019. Nur Hopfen mit unterschiedlichen Großbuchstaben zeigen statistisch signifikante Unterschiede in ihrem Peronosporabefall (Tukey-Kramer-Test mit  $p < 0,05$ ).

Im Großen und Ganzen bestätigten bei den bisher untersuchten Sorten und Zuchtstämmen die Feldbonituren die Toleranzeinschätzungen aus dem Blatt-Testsystem.

### Ausblick

Ein entscheidender Vorteil des Blatt-Testsystems besteht darin, dass unter standardisierten Bedingungen, d.h. unabhängig von Witterungs- und Standorteinflüssen, Aussagen zur Krankheitstoleranz einer Hopfensorte bzw. -stammes getroffen werden können. Für die Praxistauglichkeit des Blatt-Testsystems und damit für den Einsatz im Züchtungsprozess ist letztlich entscheidend, dass die im Labor über den Blatt-Test gefundene Toleranz bzw. Empfindlichkeit eines Hopfens gegenüber *Peronospora*-Sekundärinfektionen mit den Feldbonituren korreliert werden kann. In der kommenden Saison werden mit diesem *Peronospora*-Blatt-Testsystem wieder Zuchtstämme untersucht.

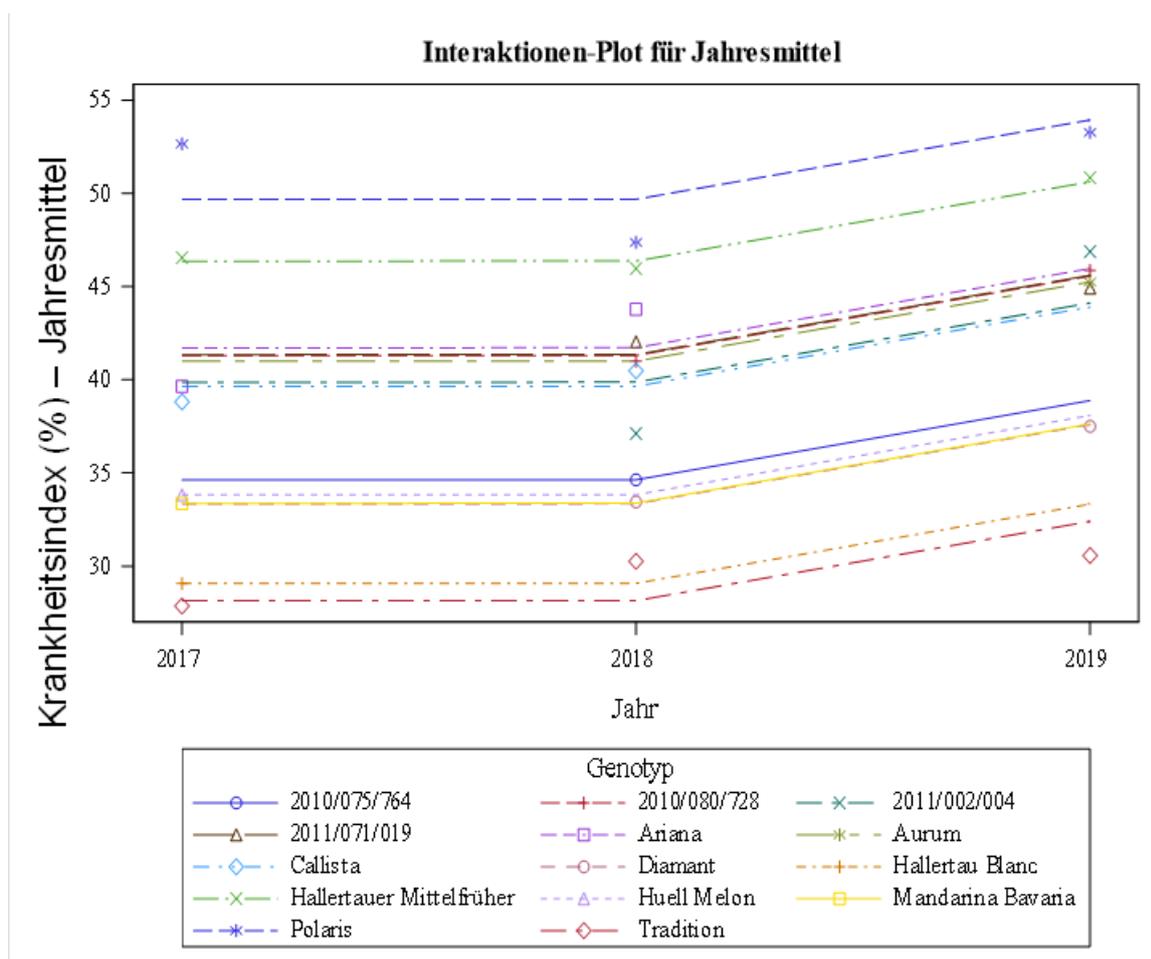


Abb. 6.7: Mittelwerte der Reaktionen der getesteten Hopfensorten /-stämme gegenüber *Peronospora* in den Jahren 2017 bis 2019

## Referenzen

Dahmen, H., Staub, Th., and Schwinn, F.J. (1983): Technique for long-term preservation of phytopathogenic fungi in liquid nitrogen. *Phytopathology* 73: 241-246.

Jawad-Fleischer, M. (2014): Optimierung eines Blatttestsystems (detached leaf assay) zur Testung der Toleranz gegenüber Falschem Mehltau (*Pseudoperonospora humuli*) bei Hopfen. Bachelorarbeit, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft.

Mitchell, M.N. (2010): Addressing the Relationship between *Pseudoperonospora cubensis* and *P. humuli* using Phylogenetic Analyses and Host Specificity Assays. Thesis, Oregon State University, USA,

<http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/16301/MitchellMelanieN2010.pdf?sequence=1>

Seigner, E., Forster, B., Lutz, A., Eckl, Th. (2019): Detached leaf assay to evaluate downy mildew tolerance of hops. Proceeding of the Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention, France, 112. [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/poster\\_seigner\\_al\\_leaf\\_assay\\_stc\\_2019.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/poster_seigner_al_leaf_assay_stc_2019.pdf)

## 6.7 Forschung und Arbeiten zur *Verticillium*-Problematik bei Hopfen - Molekularer Nachweis von *Verticillium* direkt aus der Rebe über Realtime-PCR

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen und (IPZ 5c)
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
<b>Projektleitung:</b>	Dr. E. Seigner
<b>Bearbeitung:</b>	AG Züchtungsforschung Hopfen: P. Hager, R. Enders, A. Lutz , J. Kneidl
<b>Kooperation:</b>	AG Pflanzenschutz im Hopfenbau: S. Euringer, K. Lutz Dr. S. Radišek, Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Slowenien
<b>Laufzeit:</b>	seit 2008 – 31.01.2021

Die Bekämpfung der *Verticillium*-Welke in deutschen Hopfenanbaugebieten ist eine langfristige Aufgabe. Forschung und Beratung der LfL sowie die Umsetzung pflanzenbaulicher Vorsorgemaßnahmen durch die Hopfenpflanzer sind von zentraler Bedeutung im gemeinsamen Kampf gegen *Verticillium* im Hopfenbau.

### Zielsetzung

*Verticillium*-freies Pflanzmaterial ist neben weiteren phytosanitären oder pflanzenbaulichen Maßnahmen ein entscheidender Baustein, um eine weitere Verbreitung des *Verticillium*-Welkepilzes im Hopfenanbaugebiet zu verhindern. Seit 2013 wird Hopfenpflanzgut mit einer hoch empfindlichen PCR-basierten Nachweismethode auf *Verticillium* hin untersucht. So soll sichergestellt werden, dass nur Welkepilz-freie Hopfen in die LfL-eigenen Prüfungen kommen und an den Vertragsvermehrter der Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH) und damit an die Hopfenpflanzer weitergegeben werden.

## Methode

### Molekularer Nachweis direkt aus der Rebe über Realtime-PCR (Polymerasekettenreaktion) nach Maurer, Radišek, Berg und Seefelder (2013).

Von der zu untersuchenden Hopfenrebe wird ein Stück vom Rebeninneren (Mark), das auch die wasserleitenden Gefäße und damit möglicherweise auch *Verticillium*-Sporen oder -Myzel enthält, herauspräpariert. Danach wird das Rebenstück in einem Homogenisator zerkleinert und für die Isolierung der DNA verwendet; Hopfen-DNA und auch DNA von möglichen Pilzkontaminationen in den Gefäßelementen werden mit isoliert.

Mit der Realtime-PCR unter Einsatz der für *Verticillium nonalfalfae* spezifischen Primer und Sonde zeigt sich letztlich der Pilzbefall durch einen Fluoreszenzanstieg zwischen Vermehrungszyklus 18 bis ca. 35 (blaue Kurve – siehe Abb. 6.8). Diese Technik erlaubt darüber hinaus den simultanen Nachweis von Letalstämmen von *Verticillium nonalfalfae* (Primerpaar und Sonde von Seefelder und Oberhollenzer, nicht publiziert; violette Kurve). Des Weiteren wird in jedem Multiplex-Realtime-Ansatz durch den Nachweis von Hopfeneigener DNA (als interne Kontrolle für COX = Cytochromoxidase nach Weller et al., 2000 modifiziert) das Funktionieren der PCR bestätigt, wodurch „falsch negative“ Ergebnisse ausgeschlossen werden können.

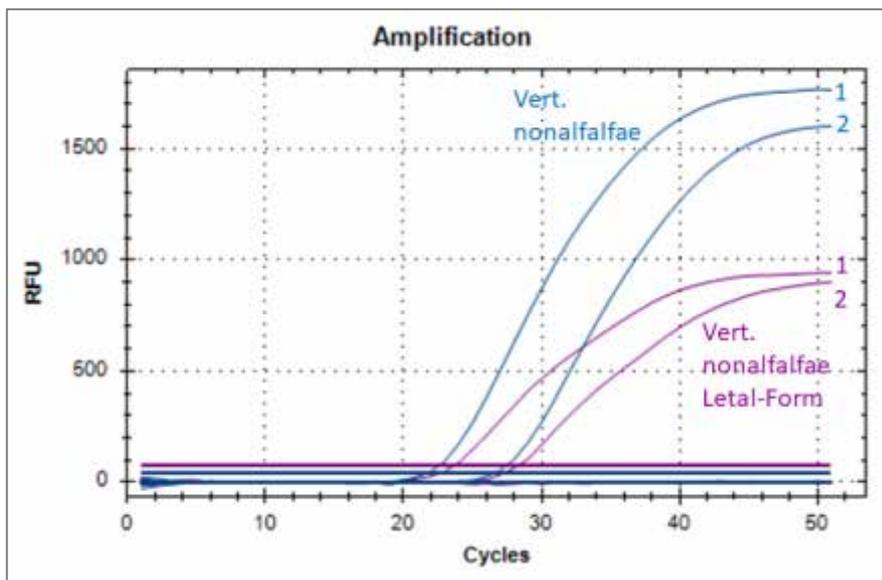


Abb. 6.8: Multiplex-Realtime-PCR von 2 Rebenproben aus der Praxis: Der Anstieg der blauen Kurven bedeutet, dass die für *V. nonalfalfae* spezifischen Sequenzen unter Freisetzung des an die Sonde gekoppelten Fluoreszenzfarbstoffs „FAM“ vermehrt wurden. Die beiden untersuchten Reben 1 und 2 sind mit *Verticillium nonalfalfae* infiziert (Primerpaar differenziert nicht zwischen Mild- und Letalstamm). Zugleich wird bei beiden Hopfenproben der Befall mit einem Letalstamm des Welkepilzes *V. nonalfalfae* detektiert (Anstieg des Fluoreszenzsignals „Cy5“ = violette Kurve). Die Amplifikationskurven des hopfeneigenen COX-Gens zum Nachweis eines störungsfreien Ablaufs der PCR-Reaktionen (grüne Kurven) und weiterer Proben wurden in dieser Abbildung ausgeblendet, um den Überblick zu erleichtern.

## Ergebnisse

### • **Hopfenanalysen**

Hopfenreben, -wurzeln/-fechser, -blätter, -dolden sowie Sprossspitzen und *in vitro*-Pflanzen wurden mit der Realtime-PCR auf *Verticillium* untersucht. Dabei wurden folgende Zielsetzungen verfolgt:

- Untersuchung des Hüller Zuchtmaterials auf *Verticillium nonalfalfae* sowie Differenzierung der Infektionen in Mild- bzw. Letalrassen von *V. nonalfalfae*
- Untersuchung der Mutterpflanzen eines Vermehrungsbetriebes der GfH auf *Verticillium*-Befall, um die Abgabe von welkefreiem Fehsermaterial an die Pflanzler sicherzustellen
- Molekulare Verifizierung von Welkesymptomen im Hüller Zuchtgarten, in den beiden Welkeselektionsgärten und in Praxisflächen in Kooperation mit S. Euringer und K. Lutz, beide IPZ 5b
- Untersuchung regenerierter Meristempflanzen nach „angestrebter“ Eliminierung von *Verticillium* über Meristemkultur in Kombination mit Hitzetherapie
- Studien zum *Verticillium*-Infektionsmuster von Hopfen im Freiland
- Künstliche *Verticillium*-Infektionsversuche von Hopfen (K. Lutz, IPZ 5b) mit molekularen Analysen begleitet

### • **Optimierung der Technik**

Zur Verbesserung der Zuverlässigkeit und Aussagekraft der Realtime-PCR-Ergebnisse wurden verschiedene Parameter untersucht: Ergebnisvergleich bei Einzel-, Duplex-, Triplex-Ansätzen

### • **Hilfestellung bei Auberginen-Tests**

Bei Studien von IPZ 5b mit Auberginen als Indikatorpflanzen für *Verticillium*-belastete Böden hat IPZ 5c (als Kooperationspartner) Welkesymptom-tragende und Symptom-freie Auberginen mit der Realtime-PCR untersucht und somit die Bonituren verifiziert.

### • **Bereitstellung von *Verticillium*-Inokulationsmaterial**

Zehn Mild- und zehn Letal-*Verticillium*-Referenzstämme wurden als Infektionsmaterial aus der IPZ 5c-eigenen Referenzsammlung für künstliche Inokulationsversuche mit Hopfen und Auberginen zur Verfügung gestellt. Dazu wurden die Pilzstämme aus den Glycerin-Stammlösungen auf Vollmedium aufgefrischt und vermehrt. Zur Bestätigung der Virulenzeigenschaften wurden die neu vermehrten Pilzstämme über Realtime-PCR analysiert. Erst danach wurden die Pilzstämme in Flüssigkultur vermehrt und als Ausgangsmaterial für die künstlichen Infektionsversuche nach Hüll geliefert

## Ausblick

An einer Optimierung der Realtime-PCR wird stetig gearbeitet. Kontinuierlich wird überprüft, ob mit den in der PCR-Reaktion eingesetzten Primern zur Detektion von *Verticillium nonalfalfae* noch alle in der Hallertau vorkommenden milden wie auch aggressiven Rassen erfasst werden.

## Referenzen

Maurer, K.A., Radišek, S., Berg, G., Seefelder, S. (2013): Real-time PCR assay to detect *Verticillium albo-atrum* and *V. dahliae* in hops: development and comparison with a standard PCR method. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 120 (3), 105–114.

Seigner, E, Haugg, B, Hager, P., Enders, R., Kneidl, J. & Lutz, A. (2017): *Verticillium* wilt on hops: Real-time PCR and meristem culture – essential tools to produce healthy planting material. *Proceeding of the Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention, Austria*, 20-23.

Seigner, E., Haugg, B., Hager, P., Enders, R., Kneidl, J., Lutz A. and Seigner, L., Einberger, K., Absmeier, C., Keckel, L., Liebrecht, M. (2019): Realtime PCR based diagnostics and meristem culture -essential tools for healthy hops. *Proceeding of the Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention, France*, 114.

[https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/poster\\_seigner\\_al\\_realtime\\_pcr\\_stc\\_2019.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/poster_seigner_al_realtime_pcr_stc_2019.pdf)

Weller, S.A., Elphinstone, J.G., Smith, N.C., Boonham, N., and Stead, D.E. (2000): Detection of *Ralstonia solanacearum* strains with a quantitative, multiplex, real-time, fluorogenic PCR (TaqMan) assay. *Appl Environ Microbiol.* 66(7), 2853-8.

## 6.8 Meristemkultur zur Erzeugung von gesundem Pflanzgut

**Leitung:** Dr. E. Seigner, A. Lutz

**Bearbeitung:** B. Haugg  
P. Hager, R. Enders, IPZ 5c

**Kooperation:** Dr. L. Seigner, IPS 2c, und Team der Virusdiagnostik

### Ziel

*Verticillium*- und Virenbefall können bei Hopfen zu drastischen Ertrags- und Qualitätseinbußen führen. Es stehen keine Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung dieser Krankheiten zur Verfügung. Infizierte Hopfenpflanzen können nur mit der sog. Meristemkultur, einer biotechnologischen Methode, gesund gemacht werden.

### Methode

Zur Erzeugung von *Verticillium*- und Virus-freien Hopfenpflanzen wird die oberste Wachstumszone (= Meristem), die sich am Ende der Sprossspitze befindet, nach einer Hitzebehandlung herauspräpariert und auf Kulturmedium zum Wachsen gebracht. Aufgrund spezieller Nährstoffe im Gewebekulturmedium entstehen aus einem Meristem bereits nach etwa 3 Wochen Blattstrukturen, die sich weiter zu einer vollständigen Pflanze entwickeln.

2019 waren alle Ausgangspflanzen bereits virusfrei. Eine abschließende Testung auf Viren wurde daher nicht mehr durchgeführt.

Zur Bestätigung der über den Meristemschritt gelungenen Eliminierung des *Verticillium*-Pilzes werden die *in vitro* entstandenen Pflänzchen mit der Realtime-PCR unter Einsatz spezifischer TaqMan-Sonden und Primer auf *Verticillium* untersucht (Seigner et al., 2017).

### Ergebnisse

2019 wurden mit der in den letzten Jahren weiter optimierten Kulturtechnik sieben vormals *Verticillium*-infizierte Zuchtstämme „kuriert“.

Durch die stetige Verbesserung der einzelnen Kulturschritte im Vergleich zu früher konnten alle Zuchtstämme innerhalb eines Jahres (Lieferung März - Abgabe März des nächsten Jahres) *Verticillium*-frei als kleine, bewurzelte Pflänzchen nach Hüll zurückgeliefert werden. Der früher stark vom Genotyp abhängige Regenerationsprozess konnte für alle bisher „behandelten“ Genotypen erfolgreich abgeschlossen werden. Schwächere Gewebekultur-Tauglichkeit zeigt sich allerdings immer noch in einer geringeren Zahl an entstandenen Pflanzen und in einer etwas verlängerten Regenerationszeit. Mitte Januar werden die Pflänzchen aus der Gewebekultur in Erde gebracht, nach Hüll geliefert und nach ihrer Akklimatisierung im Gewächshaus ins Freiland ausgepflanzt.

So kann vielversprechendes Zuchtmaterial aus dem Aromabereich (ein Zuchtstamm), aus dem Tettlinger Kreuzungsprogramm (zwei Stämme – siehe 6.3) wie auch aus dem Hochalphazüchtungsprogramm (vier Stämme siehe 6.4) trotz anfänglichem *Verticillium*-Befall nach der Pathogen-Eliminierung zügig in die Anbauprüfungen an welkefreie Standorte gebracht werden.

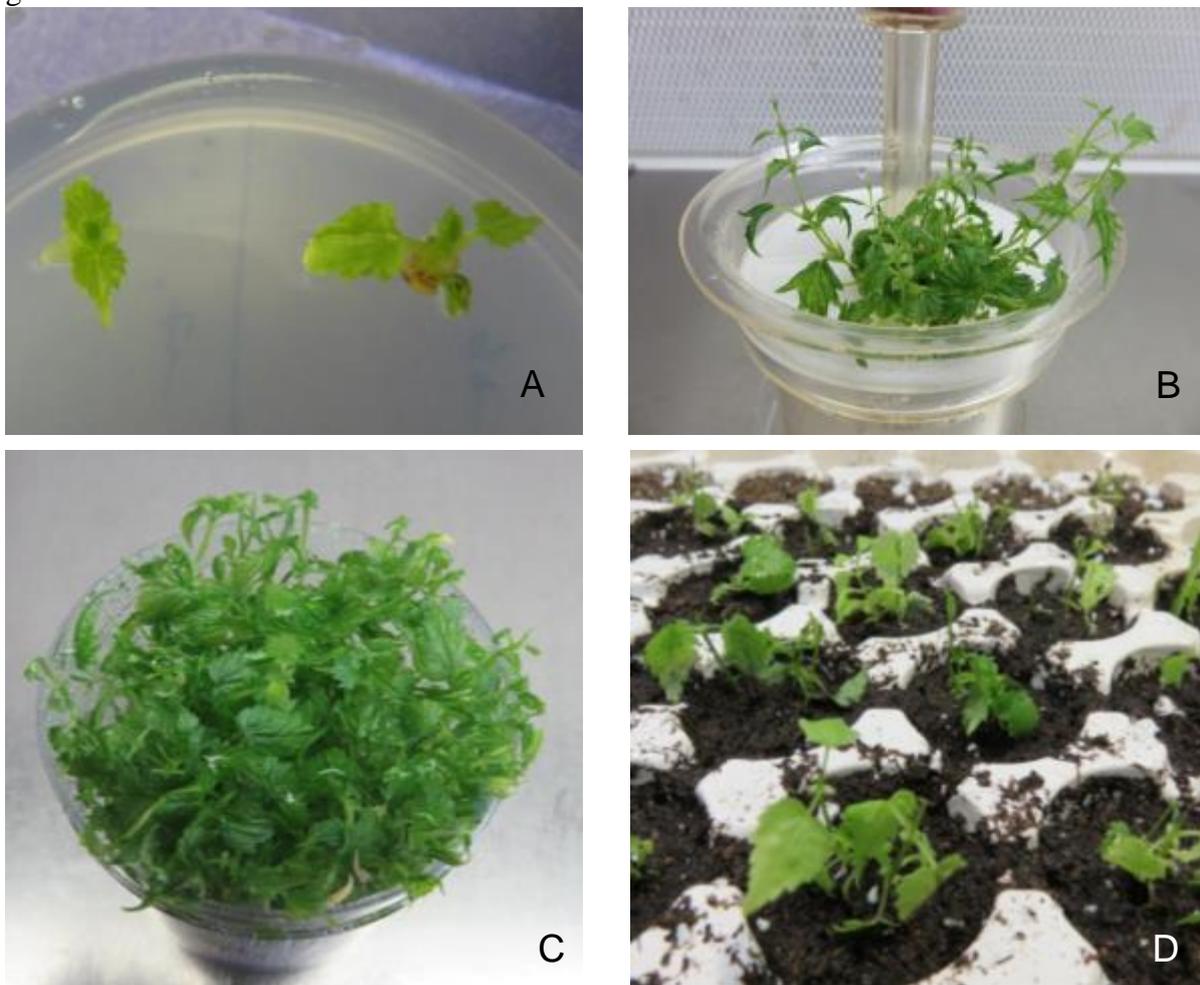


Abb. 6.9: Regeneration der aus den Meristemen entstandenen Pflänzchen A) 3 Wochen nach Präparation noch auf Festmedium in der Petrischale, B) 10 Wochen nach Präparation im-RITA®-Flüssigkultursystem, C) nach einem *in vitro*-Verklonungsschritt fünf Monate nach Präparation der Meristeme in einer Kulturdose auf Festmedium und D) 9-10 Monate nach Start der Meristemkultur in Erde

## Ausblick

An einer weiteren Optimierung der Regeneration von Meristemen wird gearbeitet. Besonders Viroide zu eliminieren, stellt eine Herausforderung dar, wobei neue Ansätze verfolgt werden sollen.

## Referenzen

Penzkofer, M. (2010): Untersuchungen zur Massenvermehrung von Phlox-Sorten in einem temporary immersion system (TIS). Fachhochschule Weihenstephan, Fakultät Gartenbau und Lebensmitteltechnologie, Diplomarbeit.

Seigner, E, Haugg, B, Hager, P., Enders, R., Kneidl, J. & Lutz, A. (2017): *Verticillium* wilt on hops: Real-time PCR and meristem culture – essential tools to produce healthy planting material. Proceeding of the Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention, Austria, 20-23.

Seigner, E., Haugg, B., Hager, P., Enders, R., Kneidl, J., Lutz A. and Seigner, L., Einberger, K., Absmeier, C., Keckel, L., Liebrecht, M. (2019): Realtime PCR based diagnostics and meristem culture -essential tools for healthy hops. Proceeding of the Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention, France, 114.

[https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/poster\\_seigner\\_al\\_realtime\\_pcr\\_stc\\_2019.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/poster_seigner_al_realtime_pcr_stc_2019.pdf)

## 6.9 Präzisionszüchtung für Hopfen – Genombasierte Präzisionszüchtung für zukunftsweisende Qualitätshopfen

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
<b>Finanzierung:</b>	Förderung aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank
<b>Förderkennzeichen:</b>	Landwirtschaftlichen Rentenbank: 837 150 BLE Aktenzeichen: 28RZ4IP025
<b>Projektleitung:</b>	Dr. M. H. Hagemann, Universität Hohenheim (Gesamtprojekt) Dr. E. Seigner (LfL)
<b>Bearbeitung:</b>	AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c): A. Lutz, J. Kneidl, E. Seigner und Züchtungsteam AG Hopfenqualität/Hopfenanalytik (IPZ 5d): Dr. K. Kammhuber, C. Petzina, B. Wyszkon, M. Hainzmaier und S. Weihrauch AG Genom-orientierte Züchtung (IPZ 1d), Prof. Dr. V. Mohler AG Züchtungsforschung Hafer und Gerste (IPZ 2c), Dr. T. Albrecht
<b>Verbundpartner:</b>	Universität Hohenheim, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften, FG Ertragsphysiologie der Sonderkulturen: Dr. M. H. Hagemann, Prof. Dr. J. Wünsche Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik: Prof. Dr. G. Weber em. Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.: W. König Hopfenverwertungsgenossenschaft HVG e.G.: Dr. E. Lehmailr
<b>Laufzeit:</b>	01.08.2017 - 31.12.2020

## **Ziel**

In diesem Forschungsvorhaben werden die Voraussetzungen für die Nutzung der genom-basierten Selektion bei der Auswahl der Kreuzungseltern wie auch bei der Bewertung der Nachkommen einer Kreuzung erarbeitet. Durch diese Selektion basierend auf molekularen Markern soll auch die Möglichkeit der Zuchtwertschätzung nicht nur bei weiblichen, sondern auch bei männlichen Hopfen geschaffen werden. Dies ist ein entscheidender Fortschritt, weil bislang männliche Hopfen wegen des Fehlens von Dolden hinsichtlich Ertrag und Brauqualität nicht direkt beurteilt werden konnten und so ihr Wert als Kreuzungspartner stets im Unklaren blieb.

## **Vorgehensweise**

An einem Referenzsortiment werden zum einen die phänotypischen Daten wie Resistenzen, agronomische Leistungsmerkmale und Doldeninhaltsstoffe erfasst. Zum anderen werden alle Hopfen genotypisiert, d.h. deren Erbmaterial wird sequenziert.

Durch ein biostatistisches Verfahren, die sog. Assoziationskartierung, werden die DNA-Abschnitte (molekulare Marker) mit den verschiedenen phänotypischen Eigenschaften verknüpft und so Marker-Merkmal-Beziehungen erkannt. Aufgrund der am Referenzsortiment bestimmten Verknüpfungen von genetischen Markern mit züchtungsrelevanten Merkmalen wird ein Vorhersagemodell entwickelt, das bei neuen Selektionskandidaten ermöglicht, alleine anhand der genetischen Daten (= Genotyp) auf deren phänotypische Eigenschaften zu schließen.

## **Phase 2: August 2017 – Dezember 2020**

Mit der Universität Hohenheim (UHOH) als Forschungspartner sowie der Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH) und der Hopfenverwertungsgenossenschaft (HVG) als weitere Verbundpartner werden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Fortsetzung der Phänotypisierung des Referenzsortiments: Erhebung der Daten zu Resistenzen, agronomischen Leistungsmerkmalen und Doldeninhaltsstoffen an verschiedenen Standorten und Jahren; Bereitstellung historischer Daten z.T. bis in die 1990er Jahre
- Molekulare Studien zur Bittersäuresynthese und deren Regulation
- Assoziationskartierung: biostatistische Verknüpfung der phänotypischen (Resistenzen, agronomische Leistungsmerkmale, Doldeninhaltsstoffe) mit den genotypischen Daten des Referenzhopfensortiments zum Erkennen von einfachen bzw. komplexen Marker-Merkmal-Beziehungen
- Entwicklung eines Vorhersagemodells zur Abschätzung des Zuchtwerts (genomische Selektion)

Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank.



## 6.10 Präzisionszüchtung für Hopfen – Teilprojekt Mehлтаuresistenz für die genomweite Assoziationskartierung

**Träger:** Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,  
AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c)

**Förderung:** Wissenschaftsförderung  
der Deutschen Brauwirtschaft e.V. (Wifö)



**Förderkennzeichen:** R444

**Projektleitung:** Dr. E. Seigner, A. Lutz

**Projektbearbeitung:**

**Forschungsstelle I: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung**

Dr. E. Seigner, A. Lutz, J. Kneidl - Züchtungsforschung Hopfen  
Dr. T. Albrecht - AG Züchtungsforschung Weizen und Hafer  
Prof. Dr. V. Mohler - AG Genom-orientierte Züchtungsmethodik

**Kooperation:** EpiLogic GmbH, Agrarbiologische Forschung und Beratung,  
Dr. F.G. Felsenstein, S. Hasyn, Freising

**Forschungsstelle II: Universität Hohenheim (UHOH)**

Prof. Dr. J. N. Wünsche, Dr. M.H. Hagemann, FG Ertragsphysiologie der Sonderkulturen,

**Forschungsstelle III: Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie (MPI)**

Prof. Dr. D. Weigel, R. Schwab, C. Lanz, Dr. J. Hildebrandt,  
S. Kersten, Dr. F. Bemm, Dr. I. Bezrukov, Dr. G. Shirsekar

**Laufzeit:** 01.01.2016 - 31.12.2017 (Förderung), Abschluss: 31.12.2019

### Zielsetzung

Großes Ziel ist es, der deutschen Hopfenzüchtung mit der Präzisionszüchtung, konkret durch die Nutzung der genombasierten, auf genetischen Sequenzen (= molekulare Marker) beruhenden Selektion ein innovatives Werkzeug bereitzustellen. Es soll der traditionelle sehr arbeits- und zeitaufwändige durch Umwelteinflüsse und saisonale Faktoren erschwerte Auslesevorgang, bei dem Kreuzungseltern und die Nachkommen anhand ihrer äußeren Erscheinung und Merkmale (Phänotyp) beurteilt werden, ergänzt und beschleunigt werden. Dadurch soll die Züchtung marktgerechter neuer Hopfensorten beschleunigt und effizienter gemacht werden, die dem Klimawandel und ständig sich verändernden Pathogenen trotzen und auch wechselnden Forderungen der Hopfen- und Brauwirtschaft gerecht werden.

Innerhalb des von der Wifö geförderten Teilprojekts lag der Fokus bei der Verbesserung der Mehлтаuresistenzzüchtung. Widerstandsfähigkeit gegenüber Echten Mehлтаu (*Sphaerotheca macularis*) ist für neue Hopfensorten essentiell. Nur mit in diesem Bereich verbesserten Sorten kann Qualitätshopfen produziert werden, ohne dass unter bestimmten Witterungsbedingungen Mehлтаubefall zu drastischen qualitativen und quantitativen Ertragsminderungen führt bzw. durch kostenintensive Pflanzenschutzmaßnahmen bekämpft werden muss. Diese Pilzkrankheit stellt weltweit einen wirtschaftlich sehr bedeutenden Faktor im Hopfenanbau dar. Umso entscheidender ist deshalb die Bereitstellung von mehлтаuresistenten neuen Sorten, die über genombasierter Selektion effizienter und schneller gezüchtet werden können.

### **Forschungsergebnisse**

Basierend auf der „Genotyping-by-Sequencing“-Methode wurden über 1000 Hopfen eines Referenzsortiments, das Aroma- wie auch Bitterhopfen, weibliche und ebenso männliche, resistente sowie anfällige Hopfensorten- und -stämme umfasst, sequenziert, darunter auch die Individuen einer für Mehлтаuresistenz spaltenden Nachkommenschaft. Des Weiteren wurden zu dieser repräsentativen Hopfenkollektion züchterisch relevante phänotypische Daten (Doldeninhaltsstoffe und agronomische Leistungsmerkmale sowie Resistenzen) erhoben. Über Assoziationskartierung, durch die biostatistische Verknüpfung von phänotypischen und genotypischen Daten, sollen letztlich einfache bzw. auch komplexe Marker-Merkmalbeziehungen erkannt werden, die die Basis darstellen für die Nutzung dieser Marker bei der Selektion von züchterisch relevanten Merkmalen.

Im Teilprojekt, das von der Wifö gefördert wurde, lag der Fokus bei der Phänotypisierung der spaltenden Nachkommenschaft (F1-Population) hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Ephemem Mehлтаu. Unter Einsatz eines seit Jahren etablierten standardisierten Mehлтаutestsystems mit definierten Virulenzen im Gewächshaus wurden 290 F1-Individuen dieser speziellen Kartierungspopulation in einem ersten Schritt im Gewächshaus auf ihre Anfälligkeit bzw. Resistenz hin untersucht. Dabei konnten 144 Hopfen aufgrund ihres Blattbefalls als anfällig identifiziert werden. Entweder sind bei diesen Hopfen gar keine Mehлтаuresistenzen vorhanden oder sie tragen bereits unwirksame Resistenzen (R1, R3, R4, R6, RB). Die Blätter von 126 Sämlingen, die im Gewächshaus keinerlei Symptome einer Mehлтаuinfection zeigten und daher als resistent eingestuft waren, wurden nachfolgend mit zwei differenzierenden Mehлтаustämmen über ein ebenfalls standardisiertes Blatt-Testsystem im Labor von EpiLogic untersucht. So wurde versucht, die Widerstandsfähigkeit dieser Hopfen auf das Wirken der in die Kartierungspopulation eingebrachten Resistenzgene zurückzuführen: R18 alleine bzw. R18 in Kombination mit dem alleine bereits unwirksamen R1-Gen kommen hierbei in Frage. Zur Verifizierung der Bonituren der ersten Testsaion wurden 2017 die F1-Hopfen, die im Vorjahr bei der Gewächshausprüfung als mehлтаuresistent eingeschätzt worden waren, nochmals im Gewächshaus und bei EpiLogic dem Mehлтаuresistenzscreening unterzogen. Diese Testsaion wurde jedoch durch das Auftreten eines supervirulenten Mehлтаustammes ab Mitte/Ende März 2017 stark behindert. Daher beruhen die nachfolgenden Aussagen zu den Resistenzreaktionen der F1-Kartierungsindividuen zum größten Teil auf den Bonituren des Jahres 2016.

144 mehлтаuanfällige Genotypen stehen 126 resistenten F1-Individuen gegenüber. Darüber hinaus konnte bei 20 Hopfen wegen fehlender Boniturdaten keine klare Aussage getroffen werden, ob es sich um anfällige oder resistente Individuen handelt.

Aufgrund ihrer Reaktionen gegenüber den differenzierenden Mehлтаuisolaten im Blatttest bei EpiLogic konnte eine Einschätzung der hinter ihrer Resistenz stehenden R-Gene gemacht werden. Dabei wurden 43 F1-Individuen als R18-Träger identifiziert und bei 74 konnte ihre Resistenzreaktion auf einer Kombination von R18 und R1 zurückgeführt werden. Unklare bzw. zu wenig Boniturdaten führten dazu, dass bei neun mehлтаuresistenten F1-Nachkommen keine eindeutige Aussage zu den dahinterstehenden R-Genen möglich war.

Nachfolgend sollen mittels QTL-Analyse und im Gesamtvorhaben über genomweite Assoziationskartierung Marker-Merkmal-Beziehungen erkannt und so Selektionsmarker für Mehлтаuresistenz bzw. -anfälligkeit erarbeitet werden, die in der Resistenzzüchtung eingesetzt werden. Während bei früheren Projekten zur Markerentwicklung nur einfache Merkmal-Marker-Beziehungen erkannt werden konnten, sollten hierbei komplexe Verknüpfungen zwischen Mehлтаuresistenzen und dem genetischen Hintergrund erfasst werden.

Erste bioinformatische Verrechnungen und Qualitätsfilterung aller verfügbaren Sequenzdaten, die sehr viel zeit- und arbeitsaufwändiger war als anfangs geplant, erbrachten 15.599 SNPs mit hoher Qualität. Es wurden Marker für das R18- und das R1-Resistenzgen identifiziert, aber es wird erwartet, dass wie bei Padgitt-Cobb et al. (2020) die Zahl und die Qualität der Resistenzmarker noch entscheidend verbessert werden kann. Dazu werden die GBS-Rohdaten und Mehлтаuboniturdaten nochmals mit dem erst seit kurzem publizierten Referenzgenom basierend auf Cascade (Padgitt-Cobb et al., 2019) anstelle der Teamaker-Referenz verrechnet werden.

Eine weitere Validierung der gefundenen Marker wird in einer unabhängigen Assoziationsstudie mit diversem Hopfenmaterial im Rahmen des Gesamtprojektes zur Entwicklung der Präzisionszüchtung bei Hopfen durchgeführt

## Referenzen

Padgitt-Cobb, L.K., Kingan, S.B., Wells, J., Elser, J., Kronmiller, B., Moore, D., Concepcion, G., Peluso, P., Rank, D., Jaiswal, P., Henning, J., Hendrix, D.A. (2019): A phased, diploid assembly of the Cascade hop (*Humulus lupulus*) genome reveals patterns of selection and haplotype variation. bioRxiv 786145; <https://doi.org/10.1101/786145>

Padgitt-Cobb, L.K., Kingan, S.B., Henning, J.A. (2020): Genomic analysis of powdery mildew resistance in a hop (*Humulus lupulus* L.) bi-parental population segregating for “R6-locus. *Euphytica* 216 (10), <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2543-x>

## 7 Hopfenqualität und –analytik

RD Dr. Klaus Kammhuber, 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. Hopfen wird vor allem wegen seiner wertvollen Inhaltsstoffe angebaut. Deshalb kann ohne Hopfenanalytik keine Hopfenzüchtung und Hopfenforschung betrieben werden.

Der Hopfen hat drei Gruppen von wertgebenden Inhaltsstoffen. Dies sind in der Reihenfolge ihrer Bedeutung die Bitterstoffe, die ätherischen Öle und die Polyphenole (Abb. 7.1)



Abb. 7.1: Die wertgebenden Inhaltsstoffe des Hopfens

Die alpha-Säuren gelten als das primäre Qualitätsmerkmal des Hopfens, da sie ein Maß für das Bitterpotential sind und Hopfen auf Basis des alpha-Säuregehalts zum Bier hinzugegeben wird (derzeit international etwa 4,3 g alpha-Säuren zu 100 l Bier). Auch bei der Bezahlung des Hopfens bekommen die alpha-Säuren eine immer größere Bedeutung. Entweder wird direkt nach Gewicht alpha-Säuren (kg alpha-Säuren) bezahlt, oder es gibt in den Hopfenlieferungsverträgen Zusatzvereinbarungen für Zu- und Abschläge, wenn ein Neutralbereich über- bzw. unterschritten wird.

Ursprünglich wurde im Mittelalter der Hopfen als Rohstoff für das Bierbrauen entdeckt, um das Bier wegen seiner antimikrobiellen Eigenschaften haltbarer zu machen. Heute ist die Hauptaufgabe des Hopfens, dem Bier die typisch feine Bittere und das angenehme feine Aroma zu verleihen. Daneben besitzt der Hopfen aber noch viele andere positive Eigenschaften (Abb. 7.2).



Abb. 7.2: Was bewirkt der Hopfen im Bier

## 7.2 Welchen Ansprüchen sollen die Inhaltsstoffe des Hopfens genügen ?

Hopfen wird fast ausschließlich für das Bierbrauen angebaut. 95 % der produzierten Hopfenmenge findet in den Brauereien Verwendung und nur 5 % werden für alternative Anwendungen eingesetzt, wobei es Anstrengungen gibt diesen Bereich zu vergrößern (Abb. 7.3).

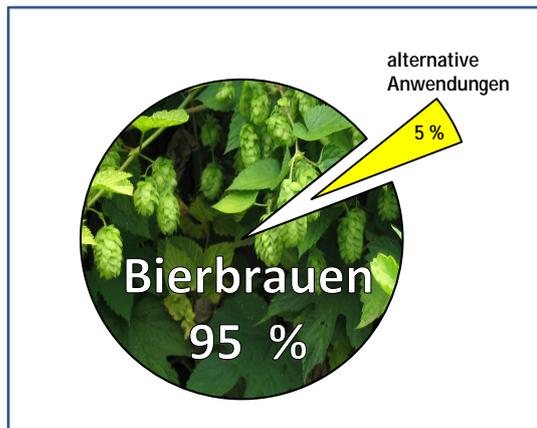


Abb. 7.3: Verwendung von Hopfen

### 7.2.1 Anforderungen der Brauindustrie

Die Anforderungen der Brauindustrie und der Hopfenwirtschaft bezüglich der Hopfeninhaltsstoffe ändern sich stetig. Es besteht jedoch ein Konsens darüber, dass Hopfensorten mit möglichst hohen  $\alpha$ -Säuregehalten und hoher  $\alpha$ -Säurenstabilität 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. Ein niedriger Cohumulonanteil ist jedoch für eine höhere Schaumstabilität günstig.

Die Öle sollen dem klassischen Aromaprofil entsprechen. Den Polyphenolen kommt bisher in der Brauindustrie noch keine große Bedeutung zu, obwohl die Polyphenole sicher zur Sensorik (Vollmundigkeit) beitragen und viele positive Effekte für die Gesundheit haben.

#### 7.2.1.1 Die Craft Brewer Bewegung revolutioniert die Hopfenphilosophie

Die Craft Brewer Bewegung hat die Sichtweise auf den Hopfen nachhaltig verändert. Zuerst ist diese Bewegung in den USA als Gegenbewegung zur industriellen Bierherstellung entstanden. Dann ist dieser Trend über Belgien, Skandinavien und Italien auch nach Deutschland übergeschwappt. Wobei jedoch die Craft Brewer Szene im traditionellen Bierland Deutschland keine so große Bedeutung erlangte wie in anderen Ländern. Die Craft Brewer wollen wieder geschmacksintensive und kunstvoll gebraute Biere herstellen. Dieser Trend hat eine starke Eigendynamik entwickelt und als positiven Nebeneffekt, dass wieder sehr viel mehr über Bier und Hopfen gesprochen wird. Die Craft Brewer wünschen Hopfen mit besonderen und teilweise hopfenuntypischen Aromen.

Diese werden unter dem Begriff „Special Flavor-Hops“ zusammengefasst. Dadurch ist auch wieder eine viel differenziertere Wahrnehmung der unterschiedlichen Hopfensorten und Anbauggebiete entstanden.

### 7.2.1.2 Die Kalthopfung erlebt eine Renaissance

Beim Craft Brewing wurde die Technik der Kalthopfung (dry hopping, Hopfenstopfen) wiederentdeckt, dieses Verfahren war schon im neunzehnten Jahrhundert bekannt und erlebt jetzt wieder eine Renaissance. Diese Methode entspricht im Prinzip einer Kaltextraktion. Zum fertigen Bier im Lagertank wird noch einmal Hopfen meistens auf Basis des Ölgehalts hinzugegeben. Bier ist ein polares Lösungsmittel, da es zu 92 % aus Wasser und zu 5 % aus Ethanol besteht, so dass vor allem polare Inhaltsstoffe aus dem Hopfen herausgelöst werden (Abb. 7.4).

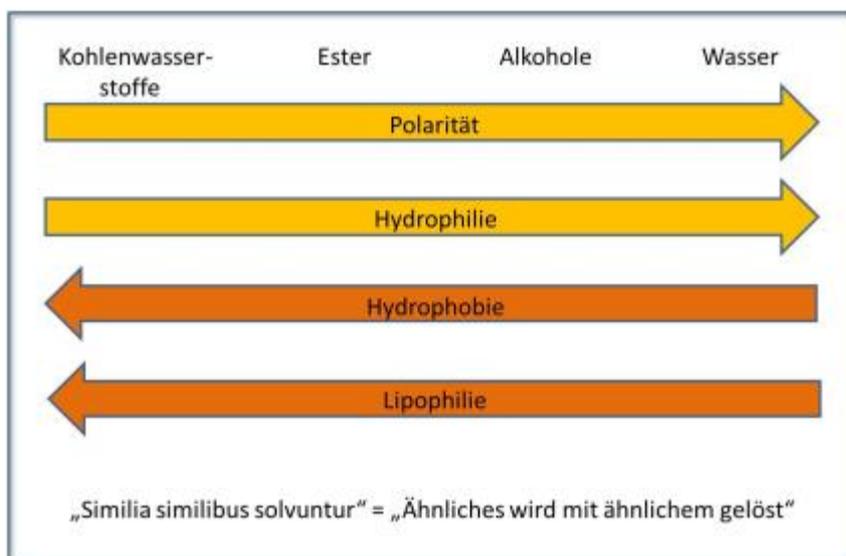


Abb. 7.4: Das Löslichkeitsverhalten von Hopfeninhaltsstoffen basiert auf der Polarität

Alpha-Säuren gehen nur in geringem Umfang in Lösung, da sie nicht isomerisiert werden. Vor allem niedermolekulare Ester und Terpenalkohole werden ins Bier transferiert. Dies ist der Grund, warum kalt gehopfte Biere fruchtige und blumige Aromen bekommen. Aber auch unpolare Substanzen wie Myrcen werden in Spuren gelöst. Die Gruppe der Polyphenole ist ebenfalls auf Grund ihrer Polarität gut löslich. Leider gehen auch unerwünschte Stoffe wie Nitrat vollständig ins Bier über. Der durchschnittliche Nitratgehalt von Hopfen liegt etwa bei 0,9 %. Der Nitrat-Grenzwert von 50 mg/l für Trinkwasser gilt jedoch nicht für Bier. Pflanzenschutzmittel sind im Allgemeinen eher unpolar und deswegen in Wasser nicht so gut löslich. Bei kalt gehopften Bieren ist gegenüber konventionellen Bieren keine Anreicherung bemerkbar.

Insgesamt bedeutet die Craft Brewer Bewegung jedoch eine enorme Chance für den Hopfenbau und wird die Hopfenwirtschaft grundlegend verändern. 20 % der Welthopfenproduktion werden für 2 % der Weltbierproduktion eingesetzt. In den USA erhöht sich die Hopfenfläche immer noch von Jahr zu Jahr. Im Jahr 2010 betrug die Fläche 12.670 ha, im Jahr 2019 erreichte die Fläche einen Wert von 24.000 ha. In Deutschland wird auf etwa 20.417 ha Hopfen angebaut. Die Entwicklung des Hopfenanbaus weltweit bleibt spannend und aufregend.

### 7.2.1.3 Die Aromastoffe gewinnen an Bedeutung

Von allen Hopfeninhaltsstoffen sind die ätherischen Öle für die Craft Brauer am interessantesten. Die ätherischen Öle des Hopfens bestehen aus etwa 300-400 verschiedenen Einzelsubstanzen.

Das Aroma ist das Resultat vielfältiger komplexer Interaktionen einer großen Zahl von Aromastoffen (Abb. 7.5), dennoch ist ein reduktionistisches analytisches Vorgehen sinnvoll. Es ist wichtig Leitsubstanzen zu definieren, die als Markersubstanzen für ein feines Hopfenaroma dienen können, und auch zu verstehen welche Substanzen ins Bier übergehen. Bei diesem Ansatz darf aber der Blick auf das Ganze nicht vergessen werden.

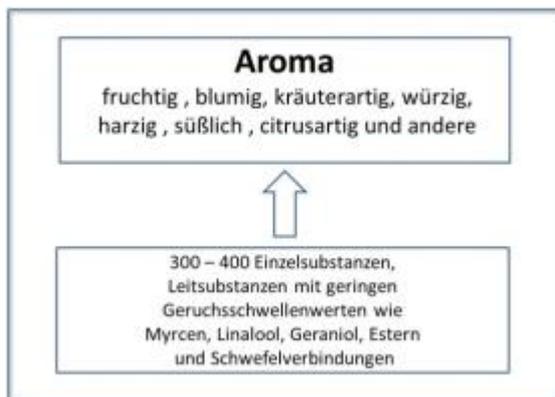


Abb. 7.5: Das Aroma ist das Resultat vielfältiger komplexer Interaktionen einer großen Anzahl von Aromastoffen

Die Craft Brewers wünschen sich Hopfensorten mit „exotischen Aromen“ wie Mandarine, Melone, Mango oder Johannisbeere.

### 7.2.1.4 Strukturen der ätherischen Öle

Mit dem Gaschromatographie Massenspektrometersystem des Hüller Labors wurden bisher 143 Substanzen identifiziert, dabei werden zwei Ziele verfolgt. Einmal sollen Substanzen gefunden werden, die für die Sortenidentifikation wertvoll sind. Die Überprüfung der Sortenreinheit für die Lebensmittelüberwachungsbehörden ist eine Aufgabe des Hüller Labors. Das andere Ziel ist, Verbindungen zu finden, die das Aroma bestimmen und auch ins Bier übergehen.

Die Abb. 7.6 zeigt die wichtigsten Monoterpene und die daraus abgeleiteten Alkohole, Ester und Aldehyde. Monoterpene sind terpenoide Kohlenwasserstoffe mit 10 Kohlenstoffatomen. Der Geruch des Rohhopfens wird hauptsächlich durch das Myrcen bestimmt. (E)- $\beta$ -Ocimen ist eine wertvolle Substanz zur Sortenbestimmung.

Im Bier sind Linalool und Geraniol in größeren Konzentrationen zu finden. Die Ester Geranylacetat und Geranylisobutyrat hydrolysieren während des Brauprozesses zu Geraniol.

Die Abb. 7.7 zeigt die Strukturen der wichtigsten Sesquiterpene. Diese Verbindungen bestehen alle aus 15 Kohlenstoffatomen und liefern wichtige Hinweise zur Sortenunterscheidung.



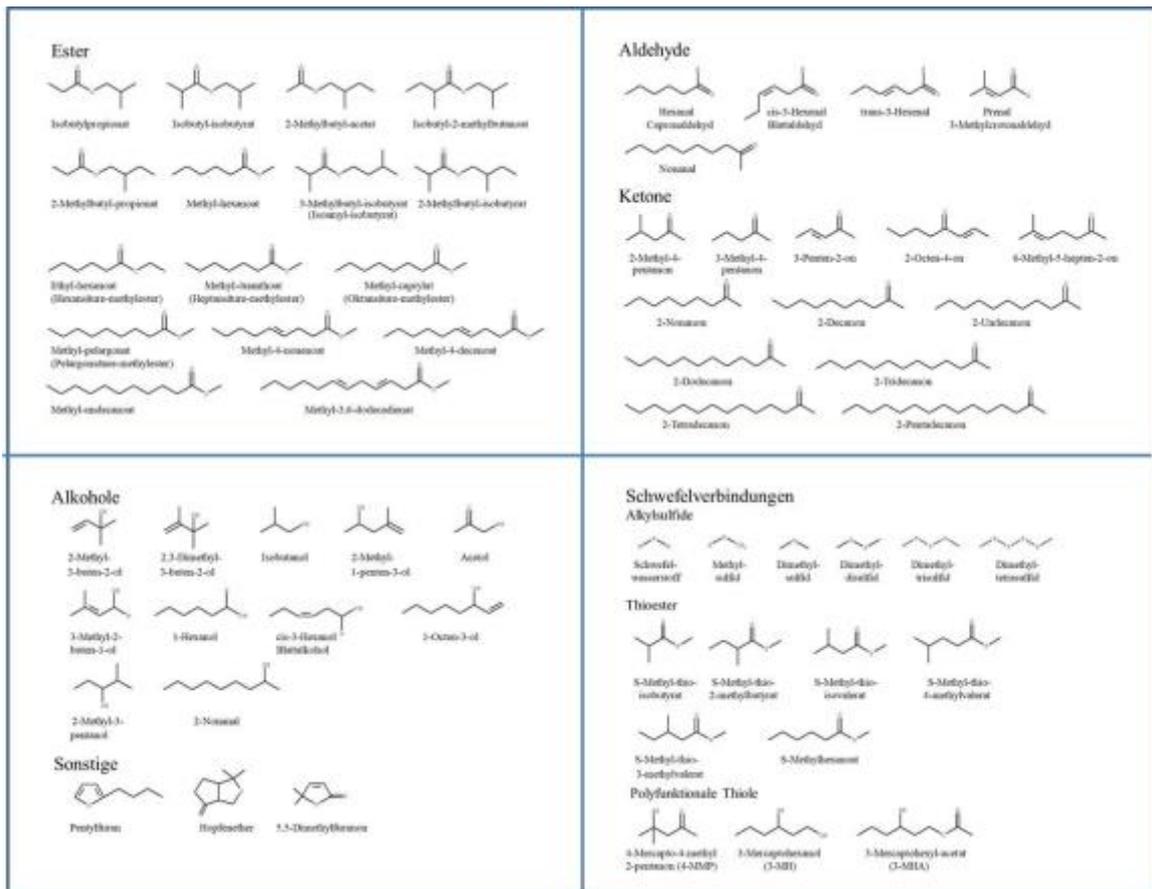


Abb. 7.8: nichtterpenoide Ester, Aldehyde, Alkohole und Schwefelverbindungen

Die Abb. 7.8 zeigt die nichtterpenoiden Ester, Aldehyde, Alkohole und Schwefelverbindungen. Besonders die niedermolekularen Ester sind im Bier ganz gut löslich und sind für fruchtige Aromen verantwortlich. Schwefelverbindungen haben sehr geringe Geruchsschwellenwerte. Zum Aroma von „Special Flavour Hops“ tragen polyfunktionale Thiole wie das 4-Mercapto-4-Methyl-2-pentanon (4-MMP), das 3-Mercaptohexanol (3-MH) und das 3-Mercaptohexylacetat (3-MHA) bei. Das 4-MMP ist eine Schlüsselaromakomponente und vermittelt das typische schwarze Johannisbeeraroma. Diese Substanz ist mit einem Geruchsschwellenwert von 0,0001 µg in 1l Wasser eine der geruchsintensivsten Verbindungen überhaupt.

Ein Teil der Aromastoffe liegt im Hopfen nicht frei, sondern gebunden vor. 5 % - 10 % des Linalools und Geraniols ist glykosidisch an Glukose gebunden. Während der Gärung werden diese Verbindungen durch die Enzyme der Hefe freigesetzt. Polyfunktionale Thiole wie das 4-MMP und das 3-MH sind an Cystein oder Glutathion gebunden. Solche Konjugate können in relativ großen Konzentrationen im Hopfen vorkommen. Cystein-Konjugate sind in einer Größenordnung bis 2 mg/kg Hopfen vorhanden und Glutathion-Konjugate sogar bis zu 20 mg/kg Hopfen.

In Abb. 7.9 sind gebundene Aromastoffe dargestellt.

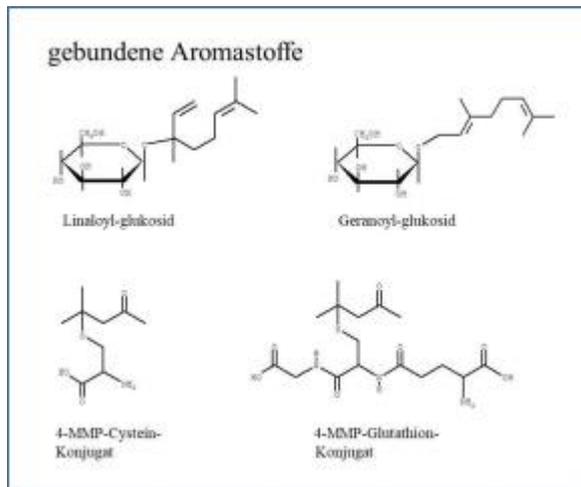


Abb. 7.9: gebundene Aromastoffe

### 7.2.2 Alternative Anwendungsmöglichkeiten

Für alternative Anwendungen können von der Hopfenpflanze 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 zu Fasern für Formteile wie z.B. Kfz-Türverkleidungen verarbeitet werden. Bis jetzt gibt es aber noch keine nennenswerten technischen Anwendungen.

Bei den Dolden sind vor allem die antimikrobiellen Eigenschaften der Bitterstoffe für alternative Nutzungen geeignet. Die Bitterstoffe zeigen schon in katalytischen Mengen (0,001-0,1 Gew. %) antimikrobielle und konservierende Aktivitäten und zwar in der aufsteigenden Reihenfolge Iso- $\alpha$ -Säuren,  $\alpha$ -Säuren und  $\beta$ -Säuren (Abb. 7.10).

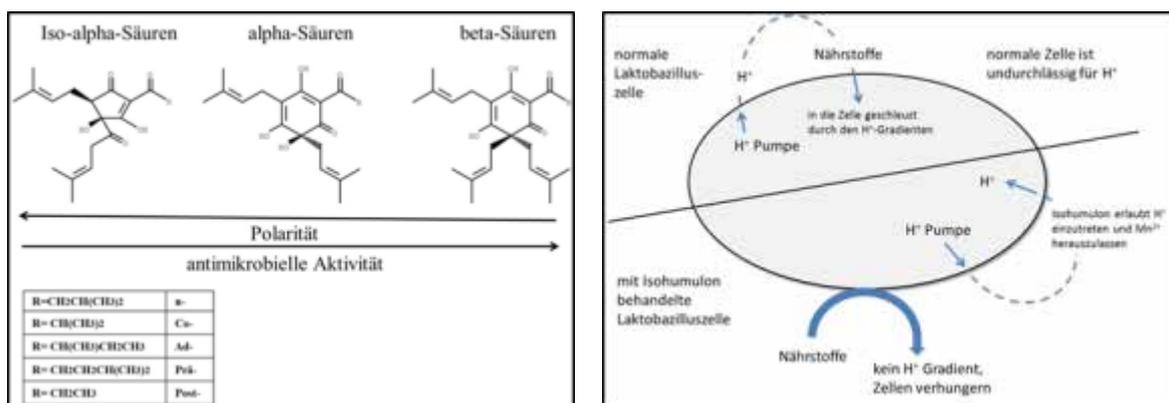


Abb. 7.10: Reihenfolge der antimikrobiellen Aktivität von Iso- $\alpha$ -Säuren,  $\alpha$ -Säuren und  $\beta$ -Säuren und deren Wirkungsweise

Je unpolarer das Molekül ist, desto höher ist die antimikrobielle Aktivität. Die Bitterstoffe zerstören den pH-Gradienten an den Zellmembranen von gram-positiven Bakterien. Die Bakterien können dann keine Nährstoffe mehr aufnehmen und sterben ab.

Iso-alpha-Säuren hemmen Entzündungsprozesse und haben positive Effekte auf den Fett- und Zuckerstoffwechsel. Im Bier schützen sie sogar vor dem Magenkrebs auslösenden „*Helicobacter pylori*“. Die  $\beta$ -Säuren besitzen eine effektive Wirkung gegen das Wachstum von gram-positiven Bakterien wie Listerien und Clostridien, auch können sie den Tuberkuloseerreger das „*Mycobacterium tuberculosis*“ hemmen. 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 wird bereits sehr erfolgreich Formalin durch  $\beta$ -Säuren ersetzt. 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 auch 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. Diese Sorte wird zur Herstellung von Tee genutzt.

Hopfen ist auch für den Bereich Gesundheit, Wellness, Nahrungsergänzungsmittel und Functional Food interessant, da er eine Vielzahl polyphenolischer Substanzen besitzt. Mit einem Polyphenolgehalt von bis zu 8 % ist Hopfen eine sehr polyphenolreiche Pflanze. Polyphenole gelten im allgemeinen als sehr positiv für die Gesundheit, da sie antioxidativ sind und freie Radikale einfangen können. 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 %). Mit bis zu 0,5 % sind auch die Multifidole Hauptbestandteile des Hopfens. Der Name leitet sich von der tropischen Pflanze *Jatropha multifida* ab, da diese Verbindungen in deren Milchsaft vorkommen. Diese Substanzen haben entzündungshemmende Eigenschaften. Im Hopfen kommen auch prenylierte Flavonoide wie z.B. 8-Prenylnaringenin (eines der stärksten Phytoöstrogene) in Spuren vor. Deswegen hat der Hopfen eine leichte östrogene Aktivität.

Von allen Hopfenpolyphenolen erlangte jedoch das Xanthohumol die größte öffentliche Aufmerksamkeit und die wissenschaftlichen Arbeiten darüber sind geradezu explodiert. Inzwischen ist auch die gesundheitsfördernde Wirkung von Xanthohumol wissenschaftlich von der EFSA (European Food Security Authority) belegt (health claims), damit kann Xanthohumol auch für Anwendungen im Bereich Nahrungsergänzungsmittel und Functional Food vermarktet werden. Umfangreiche Informationen über die Geschichte des Xanthohumols und dessen Wirkungen können auf der Homepage der Firma T.A. XAN Development S.A.M. <https://www.xan.com/> gefunden werden. Xanthohumol hilft beinahe gegen alles (Abbildung 11), am bedeutendsten ist jedoch, dass Xanthohumol gegen Krebs wirkt.

Während des Brauprozesses findet eine ständige Umwandlung der prenylierten Flavonoide statt (Abb. 7.11). Xanthohumol wird beim Würzekochen zu Iso-Xanthohumol isomerisiert und Demethylxanthohumol zu 8- und 6-Prenylnaringenin. Deshalb ist Desmethylxanthohumol auch nicht im Bier zu finden und die Konzentrationen der prenylierten Naringenine sind im Bier deutlich höher als im Hopfen.

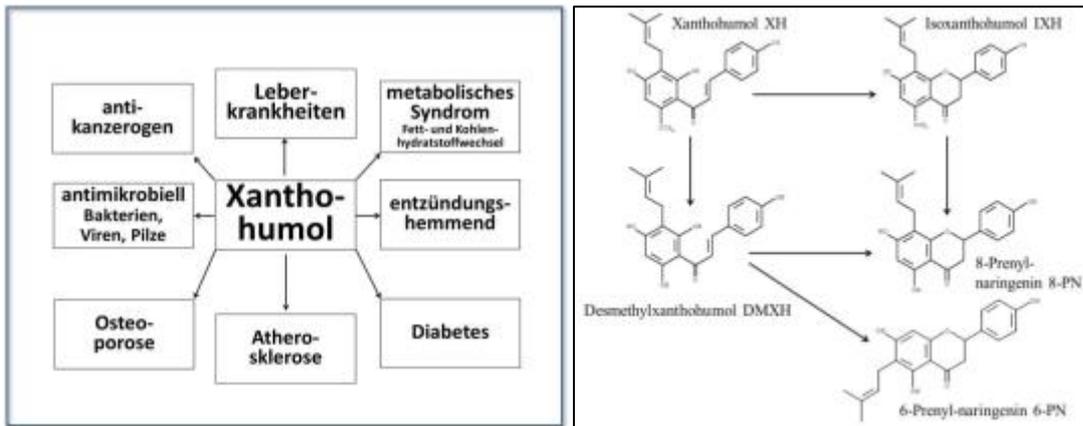


Abb. 7.11: Effekte von Xanthohumol und Transformationen im Brauprozess

Die östrogene Wirkung von 8-Prenylnaringenin (8-PN) ist darauf zurückzuführen, dass 8-Prenylnaringenin eine ähnliche Struktur wie das weibliche Sexualhormon 17- $\beta$ -Östradiol aufweist.

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 Stoffe züchten.

### 7.3 Isolierung, Identifikation und Analytik von Multifidolen in Hopfen

Dieses Forschungsprojekt wird von der Wissenschaftlichen Station für Brauerei München e.V. für die Jahre 2020 und 2021 mit 10.000,- € gefördert.

Im Hopfen kommen drei Multifidole vor, das Co-, n- und Ad-Multifidol-glukosid (Abb. 7.12). Das Haupthomologe ist jedoch das Co-Multifidol-glukosid. Dieses ist sehr gut in Wasser löslich und geht in vollem Umfang ins Bier über. Der Geschmacksschwellenwert liegt bei 1,8 mg/l. In 54 % der untersuchten Biere ist die Konzentration größer als 1,8 mg/l. Deshalb wird in Zusammenarbeit mit Hopsteiner und der TU Berlin an einer quantitativen Analytik gearbeitet. Im Hopfen kommt vor allem das Co-Multifidol-glukosid vor.

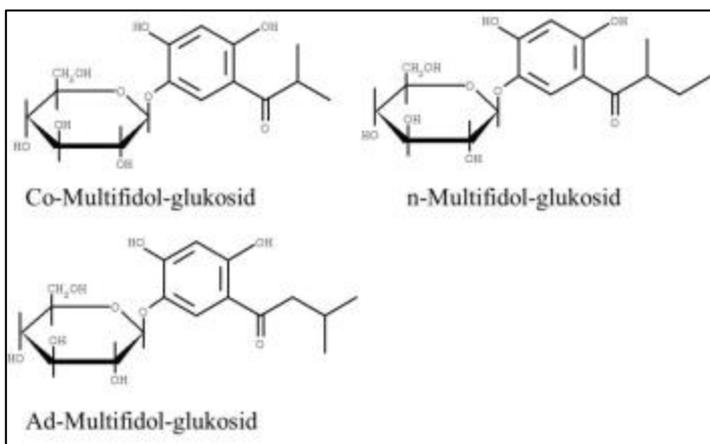


Abb. 7.12: Die Multifidole des Hopfens

Herr Dr. Wietstock von der TU Berlin hat diese Verbindung mit präparativer HPLC in einer Reinheit von 95 % isoliert. Die Idee ist, Flavon als einen sekundär Standard mit dem isolierten Co-Multifidol-glukosid zu kalibrieren. Das Co-Multifidol-glukosid hat bei 280 nm ein Absorptionsmaximum. Flavon kommt im Hopfen nicht vor, hat jedoch auch bei 280 nm eine starke UV-Absorption (Abb. 7.13), deshalb ist Flavon als interner Standard für das Co-Multifidol-glukosid sehr gut geeignet (Abb. 7.14).

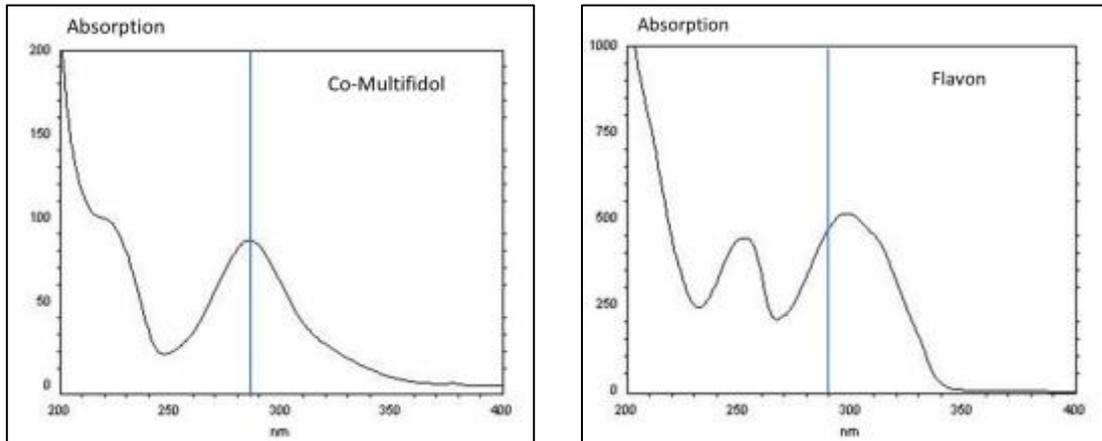


Abb. 7.13: UV-Spektren von Co-Multifidolglukosid und Flavon

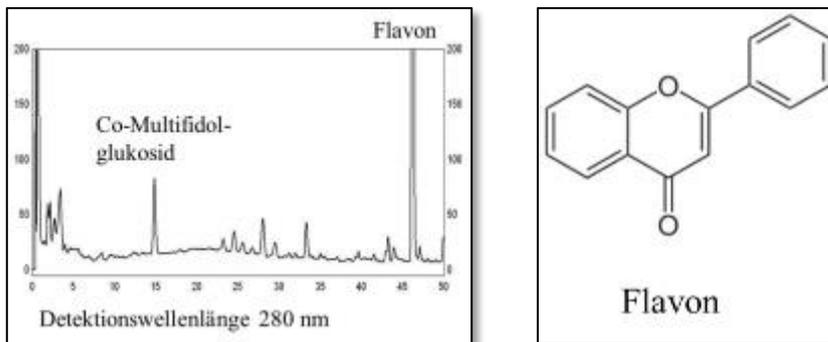


Abb. 7.14; Chromatogramm einer Hopfenprobe bei 280 nm und die Struktur von Flavon

Es wurde eine optimale Probenvorbereitung (Extraktion mit Methanol: Wasser 90:10) und eine HPLC-Methode erarbeitet. Beim Herkules wurden 1,9 ‰, bei Hersbrucker Spät 0,03 ‰ und beim Hall. Magnum 0,5 ‰ gefunden.

## 7.4 Welthopfensortiment (Ernte 2018)

Vom Welthopfensortiment werden jedes Jahr die ätherischen Öle mit Headspace- Gaschromatographie und die Bitterstoffe mit HPLC analysiert. Die Tab. 7.1 zeigt die Ergebnisse des Erntejahres 2018. Sie kann als Hilfsmittel dienen, um unbekannte Hopfensorten einem bestimmten Sortentyp zuzuordnen.

Tab. 7.1: Welthopfensortiment (Ernte 2018)

Sorte	Myrcen	2-M.-iso-butyrat	M.-iso-heptanoat	$\beta$ -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	$\beta, \gamma$ -Cadinen	Selinadien	Geraniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/a$	Cohumulon	Colupulon
Admiral	4717	1091	0	131	72	0	14	678	5	22	3	4	47	0	0	14,1	5,7	0,40	43,8	64,7
Agnus	2573	21	0	34	31	0	4	272	0	20	5	8	41	0	1	9,1	5,4	0,59	34,9	56,9
Ahil	1198	1448	68	47	79	0	27	408	123	14	4	8	32	0	9	7,4	3,2	0,44	29,0	50,4
Alliance	2251	96	2	7	35	0	11	588	4	17	3	5	38	0	0	3,1	1,6	0,53	30,1	56,8
Apolon	9093	165	88	75	66	0	4	428	144	20	5	8	41	0	6	6,5	3,1	0,48	21,4	41,3
Aquila	9487	325	0	1317	60	69	30	49	1	25	42	88	27	149	4	4,3	3,6	0,85	48,6	71,9
Ariana	2632	409	99	573	29	0	31	468	0	20	16	32	43	0	0	6,8	4,6	0,68	34,1	51,5
Aromat	4864	2	3	26	42	0	39	723	71	23	3	5	44	1	0	2,3	3,3	1,39	25,1	40,2
Atlas	7201	1160	62	45	33	0	3	373	148	16	6	10	34	0	7	6,8	3,3	0,48	36,0	59,7
Aurora	5605	423	1	182	98	0	49	607	74	16	3	4	37	0	1	7,3	2,9	0,40	22,9	54,8
Backa	1092	2212	0	147	115	0	21	586	36	20	3	5	40	1	0	7,4	4,6	0,62	43,6	65,7
Belgisch Spalter	3804	164	1	37	50	9	18	386	0	20	18	36	35	68	0	3,9	2,3	0,59	23,0	47,2
Blisk	5392	896	54	27	63	0	3	388	141	23	6	10	44	0	5	5,2	2,1	0,41	37,0	61,7
Bobek	8127	827	2	471	162	0	66	623	65	16	3	4	36	0	2	3,6	3,8	1,04	28,4	47,6
Bor	4990	245	1	198	25	0	18	680	0	14	5	10	34	0	1	5,6	2,7	0,49	22,0	43,1
Bramling Cross	4421	298	1	17	58	0	17	583	1	15	7	13	32	0	0	2,6	2,9	1,13	35,6	62,7
Braustern	2890	97	0	220	20	0	8	496	0	18	2	3	38	0	0	5,9	4,7	0,79	27,4	45,7
Brewers Gold	4704	545	4	206	35	0	2	415	0	15	5	9	34	0	6	7,0	4,5	0,64	38,3	63,5
Brewers Stand	1594	1402	131	320	157	30	36	208	2	108	58	115	211	175	10	6,6	3,2	0,48	21,3	42,7
Buket	4727	427	0	473	93	0	54	495	41	19	3	3	40	0	1	8,6	3,9	0,45	19,8	49,8
Bullion	4306	563	25	113	41	0	9	422	1	18	10	19	37	1	1	5,2	4,7	0,91	36,3	60,8
Callista	7854	232	55	34	128	3	22	671	0	23	19	38	49	5	0	3,2	5,9	1,86	17,1	38,4
Cascade	6852	497	10	114	43	0	12	587	65	24	5	9	46	0	3	5,1	6,4	1,26	32,1	48,6
Centennial	4435	556	121	28	56	0	4	439	0	23	3	4	43	1	14	7,3	2,7	0,37	26,4	50,3

Sorte	Myrcen	2-M.-iso-butyrat	M.-iso-heptanoat	$\beta$ -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	$\beta, \gamma$ -Cadinen	Selinadien	Geraniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/a$	Columolon	Columolon
Chang bei 1	6161	52	1	9	86	0	34	537	30	20	14	27	35	42	0	1,4	2,7	1,88	23,9	39,9
Chang bei 2	5900	8	0	14	75	0	30	535	21	18	13	26	31	41	0	1,4	2,4	1,78	23,8	39,4
Chinook	2134	420	19	21	17	0	7	384	0	61	11	18	119	27	2	9,1	3,0	0,33	30,1	53,4
Columbus	2127	270	44	89	22	0	2	275	0	44	9	15	87	24	1	15,1	4,8	0,32	31,0	54,3
Comet	3118	297	14	298	29	0	7	36	1	6	30	67	11	21	1	6,2	2,8	0,44	37,2	58,5
Crystal	4160	25	13	19	68	40	26	503	0	23	19	39	36	64	0	2,6	4,4	1,67	20,9	35,9
Density	6025	381	0	12	67	0	18	595	1	14	2	4	30	0	0	2,7	2,9	1,07	36,4	60,5
Diva	9317	1034	2	212	121	0	95	621	7	23	59	128	49	0	2	5,6	3,9	0,69	25,9	50,4
Dr.Rudi	9053	949	75	121	120	0	23	655	0	19	9	18	39	0	1	5,1	4,1	0,79	38,6	57,7
Early Choice	3149	174	1	55	13	0	11	488	0	14	28	61	29	0	0	1,7	1,0	0,62	33,0	58,3
Eastwell Golding	2756	168	1	39	37	0	18	589	0	17	3	4	37	0	0	2,8	1,7	0,60	26,7	53,1
Emerald	2593	105	4	85	15	0	18	671	0	16	2	4	37	0	0	3,9	3,6	0,93	30,1	47,3
Eroica	5278	1115	100	343	15	0	8	418	0	14	6	12	29	0	0	9,5	7,8	0,82	39,6	63,5
Estera	3609	212	0	15	53	0	12	604	22	16	2	4	37	0	0	2,9	2,0	0,67	29,9	51,5
First Gold	5943	904	0	137	78	0	34	584	16	19	56	126	45	1	1	6,0	2,7	0,45	29,8	54,3
Fuggle	2386	183	3	17	33	0	10	527	18	17	3	4	39	0	0	2,6	1,8	0,69	29,3	52,5
Galena	4023	1138	70	357	1	0	9	470	0	18	6	13	36	0	0	7,7	7,3	0,95	40,8	63,8
Ging Dao Do Hua	9913	1720	0	34	47	0	18	552	0	40	29	56	75	1	2	2,2	2,5	1,11	47,1	69,9
Glacier	4337	168	4	21	55	0	21	680	0	20	4	6	43	0	0	2,1	3,4	1,62	17,2	43,1
Golden Star	8424	1742	0	34	43	0	20	565	0	46	31	61	87	0	1	2,9	2,9	0,99	47,1	70,6
Granit	6031	338	5	102	23	0	34	564	2	14	5	8	30	0	1	4,8	2,9	0,60	22,7	43,9
Hallertau Blanc	7821	1038	256	106	127	0	24	99	1	16	249	544	35	0	2	9,5	6,0	0,63	21,5	38,6
Hallertauer Gold	4439	122	23	39	67	0	22	670	0	19	3	4	44	0	0	4,6	4,2	0,93	22,6	39,5
Hallertauer Mag-	4107	125	79	136	20	0	11	606	0	17	3	4	40	0	0	12,4	6,5	0,52	20,4	35,0
Hallertauer Merkur	3644	348	38	22	56	0	14	589	0	20	4	5	44	0	0	13,8	5,3	0,38	16,4	38,7

Sorte	Myrcen	2-M.-iso-butyrat	M.-iso-heptanoat	$\beta$ -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	$\beta,\gamma$ -Cadinen	Selinadien	Geraniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/a$	Cohumulon	Colupulon
Hallertauer Mfr.	1245	228	6	1	52	0	28	664	0	43	4	7	74	0	0	3,0	3,6	1,23	22,8	38,5
Hallertauer Taurus	6472	45	49	85	105	0	23	608	0	18	36	81	42	0	1	13,5	4,3	0,31	18,5	36,5
Hallertauer Traditi-	3748	172	2	28	74	0	17	636	0	20	3	4	45	0	0	5,8	4,2	0,72	25,6	44,5
Harmony	3428	63	2	63	51	0	21	524	0	20	43	95	46	0	0	6,8	5,8	0,86	19,2	37,2
Herald	4773	769	1	471	28	0	61	442	1	15	15	31	36	0	2	9,7	3,5	0,36	38,8	60,7
Herkules	6055	856	167	341	26	0	16	695	0	18	3	4	46	0	2	15,6	4,2	0,27	29,9	47,8
Hersbrucker Pure	5323	286	0	108	78	23	34	509	2	21	20	42	37	73	0	3,7	2,0	0,55	24,8	43,4
Hersbrucker Spät	4498	193	0	36	81	35	10	513	1	23	19	39	38	55	0	2,6	4,7	1,81	17,5	35,7
Huell Melon	9019	1714	0	292	42	0	36	61	105	45	160	339	80	213	1	4,9	8,2	1,67	29,1	49,6
Hüller Anfang	2126	110	13	3	39	0	19	644	0	26	3	5	48	0	0	2,3	3,1	1,37	24,8	38,4
Hüller Aroma	3184	79	4	4	65	0	22	670	0	24	3	4	45	0	0	2,8	3,6	1,30	24,6	41,1
Hüller Bitter	1003	1006	198	57	81	25	19	422	2	94	35	66	164	110	2	9,2	4,4	0,48	22,9	41,6
Hüller Fortschritt	2823	33	12	4	54	0	24	679	0	23	3	4	44	0	0	2,2	3,8	1,72	25,0	39,0
Hüller Start	2228	27	1	8	21	0	28	684	2	25	3	4	46	0	0	2,2	3,0	1,37	25,0	40,8
Kazbek	3472	527	34	119	38	0	5	420	0	19	6	12	38	0	1	5,3	5,0	0,95	33,8	58,1
Kirin 1	7920	1501	0	66	46	0	19	615	4	39	29	54	76	0	2	3,5	3,6	1,02	44,3	65,4
Kirin 2	6872	1327	1	40	35	0	14	543	2	40	21	42	75	5	1	3,0	3,0	1,00	47,6	70,6
Kitamidori	3199	70	14	232	14	0	9	654	29	21	2	4	43	0	1	6,4	4,2	0,65	22,1	43,8
Kumir	3626	140	1	111	67	0	23	585	12	18	4	6	40	0	1	7,5	3,4	0,45	18,5	39,8
Late Cluster	1313	1404	75	266	127	30	32	163	0	104	52	105	200	173	4	7,8	3,9	0,50	23,2	42,3
Lubelski	6412	8	4	12	55	0	37	739	59	21	3	4	39	0	0	2,5	4,1	1,67	25,0	38,7
Mandarina Bavaria	3456	512	2	233	41	0	16	493	23	26	25	66	56	2	2	8,7	7,2	0,82	36,5	54,1
Marynka	6680	551	0	217	30	0	14	235	155	13	4	9	30	0	3	7,2	3,3	0,46	20,6	45,8
Mt. Hood	1824	121	18	26	35	0	9	441	0	27	3	5	51	0	1	3,1	4,2	1,38	23,8	40,8
Neoplanta	4022	246	0	138	34	0	20	492	35	17	2	3	39	0	0	6,8	2,9	0,42	27,7	60,6

Sorte	Myrcen	2-M.-iso-butyrat	M.-iso-heptanoat	$\beta$ -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	$\beta,\gamma$ -Cadinen	Selinadien	Geraniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/a$	Cohumulon	Colupulon
Neptun	1880	263	89	26	37	0	4	379	0	23	3	4	48	0	0	13,4	5,9	0,44	20,6	40,7
Northern Brewer	2855	184	0	205	21	0	10	445	0	17	3	3	39	0	1	7,3	4,2	0,58	25,5	44,6
Nugget	1669	234	3	137	44	0	6	280	0	12	5	10	27	0	0	11,0	4,1	0,37	27,0	50,1
NZ Hallertauer	5578	727	1	105	49	5	18	510	25	19	10	20	33	28	1	2,1	3,5	1,69	34,6	58,7
Opal	3902	8	12	266	59	0	17	485	5	16	1	3	37	1	0	6,6	4,7	0,71	14,0	30,7
Orion	2363	273	5	56	46	0	17	403	0	22	3	3	46	0	0	8,2	4,4	0,54	26,1	48,8
Perle	1811	138	0	121	10	0	8	496	0	16	3	4	40	0	0	4,8	3,0	0,63	32,4	51,6
Pilgrim	7287	1529	1	924	40	0	63	662	0	17	41	92	44	0	2	5,9	3,0	0,50	39,3	59,4
Pilot	3562	674	0	410	98	0	59	119	2	18	111	258	41	1	1	5,0	2,5	0,51	38,0	63,2
Pioneer	1785	513	2	393	20	0	69	269	1	14	12	25	34	0	2	7,1	2,5	0,36	36,0	68,3
Polaris	3104	216	47	230	12	0	11	416	0	18	3	3	41	0	1	18,4	4,2	0,23	21,4	36,1
Premiant	3044	123	1	93	55	0	21	580	9	18	3	5	42	1	0	6,0	3,4	0,56	20,1	39,9
Pride of Ringwood	4571	161	1	3	21	0	15	50	0	21	65	137	39	0	0	3,9	4,4	1,14	36,3	55,2
Progress	2284	1444	59	262	164	39	36	120	1	108	55	113	190	190	6	5,8	3,2	0,56	23,9	43,2
Record	5259	107	6	13	59	0	28	694	1	20	3	4	42	0	1	3,2	5,6	1,74	24,3	37,5
Relax	3710	120	14	19	19	0	40	696	2	30	4	6	50	0	3	0,1	9,6	67,2	59,9	27,8
Rottenburger	3817	187	8	8	36	0	23	677	9	22	6	12	42	0	1	1,7	3,4	2,06	27,8	38,6
Rubin	1308	447	118	3	40	0	18	616	0	43	77	156	76	0	4	10,7	3,5	0,32	26,6	44,9
Saazer	3984	1	2	20	61	0	47	712	65	28	3	5	54	0	1	4,1	4,6	1,12	23,2	38,4
Saphir	3816	8	1	160	54	9	57	474	0	19	13	28	37	46	0	3,4	5,0	1,47	13,4	41,2
Serebrianker	2516	101	2	9	55	0	16	419	2	37	26	47	59	0	1	1,5	3,5	2,29	23,9	36,1
Sladek	3620	101	0	119	71	0	23	577	11	18	3	4	40	0	1	7,8	3,4	0,44	18,7	39,7
Smaragd	4650	29	8	172	70	0	16	614	6	18	1	4	44	0	1	3,4	3,2	0,95	15,5	28,8
Sorachi Ace	4331	285	0	212	21	0	17	612	19	22	4	6	45	1	1	6,8	5,2	0,77	29,0	51,0
Southern Promise	2473	208	12	99	1	0	30	498	0	21	11	22	39	37	0	5,3	3,3	0,63	24,8	51,6

Sorte	Myrcen	2-M.-iso-butyrat	M.-iso-heptanoat	β-Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farnesen	g-Muurolen	β-Selinen	α-Selinen	β,g-Cadinen	Selinadien	Geraniol	α-Säuren	β-Säuren	β/a	Columolon	Colupulon
Southern Star	3619	119	11	14	8	0	19	565	37	23	3	4	44	0	1	9,5	4,6	0,49	30,5	51,0
Spalter	3896	1	2	14	61	0	44	747	48	29	3	5	54	0	1	3,3	4,7	1,41	24,8	39,8
Spalter Select	8287	109	5	31	149	16	37	504	146	23	21	46	41	60	0	4,2	3,6	0,88	22,6	41,1
Strisselspalter	4712	257	0	92	83	39	18	509	0	23	18	37	38	50	1	2,9	4,6	1,59	18,1	34,9
Südafrika	3170	53	1	10	7	0	10	474	0	23	40	83	43	0	1	4,2	3,5	0,84	31,8	48,7
Talisman	2858	137	0	182	24	0	0	461	0	17	3	3	38	0	1	5,9	3,5	0,59	25,0	44,9
Tettnanger	3894	1	2	21	58	0	47	728	58	29	3	5	54	0	1	3,6	4,6	1,28	24,3	40,7
Vojvodina	5013	348	0	141	19	0	21	564	5	15	2	3	35	0	1	3,1	1,8	0,57	30,1	65,3
WFG	6474	1	3	16	80	0	47	743	73	23	4	6	45	1	1	3,2	4,1	1,26	23,7	38,9
Willamette	2513	419	0	51	39	0	4	478	39	19	3	4	41	0	0	2,4	3,1	1,26	35,0	52,7
Wye Challenger	5289	809	2	150	61	1	32	554	20	20	25	55	43	7	0	3,8	3,2	0,84	28,2	52,6
Wye Northdown	3439	168	0	85	34	0	9	491	0	16	2	3	35	0	0	5,3	3,5	0,66	25,9	46,7
Wye Target	4149	627	1	96	69	0	24	379	0	34	8	13	75	13	1	9,9	4,0	0,40	34,6	58,4
Wye Viking	4073	351	23	79	42	0	64	555	44	30	36	68	55	0	0	4,3	3,2	0,74	25,0	42,1
Yeoman	3690	706	65	81	32	0	17	537	2	14	26	57	36	0	3	8,8	3,6	0,41	24,4	48,2
Zatecki	2947	168	0	36	41	0	9	571	17	16	2	3	35	0	0	2,4	2,7	1,15	29,5	46,2
Zenith	4549	208	0	89	84	0	25	621	1	15	42	98	39	0	1	4,7	2,0	0,43	25,9	49,5
Zeus	1869	295	51	79	21	0	2	269	0	46	9	15	82	24	1	13,6	4,7	0,34	32,7	54,5
Zitic	4666	1	0	54	25	0	25	682	9	18	3	4	40	0	2	3,4	3,0	0,89	20,7	38,7

Ätherische Öle=Relativwerte, β-Caryophyllen=100, α- und β-Säuren in % ltr., Analoga in % der α- bzw. β-Säuren

## 7.5 Qualitätssicherung bei der alpha-Säureanalytik für Hopfenlieferungsverträge

### 7.5.1 Ringanalysen zur Ernte 2019

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 verfahren wird (Probenteilung, Lagerung), welche Laboratorien die Nachuntersuchungen durchführen und welche Toleranzbereiche für die Analysenergebnisse zugelassen sind. Auch im Jahr 2019 hatte die Arbeitsgruppe IPZ 5d wieder die Aufgabe, Ringanalysen zu organisieren und auszuwerten, um die Qualität der  $\alpha$ -Säureanalytik sicherzustellen.

Im Jahr 2019 haben sich folgende Laboratorien an dem Ringversuch beteiligt.

- § Hallertauer Hopfenveredelungsgesellschaft (HHV), Werk Au/Hallertau
- § Hopfenveredlung St. Johann GmbH & Co. KG, St. Johann
- § Hallertauer Hopfenveredelungsgesellschaft (HHV), Werk Mainburg
- § Hallertauer Hopfenverwertungsgenossenschaft (HVG), Mainburg
- § AGROLAB Boden-und Pflanzenberatungsdienst GmbH, Leinefelde
- § Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Arbeitsbereich Hopfen, Hüll
- § BayWa AG Tett nang

Der Ringversuch startete im Jahr 2019 am 10. September und endete am 8. November, da in dieser Zeit der Großteil der Hopfenpartien in den Laboratorien untersucht wurde. Insgesamt wurde der Ringversuch neunmal (9 Wochen) durchgeführt. Das Probenmaterial wurde dankenswerterweise vom 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 2019 wurden insgesamt 34 Proben analysiert.

Die Auswertungen wurden so schnell wie möglich an die einzelnen Laboratorien weitergegeben. Die Abb. 7.15 zeigt eine Auswertung als Beispiel, wie ein Ringversuch im Idealfall aussehen sollte. Die Nummerierung der Laboratorien (1-7) entspricht nicht der obigen Zusammenstellung.

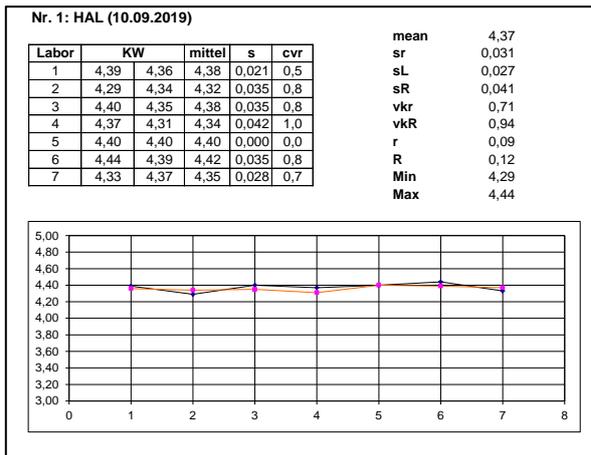


Abb. 7.15: Auswertung einer Ringanalyse als Beispiel

Die Berechnung der Ausreißertests erfolgt gemäß DIN ISO 5725. Innerhalb der Laboratorien wurde der Cochran-Test und zwischen den Laboratorien der Grubbs-Test gerechnet.

$$\text{Cochran: } C = \frac{s_{max}^2}{\sum s_i^2}$$

Bei 8 Laboratorien und einer Doppelbestimmung muss bei  $\alpha = 1\%$   $C$  kleiner als **0,794** und bei  $\alpha = 5\%$   $C$  kleiner als **0,680** sein, sonst wird ein Ausreißer erkannt.

$$\text{Grubbs: } G = \frac{|x_{max} - \bar{x}|}{s}$$

Bei 8 Laboratorien und einer Doppelbestimmung muss bei  $\alpha = 1\%$   $G$  kleiner als **2,274** und bei  $\alpha = 5\%$   $G$  kleiner als **2,126** sein, sonst wird ein Ausreißer erkannt.

In der Tab. 7.2 sind die Ausreißer des Jahres 2019 zusammengestellt.

Tab. 7.2: Ausreißer des Jahres 2019

Probe	Cochran		Grubbs	
	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,05$
7	Labor 3			
29				Labor 6
<b>Gesamt:</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

Seit dem Jahr 2013 gibt es 5 alpha-Klassen und neue Toleranzgrenzen. Die Tab. 7.3 zeigt die neue Einteilung und die Überschreitungen des Jahres 2019.

Tab. 7.3: aktualisierte alpha-Säurenklassen und Toleranzgrenzen sowie deren Überschreitungen im Jahr 2019

	< 5,0 %	5,0 % - 8,0 %	8,1 % - 11,0 %	11,1 % - 14 %	> 14,0 %
d kritisch	+/-0,3	+/-0,4	+/-0,5	+/-0,6	+/- 0,7
Bereich	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
Überschreitungen im Jahr 2019	0	0	0	0	0

Im Jahr 2019 gab es keine Überschreitungen der zugelassenen Toleranzgrenzen.

In der Abb. 7.16 sind alle Analysenergebnisse 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.

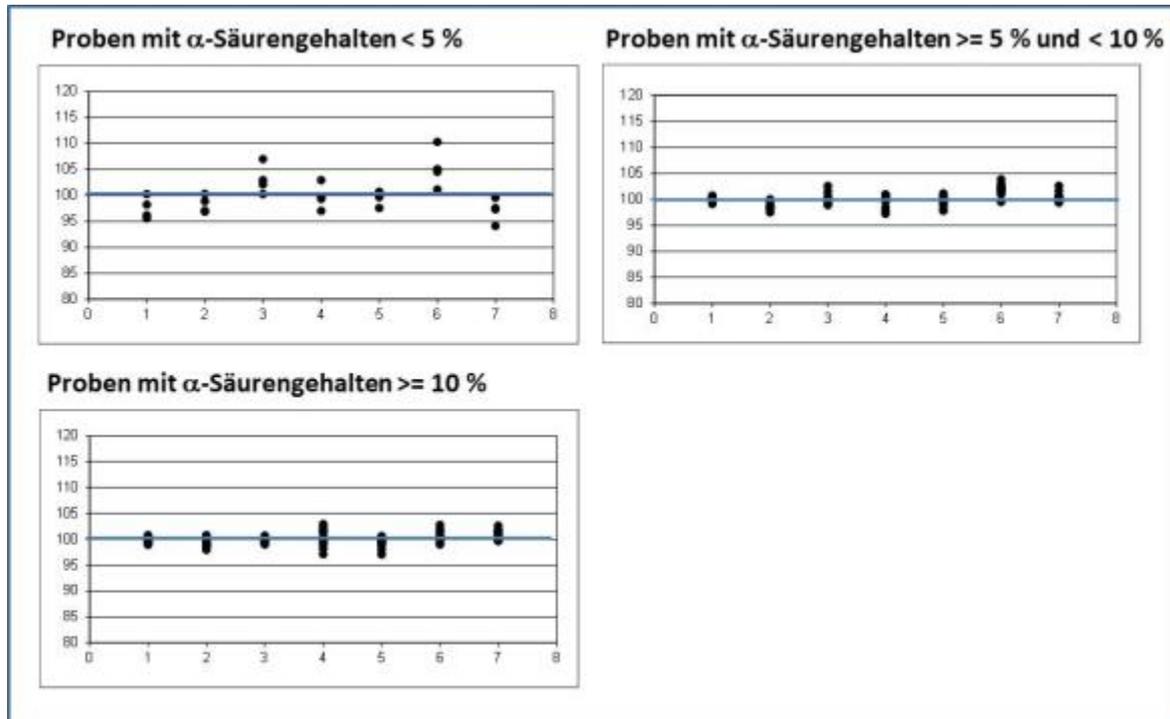


Abb. 7.16: Analysenergebnisse der Laboratorien relativ zum Mittelwert

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 Hopfenpflanzer- 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 liegen. Die Tab. 7.4 zeigt die Ergebnisse des Jahres 2019. In allen Fällen wurde der Erstuntersuchungswert bestätigt.

Tab. 7.4: Kontrolluntersuchungen des Jahres 2019

Proben- bezeichnung	Erstunter- suchungslabor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
HTU Nr. 4214	Agrolab	16,6	16,0	16,4	16,4	16,27	ja
Perle Nr. 4303	Agrolab	8,1	7,7	7,7	7,8	7,73	ja
Saphir Nr. 4024	Agrolab	3,8	3,6	3,6	3,7	3,63	ja
KW 38 - NBR	HHV Au	8,3	8,3	8,4	8,4	8,37	ja
KW 38 - HMG	HHV Au	12,9	12,9	13,0	13,1	13,00	ja
KW 38 - HTU	HHV Au	16,7	16,7	16,7	17,0	16,80	ja
KW 39 -HTR	HV St.Johann	4,9	4,7	4,8	4,8	4,77	ja
KW 39 - PER	HV St.Johann	6,2	6,2	6,2	6,2	6,20	ja
KW 39 - HMG	HV St.Johann	11,9	11,5	11,6	11,7	11,60	ja
KW 40 - 3714 HPER	HVG Mainburg	7,0	6,9	7,0	7,0	6,97	ja
KW 40 - 28430 HHKS	HVG Mainburg	15,6	15,3	15,9	16,0	15,73	ja
KW 40 - 3864 HHTR	HVG Mainburg	5,4	5,3	5,4	5,5	5,40	ja
KW 41 - Spalter Select Nr. 32829	Agrolab	4,7	4,5	4,5	4,5	4,70	ja
KW 41 - Opal Nr. 35025	Agrolab	7,2	6,7	6,7	6,8	6,73	ja
KW 41 - Herkules Nr. 32580	Agrolab	15,5	15,5	15,6	15,6	15,57	ja
KW 42 - NUG	HHV Au	9,5	9,4	9,5	9,6	9,50	ja
KW 42 -HMG	HHV Au	12,7	12,5	12,9	13,1	12,83	ja
KW 42 - HKS	HHV Au	16,9	16,5	16,5	17,0	16,67	ja
KW 43 - H DE PER	HV St. Johann	5,3	5,2	5,3	5,4	5,30	ja
KW 43 - H DE HKS	HV St. Johann	13,3	13,2	13,3	13,6	13,37	ja
KW 43 - H DE HMG	HV St. Johann	10,5	10,3	10,5	10,8	10,53	ja
KW 44 28296 HPER	HVG Mainburg	5,3	5,2	5,2	5,4	5,27	ja
KW 44 32094 HNUG	HVG Mainburg	10,7	10,9	10,7	10,9	10,73	ja
KW 44 29839 HHKS	HVG Mainburg	17,8	17,6	17,8	17,8	17,73	ja

### 7.5.3 Nachuntersuchungen der Ernte 2019

Das Vorgehen bei der Durchführung von Nachuntersuchungen bei Alphaverträgen für die Ernte 2019 wurde geändert. Das Labor in Hüll ist jetzt immer auch als Nachuntersuchungslabor eingebunden (Tab. 7.5) und wertet die Ergebnisse aus.

Tab. 7.5: Verteilungsschlüssel Nachuntersuchungslabore

<b>Labor der Erstuntersuchung</b>	<b>Labore der Nachuntersuchung</b>		
HHV Au HHV Mainburg	HVG Mainburg	HV St. Johann	LfL Hüll
HV St. Johann	HVG Mainburg	HHV Mainburg	LfL Hüll
HVG Mainburg	HV St. Johann	HHV Mainburg	LfL Hüll
AGROLAB	HV St. Johann	HHV Au	LfL Hüll

Die Auswertung der Nachuntersuchung wird als LfL Nachuntersuchungsbericht innerhalb von drei Werktagen nach Eingang der Nachuntersuchungsergebnisse an das Erstuntersuchungslabor übermittelt, das umgehend eine Weiterleitung an den Auftraggeber der Nachuntersuchung veranlasst. Im Jahr 2019 gab es insgesamt 47 Nachuntersuchungen. Nur in einem einzigen Fall wurde der Erstuntersuchungswert nicht bestätigt. Die Tab. 7.6 zeigt die Nachuntersuchungsergebnisse in aufsteigender zeitlicher Reihenfolge.

Tab. 7.6: Nachuntersuchungen des Jahres 2019

<b>Proben- bezeichnung</b>	<b>Erstunter- suchungslabor</b>	<b>Erstunter- suchung</b>	<b>Nachuntersuchung</b>			<b>Mittel- wert</b>	<b>Ergebnis bestätigt</b>
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
5229 H DE PER	HV St. Johann	6,0	5,8	5,9	6,0	5,90	ja
AGROLAB Nr: 7110 (Partie Nr. 1380759) HTU	HV St. Johann	14,9	14,6	14,9	14,9	14,80	ja
Agrolab Nr. 29431 H DE HKS	HV St. Johann	13,3	12,9	13,2	13,2	13,10	ja
Agrolab Nr. 5570 H DE HTR	HV St. Johann	5,6	5,3	5,5	5,5	5,43	ja
Agrolab Nr. 6917 H DE HTU	HV St. Johann	16,5	16,0	16,4	16,4	16,27	ja
Agrolab-Analysenr. 3836, Partienummer 1497451 PER	HHV Au	6,5	6,5	6,6	6,6	6,57	ja
Analysen Nr. Agrolab 6331 HPER	HVG Mainburg	6,8	6,8	6,8	6,9	6,83	ja
Agrola-Analysenr. 31469 HKS	HHV Au	14,7	14,6	14,6	14,8	14,67	ja
Analysen Nr. Agrolab 29314 H DE HKS	HV St. Johann	14,8	14,4	14,4	14,6	14,47	ja
Analysen Nr. Agrolab 31638 H DE HKS	HV St. Johann	14,6	14,5	14,5	14,5	14,50	ja
Analysen Nr. Agrolab 31788 H DE HKS	HV St. Johann	15,1	14,8	14,9	14,9	14,87	ja
Analysen Nr. Agrolab 32815 H DE HKS	HV St. Johann	15,3	15,1	15,2	15,3	15,20	ja
Analysen Nr. Agrolab 31124 H DE HKS	HV St. Johann	12,1	12,0	12,1	12,2	12,10	ja
Analysen Nr. Agrolab 31785 H DE HKS	HV St. Johann	15,3	14,9	15,1	15,2	15,07	ja
Agrolab-Analysenr. 31489 HKS	HHV Au	14,7	14,6	14,7	14,8	14,70	ja

Proben- bezeichnung	Erstunter- suchungslabor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
HHKS Analysen Nr. Agrolab 29559	HVG Mainburg	14,8	14,8	14,9	15,1	14,93	ja
HTR Agrolab Nr. 6365	Agrolab GmbH	4,8	4,2	4,4	4,4	4,33	ja
Analysen Nr. Agrolab 31538 H DE HKS, Partie 1391477	HV St. Johann	14,4	14,5	14,5	15,0	14,67	ja
Analysen Nr. Agrolab 31541 H DE HKS, Partie 1588677	HV St. Johann	14,2	14,1	14,2	14,6	14,30	ja
Analysen Nr. Agrolab 30029 H DE HKS, Partie 1411761	HV St. Johann	14,6	14,5	14,4	14,7	14,53	ja
Agrolab-Analysennr. 35454, Partienummer 1153577 HKS	HHV Au	14,1	15,2	15,2	15,9	15,43	nein
Analysen-Nr. Agrolab 35923 H DE HKS, Partie Nr. 1336945	HV St. Johann	15,7	15,8	16,0	16,3	16,03	ja
Analysen-Nr. Agrolab 34352 H DE HKS, Partie Nr. 1844456	HV St. Johann	14,8	14,5	14,9	15,3	14,90	ja
Analysen-Nr. Agrolab 35247 H DE HKS, Partie Nr. 1353098	HV St. Johann	14,7	14,6	14,7	15,1	14,80	Ja
Analysen-Nr. Agrolab 31380 H DE HKS, Partie Nr. 1373296	HV St. Johann	15,7	15,3	15,5	16,0	15,60	ja
Analysen-Nr. Agrolab 34824 H DE HKS, Partie Nr. 1374112	HV St. Johann	14,1	13,8	13,9	14,3	14,00	ja
Analysen-Nr. Agrolab 34827 H DE HKS, Partie Nr. 1374214	HV St. Johann	14,3	14,1	14,2	14,6	14,30	ja
HHKS Analysen Nr. Agrolab 31782	HVG Mainburg	15,6	15,6	15,8	16,2	15,87	ja
HHKS Analysen Nr. Agrolab 33582	HVG Mainburg	14,4	14,3	14,6	14,7	14,53	ja
HHKS Analysen Nr. Agrolab 32108	HVG Mainburg	18,1	18,0	18,1	18,3	18,13	ja
HHKS Analysen Nr. Agrolab 32565	HVG Mainburg	14,4	14,6	14,6	14,9	14,70	ja
HHKS Analysen Nr. Agrolab 31219	HVG Mainburg	14,8	14,9	15,1	15,3	15,10	ja
HHKS Analysen Nr. Agrolab 28948	HVG Mainburg	14,9	14,8	15,2	15,2	15,07	ja
Agrolab-Analysennr. 35690, Partienummer 1098458 HKS	HHV Au	15,7	15,3	15,5	15,9	15,57	ja
Agrolab-Analysennr. 33848, Partienummer 1538351 HKS	HHV Au	14,3	14,2	14,2	14,5	14,30	ja
Analysen Nr. Agrolab 33471 HHKS	HVG Mainburg	14,5	14,0	14,5	14,7	14,40	ja
Analysen Nr. Agrolab 32153 HHKS	HVG Mainburg	13,9	13,6	14,2	14,2	13,90	ja
Agrolab-Analysennr. 29624 HKS	Agrolab GmbH	14,3	13,8	13,9	14,0	13,90	ja

Proben- bezeichnung	Erstunter- suchungslabor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
Analysen Nr. Agrolab 31937 HHKS	HVG Mainburg	15,3	15,2	15,3	15,4	15,30	ja
Analysen Nr. Agrolab 35743 Partie Nr. 1877751 H DE HKS	HV St.Johann	15,3	15,1	15,5	15,5	15,37	ja
Analysen Nr. Agrolab 32692 Partie Nr. 1170945 H DE HKS	HV St.Johann	15,4	15,5	15,5	15,7	15,57	ja
Analysen Nr. Agrolab 35822 HHKS	HVG Mainburg	16,3	16,5	16,6	16,7	16,60	ja
Analysen Nr. Agrolab 1152 THKS Tettngang	HVG Mainburg	15,5	15,4	15,5	15,6	15,50	ja
Analysen Nr. Agrolab 34325 HHKS	HVG Mainburg	17,1	16,9	17,1	17,1	17,03	ja
Analysen Nr. Agrolab 1039 Partie, Nr. 6DE190009792 T DE HKS	HV St. Johann	12,9	12,7	12,9	13,0	12,87	ja
Analysen Nr. Agrolab 1039 Partie, Nr. 10DE191687221 H DE MBA	HV St. Johann	7,3	7,2	7,3	7,4	7,30	ja
Analysen Nr. Agrolab 31930 HHKS	HVG Mainburg	15,0	14,8	14,9	15,0	14,90	ja

Die Ergebnisse der Kontroll- und Nachuntersuchungen werden jährlich im Juli oder August in der Hopfenrundschau veröffentlicht.

## 7.6 Analysen zum Projekt Bitterqualität

Von der Gesellschaft für Hopfenforschung wurde ein Projekt mit dem Ziel initiiert, die Bitterqualität von gängigen Hoch-alpha-Sorten zu vergleichen. Die Bitterqualität hängt sicher nicht nur von den alpha-Säuren, sondern von vielen anderen Begleitstoffen ab, die nicht genau definiert sind. Folgende Hopfensorten wurden ausgewählt: Hall. Magnum (HHMG), Hall. Taurus (HHTU), Polaris (HPLA), Hall. Herkules (HHKS), CTZ (Columbus, Tomahawk, Zeus). Die Tab. 7.7 und Tab. 7.8 zeigen die Analyseergebnisse.

Tab. 7.7: Analyseergebnisse zum Projekt „Bitterqualität“

Bezeichnung	HHMG	HHTU	HPLA	HHKS	CTZ
Ölgehalt in ml/100 g	1,70	1,45	2,45	1,25	2,20
Linalool in mg/100 g	4	23	10	6	17
Gesamtpolyphenole in %	3,31	3,57	3,73	4,46	3,50
HSI	0,272	0,350	0,325	0,330	0,392
Quercetin in ‰	0,294	0,487	0,299	0,728	1,158
Kämpferol in ‰	0,093	0,165	0,367	0,324	0,151
Summe in ‰	0,387	0,652	0,666	1,051	1,308

Tab. 7.8: Wöllmerdaten zum Projekt „Bitterqualität“

Sorte	Gesamtharz	$\alpha$ -Säuren KW	$\alpha$ -Säuren HPLC	Weichharz	Hartharz	$\beta$ - Fraktion	$\beta$ -Säuren HPLC	Xanthohumol HPLC	Wasser
HHMG	25,54	11,51	10,44	22,97	10,06	11,46	6,55	0,41	7,3
HHMG	25,56	11,58	10,61	22,99	10,05	11,41	6,64	0,42	
HHTU	25,75	13,33	11,85	22,87	11,18	9,54	3,74	1,00	7,4
HHTU	26,05	13,09	12,01	23,19	10,98	10,10	3,76	1,02	
HPLA	33,84	19,01	17,11	30,37	10,25	11,36	5,01	1,06	6,0
HPLA	33,90	19,10	17,16	30,87	8,94	11,77	5,02	1,06	
HHKS	27,59	14,99	12,84	23,79	13,77	8,80	3,73	0,98	7,4
HHKS	27,55	15,09	12,93	24,04	12,74	8,95	3,73	0,99	
CTZ	29,19	14,56	13,43	25,12	13,94	10,56	3,73	0,87	6,9
CTZ	29,33	14,65	13,6	25,22	14,01	10,57	3,78	0,88	

Gesamtharz,  $\alpha$ -Säuren KW,  $\alpha$ -Säuren HPLC, Weichharz,  $\beta$ -Säuren, Xanthohumol, Wasser in % Pellets,  
 Hartharz in % Gesamtharz,  $\beta$ -Fraktion = Weichharz –  $\alpha$ -Säuren KW

Die Abb. 7.17 zeigt die Quotienten  $\alpha$ -Säuren KW zu  $\alpha$ -Säuren HPLC. Die Größe dieser Quotienten gibt erste Hinweise auf die unspezifischen Inhaltsstoffe. Im zweiten Teil der Abbildung ist der Anteil der unspezifischen Weichharze vom Gesamtweichharz zu sehen. Insgesamt sind bei diesen analysierten Hopfen keine großen Unterschiede zu erkennen. Lediglich bei den unspezifischen Weichharzen scheint die Sorte Hall. Taurus etwas höhere Werte zu besitzen.

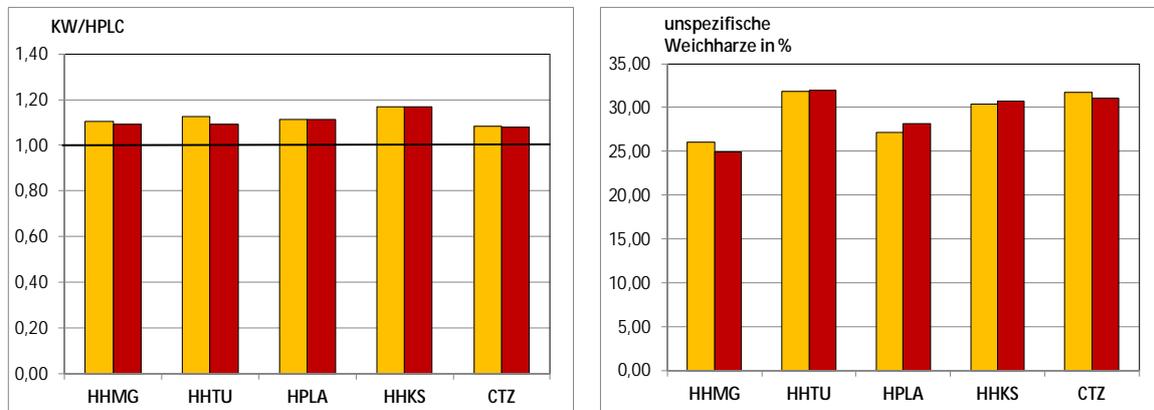


Abb. 7.17: Quotient  $\alpha$ -Säuren KW zu  $\alpha$ -Säuren HPLC und Anteil unspezifischer Weichharze am Gesamtweichharz

Mit den Hopfensorten wurden sortenreine Biere verbraut und verkostet. Die Sorten Polaris und CTZ schnitten am besten ab. Der Grund hierfür dürfte sein, dass diese beiden Sorten einen signifikant höheren Ölgehalt aufweisen als die anderen Sorten und so bei der Verkostung positiver wahrgenommen wurden.

## 7.7 Vergleich Grünhopfen – getrockneter Hopfen

Dieses Projekt wird von Tomonori Kano von Kirin bearbeitet. Das Ziel ist, die Unterschiede zwischen Grünhopfen und konventionell getrockneten Hopfen analytisch und sensorisch herauszuarbeiten. Die Tab. 7.9 zeigt die Wassergehalte und Ölgehalte. Wenn die Ölgehalte auf 10 % Wasser umgerechnet werden, ist deutlich zu sehen, dass die Ölgehalte während der Trocknung abnehmen und zwar in Abhängigkeit von der Sorte. Sorten mit höheren Ölgehalten scheinen mehr Öl zu verlieren als Sorten mit weniger Ölgehalten (Abb. 7.18).

Tab. 7.9: Wassergehalte und Ölgehalte von Grünhopfen und konventionell getrockneten Hopfen

Hopfensorte		Wassergehalt in %		Ölgehalt in ml/100g Rohhopfen		Ölgehalt in ml/100g Hopfen 10% Wasser	
		grün	getrocknet	grün	getrocknet	grün	getrocknet
Hallertauer Tradition	HTR	76,7	8,9	0,33	1,20	1,29	1,19
Saphir	SIR	76,6	8,7	0,75	2,25	2,89	2,22
Spalter Select	SSE	76,9	7,6	0,53	1,90	2,06	1,85
Callista	CAL	79,3	7,1	0,53	1,90	2,30	1,84
Hallertau Blanc	HBC	78,9	7,0	0,60	1,70	2,56	1,65
Polaris	PLA	76,0	5,6	1,73	5,15	6,49	4,91
Hallertauer Magnum	HMG	75,4	6,5	1,38	4,10	5,05	3,95
Cascade	CAS	81,5	8,8	0,54	2,15	2,63	2,12
Diamant	DNT	80,4	7,0	0,60	1,85	2,75	1,79
2011/02/04		77,4	6,7	1,17	3,15	4,66	3,04
Mandarina Bavaria	MBA	78,8	8,3	0,73	2,90	3,10	2,85
Hersbrucker Spät	HEB	79,3	7,6	0,33	1,50	1,43	1,46

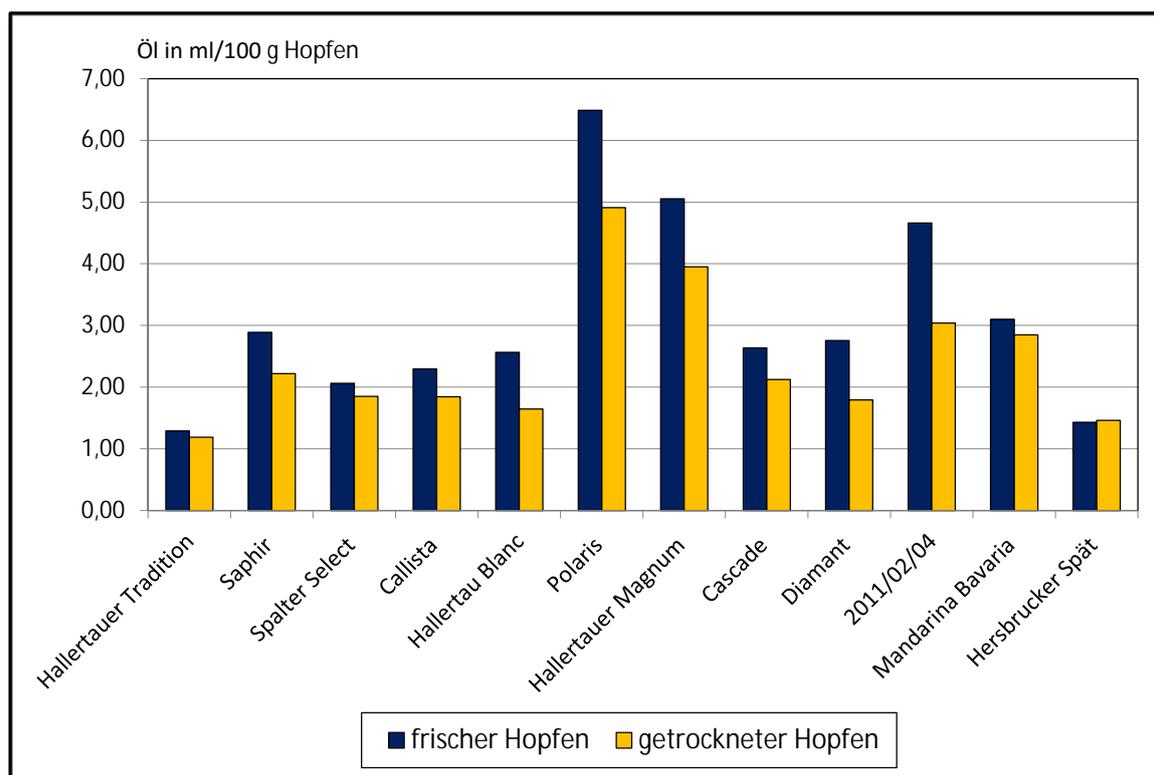


Abb. 7.18: Vergleich der Ölgehalte von Grünhopfen und konventionell getrockneter Hopfen verschiedener Hopfensorten standardisiert auf 10 % Wassergehalt

Bei den Einzelkomponenten nehmen vor allem die tiefer siedenden Verbindungen wie Myrcen ab. Die Linaloolkonzentration ändert sich kaum (Abb. 7.19)

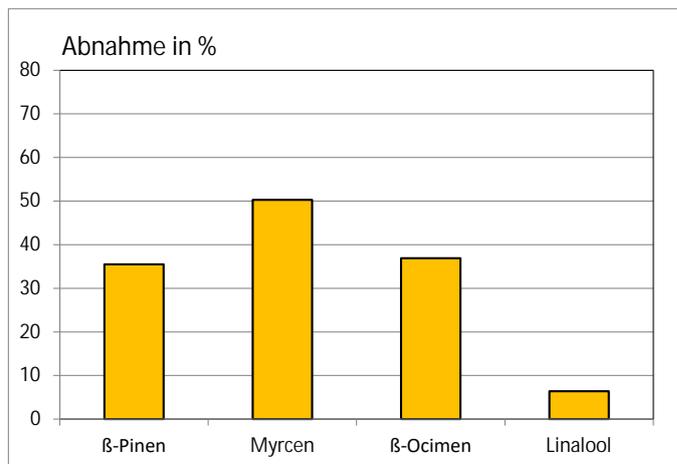


Abb. 7.19: Abnahme einzelner Ölkomponten während der Trocknung

## 7.8 Untersuchungen zu den Lupulindrüsen auf Blättern

Lupulindrüsen sind beim Hopfen zwar in den Dolden konzentriert, aber es befinden sich auch Lupulindrüsen auf fast allen Teilen der Pflanze z.B. auf den Stengeln oder Blättern. Die Abb. 7.20 zeigt ein Blatt mit deutlich sichtbaren Lupulindrüsen.



Abb. 7.20: Blattoberfläche mit deutlich sichtbaren Lupulindrüsen

Die Blattlupulindrüsen produzieren Xanthohumol und  $\beta$ -Säuren. Alpha-Säuren werden nur in Spuren gebildet. Ziel dieser Arbeiten war, herauszufinden, ob zwischen den Inhaltsstoffen der Blattlupulindrüsen und der Doldenlupulindrüsen Korrelationen bestehen. Dies könnte genutzt werden, um auch männliche Pflanzen besser als Kreuzungspartner abschätzen zu können. Die Abbildung 21 zeigt Auswertungen. Es sind zwar Tendenzen vorhanden, dass zwischen den Inhaltsstoffen der Blattlupulindrüsen und der Doldenlupulindrüsen Korrelationen vorhanden sind. Die Korrelationskoeffizienten sind jedoch sehr klein. Um diese Methode nutzen zu können, müsste das Verfahren noch besser standardisiert werden.

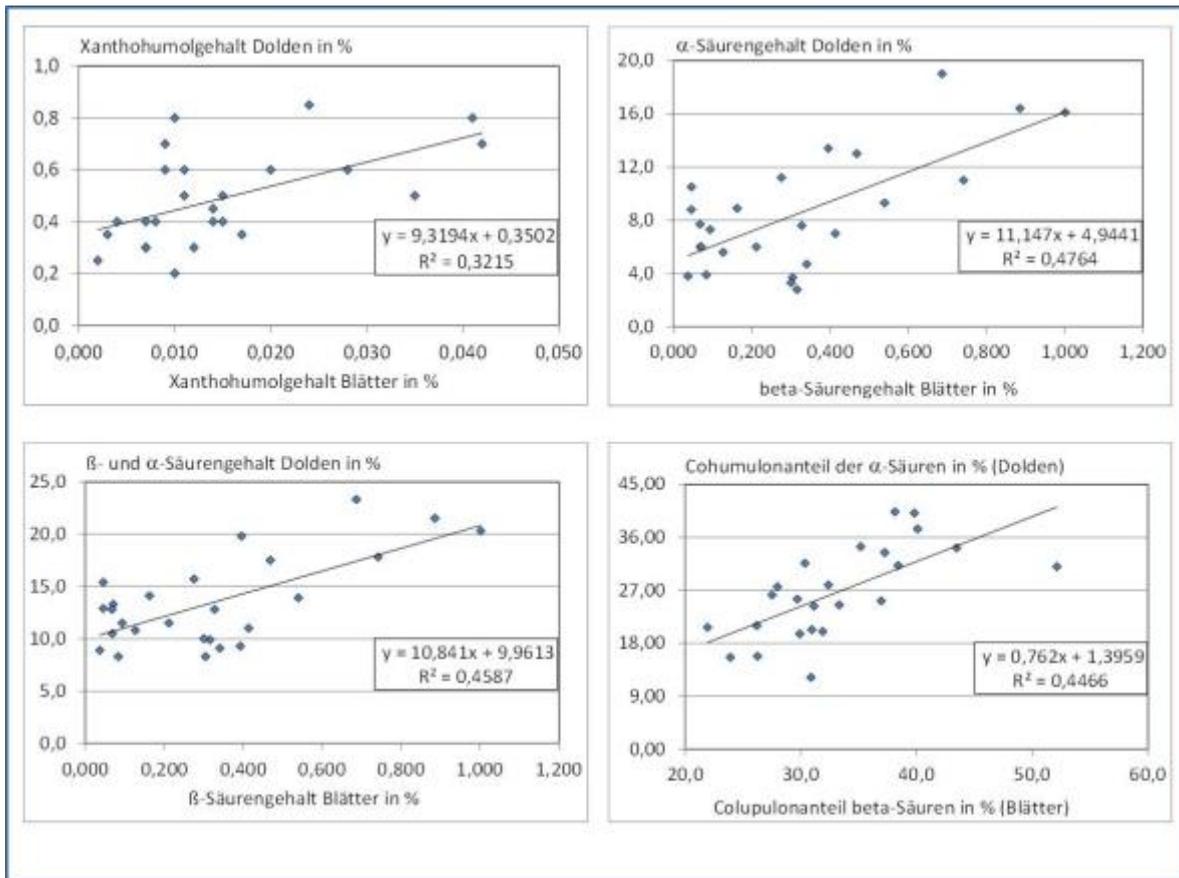


Abb. 7.21: Korrelationen zwischen den Inhaltsstoffen der Blätter und der Dolden

## 7.9 Alpha-Säuren-Stabilität der neuen Hüller Zuchtsorten gegenüber Jahrgangsschwankungen

Mittlerweile sind auch bei den neuen Hüller Zuchtsorten alpha-Säuredaten von den Jahren 2012 bis 2019 vorhanden. Die Abb. 7.22 und Abb. 7.23 zeigen Box-Plot Auswertungen der offiziellen AHA-Ergebnisse. Aus den Abbildungen ist sehr gut ersichtlich, dass die neuen Hüller Zuchtsorten gegenüber Jahrgangsschwankungen wesentlich stabiler sind als z.B. die Sorten Perle und Northern Brewer.

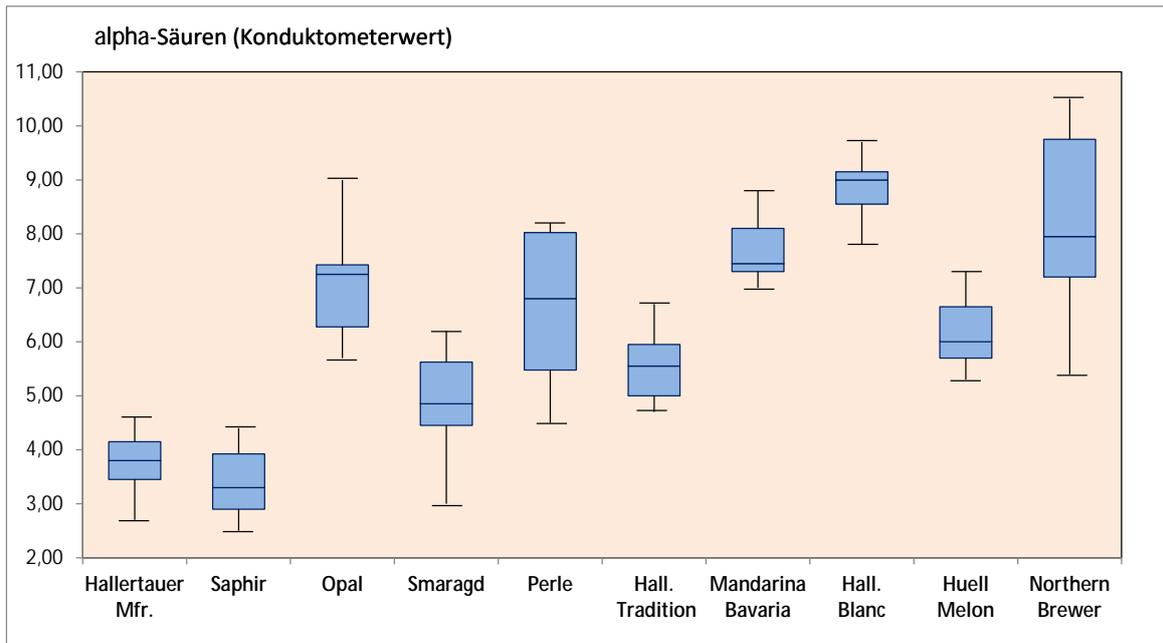


Abb. 7.22: Box-Plot Auswertung Aromasorten

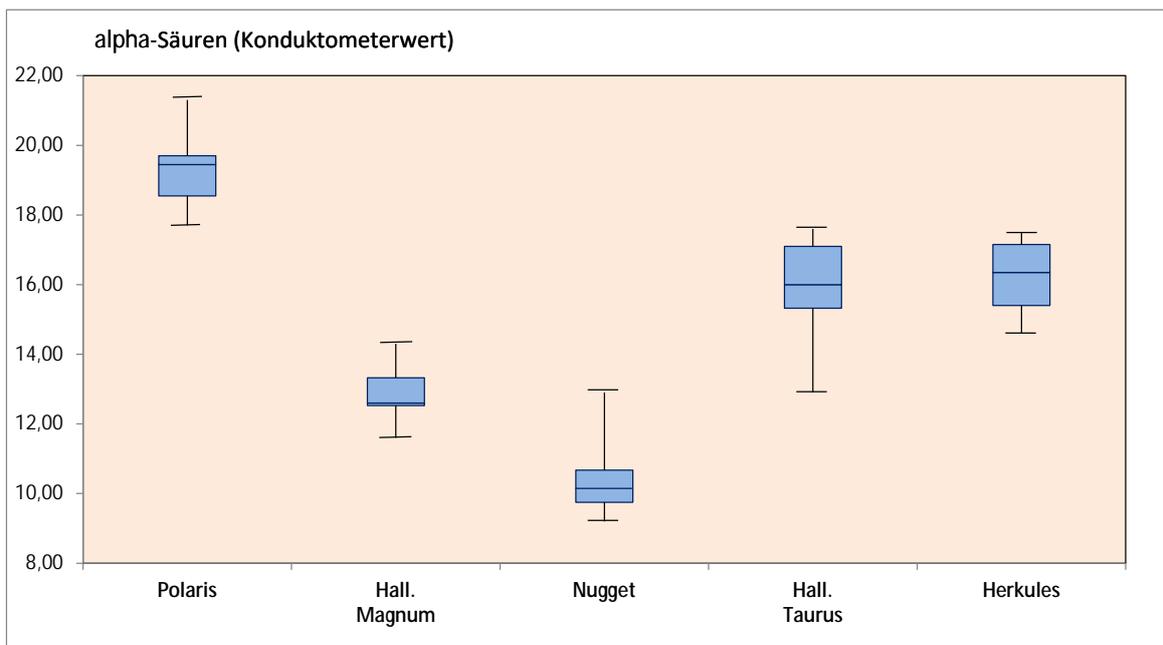


Abb. 7.23: Box-Plot Auswertung Bittersorten

## 7.10 Kontrolle der Sortenechtheit im Jahr 2019

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

Sortenüberprüfungen für die Lebensmittelüberwachungsbehörden (Landratsämter) für das Jahr 2019: 26

davon Beanstandungen: 2

## 8 Ökologische Fragen des Hopfenbaus

**Dr. Florian Weihrauch, Dipl.-Biol.**

Die Aufgabe der Arbeitsgruppe ist grundsätzlich Sammlung des Wissensstandes und angewandte Forschung zur umweltgerechten und ökologischen Hopfenproduktion. Dazu gehören Diagnose, Beobachtung und Monitoring des Auftretens tierischer Schädlinge des Hopfens und ihrer Gegenspieler mit Blick auf die fortschreitende Klimaänderung und die nachfolgende Veränderung der Biozönosen sowie Entwicklung und Evaluierung biologischer und anderer öko-tauglicher Pflanzenschutzverfahren. Die Arbeitsgruppe basiert vorwiegend auf der Einwerbung von Forschungsmitteln für ökologische Fragestellungen im Hopfenbau.

### 8.1 Minimierung des Einsatzes kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen und integrierten Hopfenbau

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
<b>Projektleitung:</b>	Dr. F. Weihrauch
<b>Bearbeitung:</b>	M. Obermaier, A. Baumgartner, M. Felsl, Dr. F. Weihrauch
<b>Kooperation:</b>	Betrieb Ludwig Gmeiner, Uttenhofen; Agrolytix GmbH, Erlangen; Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL), Frick; Boku Wien, IFA-Tulln Institut für Umweltbiotechnologie
<b>Laufzeit:</b>	01.03.2014 - 28.02.2021 (Projektverlängerung)

#### Ziel

Nach umwelt- und anwendertoxikologischer Beurteilung, u.a. durch das Umweltbundesamt, sollten kupferhaltige Pflanzenschutzmittel generell nicht mehr eingesetzt werden. Auch auf EU-Ebene wird der Wirkstoff sehr kritisch beurteilt und seine Verfügbarkeit im Pflanzenschutz (Listung auf Annex I) wurde in den vergangenen Jahren stets nur kurzfristig verlängert. Im Dezember 2018 ist eine neue Verlängerung der Zulassung von Kupfer erfolgt, wobei allerdings nur eine ‚Gnadenfrist‘ von maximal sieben Jahren bis 31. Januar 2026 ausgesprochen wurde. Während diesem Zeitraum sollen kupferhaltige Pflanzenschutzmittel vom Markt verschwinden, sobald es gleichwertige oder bessere Wirkstoffe gibt und die Mitgliedsstaaten sind deshalb verpflichtet, intensiv an Konzepten zur weiteren Reduzierung der eingesetzten Kupfermengen zu arbeiten.

Ökobetriebe praktisch aller Kulturen können derzeit allerdings immer noch nicht auf den Wirkstoff Kupfer verzichten. Zunächst wurde in einem vierjährigen, über das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖLN) installierten Versuchsprogramm von 2010 bis 2013 überprüft, wie weit die Kupfermengen im Hopfen pro Saison ohne Verluste reduziert werden können. Die im Hopfen derzeit erlaubte Aufwandmenge von 4,0 kg Cu/ha/Jahr sollte dabei zumindest um ein Viertel auf 3,0 kg Cu/ha/Jahr reduziert werden.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des ersten Projektes hat dieses Nachfolgeprojekt mittlerweile im sechsten Jahr die Aufgabe, die mittlerweile erreichten 3,0 kg Cu/ha/Jahr kritisch zu prüfen und, soweit möglich, eine weitergehende Reduzierung des Kupfereinsatzes zu untersuchen.

## Ergebnisse

Im Versuchsjahr 2019 wurden 14 Varianten angelegt, die zwei Kupfermittel (Funguran progress als zugelassenes Mittel und CuCaps als Prüfmittel) in verschiedenen Aufwandmengen und mit unterschiedlichen Mischpartnern als Synergisten, die z.T. auch als Solo-Varianten geprüft wurden. Anders als in den Vorjahren konnte durch den Umzug des Versuchs in die anfällige Sorte Herkules Unterschiede zwischen einzelnen Varianten herausgearbeitet werden. Die Ergebnisse belegen, dass v.a. mit einem neuen Pflanzenextrakt des FiBL („R2-D2“), einer Chitosan-Formulierung des IFA Tulln und dem tschechischen Produkt „Polyversum“ (ein parasitischer Bodenpilz) im ersten Jahr gute bis sehr gute Bekämpfungserfolge erzielt werden konnten. Die Versuche werden 2020 an einem neuen Standort in einer ebenfalls anfälligen Sorte wiederholt und man kann gespannt sein, ob sich diese positiven Ergebnisse reproduzieren lassen.

## 8.2 Mikroverkapselte Hopfenextrakte als neuartiges biologisches Fungizid zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus im Hopfenbau

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
<b>Finanzierung:</b>	Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V., Berlin (Wifö)
<b>Projektleitung:</b>	Dr. F. Weihrauch
<b>Bearbeitung:</b>	M. Obermaier, A. Baumgartner, M. Felsl, Dr. F. Weihrauch
<b>Kooperation:</b>	Betrieb Ludwig Gmeiner, Uttenhofen Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik (iPAT), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Agrolytix GmbH, Erlangen Hallertauer Hopfenveredelungsgesellschaft m.b.H., Mainburg
<b>Laufzeit:</b>	01.07.2016 - 31.12.2019

### Ziel

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

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

Das von der Wifö geförderte Projekt „Mikroverkapselte Hopfenextrakte als neuartiges biologisches Fungizid zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus im Hopfenbau“ wurde am 01.07.2016 begonnen, um eine nachhaltige Alternative zum umstrittenen Einsatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel bei der Bekämpfung von Falschen Mehltaupilzen (*Pseudoperonospora humuli*) im Hopfenbau zu finden. Die ursprüngliche Laufzeit des Forschungsvorhabens endete am 31.12.2018.

Im Projektantrag wurde beschrieben, wie mit dem Verfahren der Sprüherstarrung Hopfenextrakt-Mikrokapseln entwickelt werden sollten, um so ein praxistaugliches Pflanzenschutzmittel in Pulverform („HopCaps“) anbieten zu können. Als entscheidende Eigenschaften des Pulvers wurden u.a. Rieselfähigkeit, Suspensionsstabilität, Partikelgrößenverteilung, Freisetzung der Wirkstoffe in Wasser und das Haftverhalten am Blatt benannt, welche sowohl die Anwendbarkeit als auch die biologische Wirksamkeit des Pflanzenschutzmittels bestimmen. Parallel dazu sollten die Mikrokapseln im Freiland auf ihre biologische Wirksamkeit bei der Peronospora-Bekämpfung sowie ihre Tauglichkeit beim Einsatz in der Praxis überprüft werden.

Die Arbeitspakete waren so aufgeteilt, dass am Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik (iPAT) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg die Entwicklung der Kapselprototypen erfolgte. Die biologische Wirksamkeit der Prototypen wurde vom Hopfenforschungszentrum der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Hüll untersucht und bewertet. Da nach der ursprünglich zweijährigen Laufzeit des Freilandteils des Forschungsvorhabens noch Restmittel vorhanden waren, wurde seitens der Wifö einer kostenneutralen Projektverlängerung bis zum 31.12.2019 zugestimmt. Mangels Befalls waren die ersten beiden Projektjahre leider ohne Ergebnis geblieben und ein drittes Versuchsjahr im Freiland sollte diese Lücke schließen.

### **Versuche zur biologischen Wirksamkeit unter Praxisbedingungen**

Zur Prüfung der biologischen Wirksamkeit wurden die Hopfenextrakt-Kapseln im Rahmen eines dreijährigen Freilandversuchs in jeweils einem ökologisch bewirtschafteten Versuchshopfengarten in der Hallertau ausgebracht. In den Jahren 2017 und 2018 war der Standort ein Naturland-Betrieb in Schweinbach in der nördlichen Hallertau. Als Versuchsfeld wurde ein Hopfengarten der Peronospora-toleranten Sorte ‚Hallertauer Tradition‘ festgelegt. Im Jahr 2019 wurde der Versuch in einem Umstellungsbetrieb in Uttenhofen bei Pfaffenhofen a.d. Ilm durchgeführt. Als Versuchsfeld diente diesmal ein Hopfengarten der anfälligen Hochalphasorte ‚Herkules‘.

In allen drei Versuchsjahren wurden im Zuge des Projektes fünf unterschiedliche Varianten verglichen, die im Versuchsgarten in je zwei Großparzellen (2017-2018: 590 m<sup>2</sup>, 2019: 540 m<sup>2</sup>) behandelt wurden. Die beiden Parzellen jedes Versuchsglieds wurden dann als unechte Wiederholungen je zweimal bonitiert, um so mit vier Wiederholungen pro Versuchsglied statistisch aussagekräftige Ergebnisse erzielen zu können. Die fünf Varianten mit dem jeweiligen Reinkupfer-Aufwand waren:

<b>Versuchsglied</b>	<b>Reinkupfer [kg Cu ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>
Unbehandelte Kontrolle	0,0
Funguran progress (Vergleichsmittel)	3,0
CuCaps solo	2,0
CuCaps plus HopCaps	2,0
CuCaps plus HopCaps	1,0

Alle Prüfungen erfolgten parallel zu Tests weiterer Niedrigkupfer-Varianten mit Biologika und ähnlichen Mitteln. Die Spritzungen wurden bereits im Vorfeld auf sechs Behandlungen pro Vegetationsperiode festgelegt und berechnet, da dies dem praxisüblichen Vorgehen entspricht.

Gewählt wurde in jedem Jahr die jeweils beste, vom Kooperationspartner iPAT festgelegte Variante der HopCaps, die in Kombination mit verkapseltem Kupfer mit einer Aufwandmenge von 1 kg/ha pro Jahr gesprüht wurde. Dadurch sollte ein Vergleich mit anderen kupferfreien Mitteln ermöglicht werden, welche ebenfalls in Kombination mit Kupfer gesprüht wurden. Die Hopfenextrakt-Kapseln ließen sich mit einem praxisüblichen Gebläsesprayer (Nobili-Gebläsesprayer Euro 105/2000, mit Dosiercomputer UNI-Control und Tankmeter-Durchflussmesser Polmac 2 von Müller-Elektronik, mit Turbodrop-Düsen bestückt) ohne Komplikationen ausbringen. Derselbe Gebläsesprayer wurde auch für alle übrigen Applikationen verwendet. Die Spritzungen wurden jedes Versuchsjahr per Werkvertrag durch einen Versuchstechniker durchgeführt. Alle sechs Applikationen in den drei Versuchsjahren wurden mit angepasster Wassermenge und entsprechend gesplittetem Mittelaufwand durchgeführt.

### 8.2.1 Ergebnisse

Aufgrund der trockenen und heißen Witterungsbedingungen des Jahres 2017 trat in keiner der Versuchspartellen einschließlich der unbehandelten Kontrolle nennenswerter Befall mit Falschem Mehltau auf, weshalb auf eine graphische Darstellung verzichtet wird. Noch extremer stellten sich die Verhältnisse im Jahr 2018 dar. In dem ökologisch bewirtschafteten Garten bauten sich ab dem Frühjahr Schäden auf, die von Hopfen-Erdfloh, Hopfenblattlaus, Gemeiner Spinnmilbe und Echtem Mehltau verursacht wurden – lediglich Peronospora-Befall war nicht erkenntlich (Abb. 8.1).



*Abb. 8.1: Blick von der Hopfenkanzel auf den Versuchsgarten Schweinbach im Jahr 2018. Der ökologisch bewirtschaftete Garten zeigte starke Schäden, die von Hopfen-Erdfloh, Hopfenblattlaus, Gemeiner Spinnmilbe und Echtem Mehltau verursacht wurden – lediglich Peronospora-Befall war nicht erkenntlich.*

Der Wechsel im Jahr 2019 in einen Hopfengarten der anfälligen Sorte ‚Herkules‘ brachte schließlich die erhofften Ergebnisse. Nachdem bei der ersten Bonitur am 07.08.2019 (Blatt- und Blütenbefall) praktisch noch kaum Befall mit Peronospora zu verzeichnen war, begann der Doldenbefall mit dem Ansteigen der Zoosporangienzahlen sich ab Anfang September deutlich zu differenzieren (Abb. 8.2, Abb. 8.3).

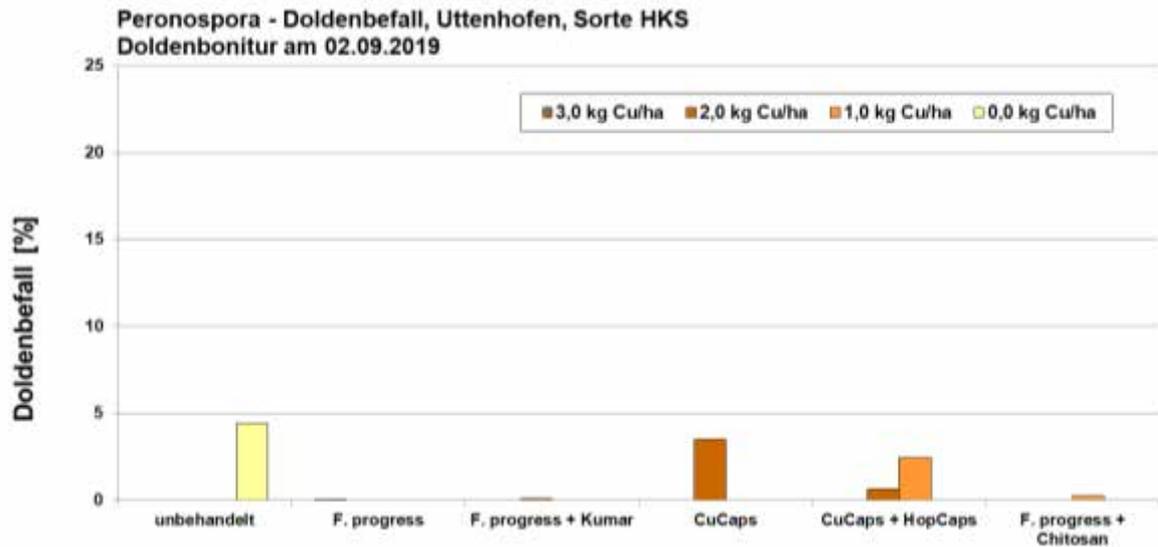


Abb. 8.2: Ergebnisse der Doldenbonitur Anfang September 2019. Bei Kumar handelt es sich um ein zugelassenes, ökotaugliches Fungizid und bei Chitosan um einen ökotauglichen Grundstoff.

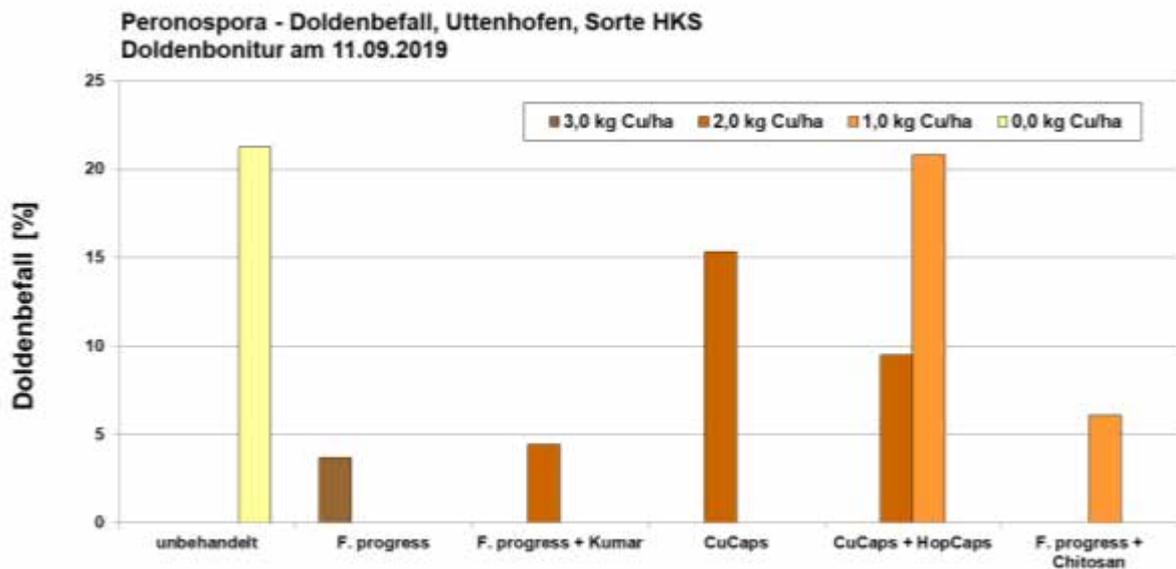


Abb. 8.3: Ergebnisse der Doldenbonitur einen Tag vor der Ernte 2019. Bei Kumar handelt es sich um ein zugelassenes, ökotaugliches Fungizid und bei Chitosan um einen ökotauglichen Grundstoff.

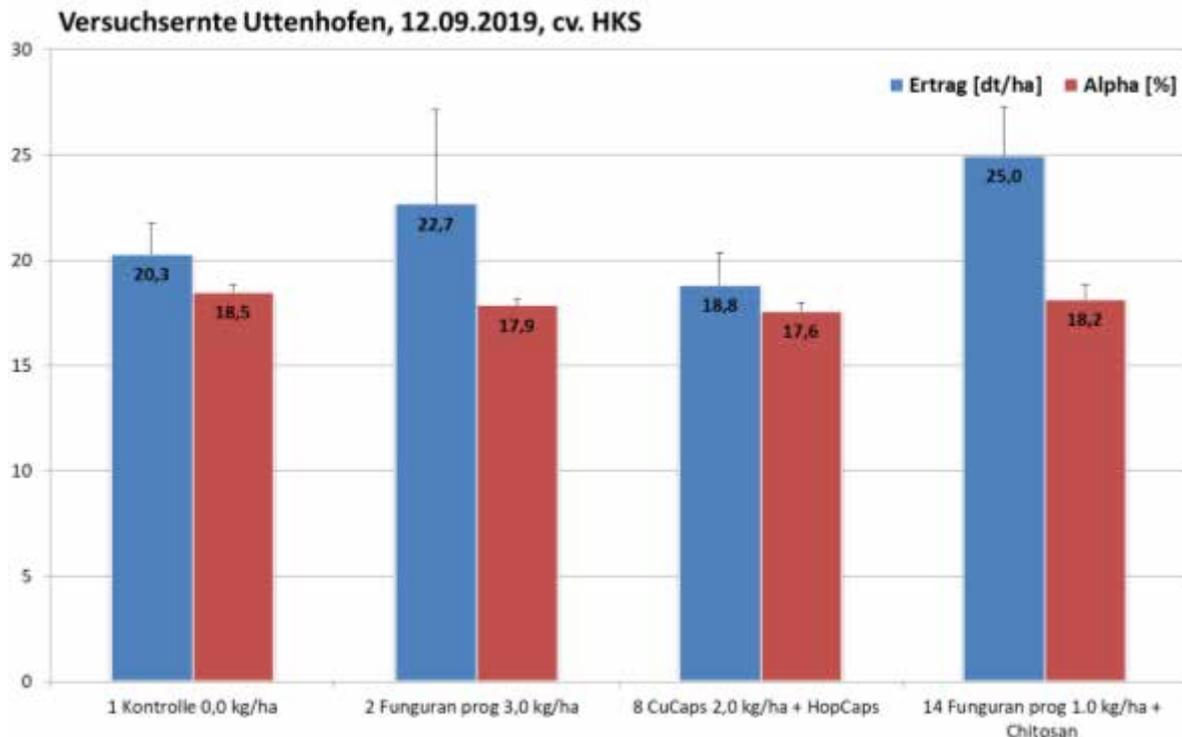


Abb. 8.4: Ergebnisse der Versuchsernte 2019 in Uttenhofen. Weder beim Ertrag noch beim Gehalt an Alpha-Säuren konnten irgendwelche signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten ermittelt werden.

Verglichen mit dem prozentualen Doldenbefall in der unbehandelten Kontrolle (21,3 %) und beim Vergleichsmittel Funguran progress (3,7 %) schnitt die Kombination aus CuCaps und HopCaps in der 2 kg-Variante mit 9,5 % relativ gut ab und war deutlich besser als die 2 kg-Variante der CuCaps ohne HopCaps (15,4 %). In der 1 kg-Variante war die Kombination aus CuCaps und HopCaps mit 20,8 % allerdings kaum besser als die unbehandelte Kontrolle, während in den Parallelversuchen 2019 andere Synergisten wie z.B. Chitosan mit 1 kg Kupfer (6,1 %) deutlich besser abschnitten. In einer anderen 2 kg-Variante ergab die Kombination mit Kumar (Kaliumhydrogencarbonat) mit 4,5 % fast das Niveau des Vergleichsmittels (Abb. 8.3).

Bemerkenswert ist allerdings, dass wie 2017 der unterschiedliche Befall wiederum keinen signifikanten Einfluss auf die Erträge oder den Gehalt an Alpha-Säuren hatte (Abb. 8.4).

### Diskussion und identifizierte Probleme

Grundsätzlich sind die HopCaps als gut wirksamer Synergist zu einem Niedrigkupfer-einsatz zu bewerten und sie weisen definitiv fungizide Eigenschaften auf, wie es auch in den Laborexperimenten am iPAT belegt wurde. In unseren Freilandversuchen wurden die HopCaps ebenfalls auf ihre biologische Wirksamkeit geprüft und sie konnten bei kombiniertem Einsatz die Effizienz des Kupfer-Fungizids ‚CuCaps‘ etwa um 60 % steigern. Die in Relation zum Vergleichsmittel ‚Funguran progress‘ (Kupferhydroxid) nicht überzeugende Effizienz der CuCaps in den Versuchen des Jahres 2019 ist damit zu erklären, dass aus zulassungsrechtlichen Gründen die in den Vorjahren bewährte Formulierung von Kupfer(II)-sulfat-Pentahydrat in den Fettkapseln nicht mehr möglich war.

Stattdessen musste hier ebenfalls auf eine Kupferhydroxid-Formulierung zurückgegriffen werden, was zu einer geringeren Freisetzungsrates der fungizid wirksamen  $\text{Cu}^{2+}$ -Ionen führte (S. Schwab, Agrolitix, pers. Mitt.).

Im Hinblick auf praktische Aspekte bei der Applikation der HopCaps wurde die Spritzfähigkeit nach ersten Kinderkrankheiten – insbesondere, was das Verklumpen in Kombination mit Kupferprodukten betrifft – durch den Hersteller im Laufe der Zeit deutlich verbessert und es kam nur noch in Ausnahmefällen zu Problemen mit verklebten Filtern in der Gebläsespritze. Dennoch war es weiterhin nötig, die HopCaps vor dem Befüllen der Spritze in einem Kübel mit einigen Litern Wasser mit einem über eine Bohrmaschine betriebenen Quirl bereits in Lösung zu bringen (Abb. 8.5). Das direkte Befüllen des HopCaps-Pulvers über die Einspülschleuse der Spritze führte immer noch zu Verklumpungen und es musste dann stets per Hand nachgearbeitet werden, um die Kapseln tatsächlich in den Tank der Gebläsespritze zu bekommen (Abb. 8.6). Hier bestehen definitiv noch große Defizite in der Praxistauglichkeit der Kapseln, da kein Landwirt derartige zeitraubende Vorarbeiten akzeptieren wird. Es gilt außerdem zu beachten, dass die in der Praxis benötigte Menge an HopCaps relativ groß sein würde und je nach BBCH etwa zwischen 15 und 25 kg pro Hektar liegt, die erst in Lösung gebracht werden müssten.

Neben der beschriebenen Problematik bei der praktischen Handhabbarkeit der HopCaps muss abschließend auch bemerkt werden, dass wir 2019 andere Synergisten zum Niedrigkupfereinsatz (Chitosan, Polyversum sowie einen Pflanzenextrakt) prüfen konnten, die in diesem Jahr überzeugendere Ergebnisse liefern konnten als die HopCaps. Diese einjährigen Ergebnisse müssen natürlich noch weiter abgesichert und verifiziert werden, doch zumindest beim Handling hatten diese Prüfprodukte Vorteile gegenüber den HopCaps.



Abb. 8.5: Bei Applikation der HopCaps im Freiland war ein ‚Aufmischen‘ des Pulvers in einigen Litern Wasser im Vorfeld immer noch nötig, um Verklumpungen beim Befüllen der Spritze zu vermeiden.



Abb. 8.6: In der Einspülschleuse der Hopfenspritze führte das direkte Befüllen mit Hop-Caps ohne vorheriges Anrühren in Wasser weiterhin zu Klumpenbildung.

### 8.3 Weiterentwicklung kulturspezifischer Strategien für den ökologischen Pflanzenschutz mit Hilfe von Sparten-Netzwerken – Sparte Hopfen

<b>Träger:</b>	Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW e.V.) und Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
<b>Finanzierung:</b>	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) über Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN-Projekt 2815OE095)
<b>Projektleitung:</b>	Dr. F. Weihrauch
<b>Bearbeitung:</b>	Dr. F. Weihrauch, M. Obermaier
<b>Kooperation:</b>	Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW e.V.)
<b>Laufzeit:</b>	15.08.2017-14.08.2020

#### Vorgehensweise und Ziel

Das gesamte Forschungsvorhaben hat den Aufbau von sechs Kulturnetzwerken (Ackerbau, Gemüse, Hopfen, Kartoffel, Obst und Weinbau) zum Thema Pflanzengesundheit im Ökologischen Landbau zum Ziel, wobei jeweils Spartenkoordinatoren als zentrale Ansprechpartner dienen. Die Gesamtkoordination liegt in den Händen des BÖLW, die Sparte Hopfen wird von IPZ 5e in Hüll koordiniert.

Zu den Aufgaben des Koordinators gehört der Aufbau des Kulturnetzwerks als eine stabile Gruppe von Praxisbetrieben, die Beratung von Betrieben, die an einer Umstellung interessiert sind, die Erfassung von Fragestellungen zur Pflanzengesundheit in der jeweiligen Kultur, die Erfassung und Verbreitung von Innovationen und Forschungsbedarf sowie die Formulierung von Pflanzengesundheits-Strategien für jede Kultur. Innerhalb des Netzwerkes Öko-Hopfen erfolgt die Kommunikation vorwiegend über zwei bis drei Treffen der Akteure pro Jahr, darunter einem speziellen Workshop für alle Betriebe. Der Austausch zwischen den Kulturnetzwerken und der Gesamtkoordination erfolgt ebenfalls über einen Workshop pro Jahr.

Die wichtigsten Veranstaltungen 2019 aus Sicht der Sparte Hopfen waren dementsprechend der Hopfenbautag im Rahmen der Bioland-Woche in Ploster Plankstetten (05.02.2019), die Sommerexkursion des Arbeitskreises Ökohopfen in den Raum Hersbruck, mit insgesamt 80 interessierten Teilnehmern auch aus dem konventionellen Hopfenbau (24.07.2019), das Netzwerktreffen mit dem BÖLW in Kassel (15.10.2019) und insbesondere der ‚Runde Tisch zu aktuellen Problemen des Pflanzenschutzes im Öko-Hopfenbau‘ in Hüll am 25.11.2019.

Hauptziel des Forschungsvorhabens soll sein, eher Managementstrategien zu verfolgen und sich weniger auf die Inputs phytomedizinisch wirksamer Substanzen in das Kultursystem zu verlassen. Die Erwartungen von BLE bzw. BMEL als Auftraggeber sind in den Bereichen Fortschritte und Innovationen angesiedelt, d.h. idealerweise die Entwicklung neuer Management- bzw. Anbausysteme und ein schlüssiges Arbeitsprogramm als Ergebnis des Gesamtprojektes.

## **8.4 Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau: Was ist überhaupt möglich?**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
<b>Finanzierung:</b>	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
<b>Projektleitung:</b>	Dr. F. Weihrauch
<b>Bearbeitung:</b>	Dr. F. Weihrauch, M. Obermaier
<b>Kooperation:</b>	TU München, Lehrstuhl für terrestrische Ökologie (Prof. Weisser)
<b>Laufzeit:</b>	01.03.2018 - 30.09.2020 (Projektverlängerung)

### **Ziel und Hintergrund**

Der Begriff Biodiversität ist in aller Munde und 2019 und 2020 wurden von der Bayerischen Staatsregierung zu ‚Jahren der Biodiversität‘ erklärt. Bereits Anfang 2018 hat die EG HVG zusammen mit der LfL damit begonnen, Maßnahme zum Stopp des Artenschwundes und zur Förderung der Artenvielfalt in der Kultur Hopfen einzuleiten. Dazu gehört beispielsweise die Evaluierung von möglichen Maßnahmen zur Förderung der Artenvielfalt in und um Hopfengärten, die Erstellung eines Arbeitskonzeptes, die Formulierung und Bearbeitung von Einzelthemen, der Anstoß sowie die Beantragung von Folgeprojekten und die Moderation des Umsetzungsprozesses in die Hopfenbaupraxis.

## Vorgehensweise

Erster Schritt war der Aufbau eines kooperierenden Netzwerks möglichst vieler betroffener Verbände, Organisationen und Einrichtungen, um gemeinsam zu einer konstruktiven Herangehensweise und Lösungen zu kommen. Mit eingebunden wurden neben der LfL und der TUM beispielsweise der BBV, das AELF Pfaffenhofen (Fachzentrum Agrarökologie), der LBV, die IGN Niederlauterbach und alle Organisationen im Haus des Hopfens.

Der Reigen einzuleitender Maßnahmen umfasst beispielsweise den Verzicht auf Nutzung marginaler, unproduktiver (z.B. ‚Spitz‘) oder kritischer Flächen (v.a. in direkter Gewässernähe); die Eingewichtung bereits vorhandener, landschaftsprägender Kleinstrukturen (z.B. Feldraine, Ranken) zur gezielten ökologischen Aufwertung; die Schaffung von Pufferstreifen zu Gewässern, von Saumstrukturen und von Blühstreifen oder Blühflächen; die Umwidmung von ‚Eh-da-Flächen‘ (z.B. Wegränder, Straßenböschungen, Bahndämme, ungenutzte Zwickel); die Etablierung mehrjähriger Stilllegungsflächen; den Erhalt bzw. die Schaffung von Rohbodenflächen (z.B. Abbruchkanten). Grundsätzlich ist es nicht das Ziel, die Produktivität oder die produktiven Flächen zu beeinträchtigen.

Als konkretes Teilprojekt wurde 2019 im Rahmen einer Masterarbeit an der TUM untersucht, ob es zwischen biologisch und konventionell bewirtschafteten Hopfengärten qualitative oder quantitative Unterschiede in der Besiedelung durch Insekten gibt. Die Auswertung wurde erst 2020 abgeschlossen.

## 8.5 Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbau-Praxis über Untersaaten

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
<b>Finanzierung:</b>	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN-Projekt 2815NA131) Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH) e.V.
<b>Projektleiter:</b>	Dr. F. Weihrauch
<b>Bearbeitung:</b>	M. Obermaier
<b>Kooperation:</b>	Praxisbetriebe aus dem ökologischen und integrierten Hopfenbau
<b>Laufzeit:</b>	01.05.2018 – 30.04.2021

### Ziel

Durch die Einsatz geeigneter winterharter Untersaaten in den Fahrgassen soll versucht werden ein Refugium für die Überwinterung von Raubmilben im Hopfengarten zu schaffen. Von diesem Refugium aus können ab dem Frühjahr erneut die Hopfenpflanzen besiedelt werden. So soll eine dauerhafte Etablierung der Raubmilben im Hopfen ermöglicht werden, die eine funktionierende, nachhaltige und wirtschaftliche Methode zur Spinnmilbenkontrolle im ökologischen Pflanzenschutz sowie einen essentiellen Baustein des integrierten Pflanzenschutzes darstellt.

## Ergebnisse

Die Gemeine Spinnmilbe *Tetranychus urticae* ist einer der Hauptschädlinge des Kulturhopsens und ein Befall kann zu starken Ertrags- und Qualitätseinbußen bis hin zum Totalausfall führen. Vor allem im ökologischen Hopfenbau ist die Möglichkeit eines effektiven, nachhaltigen, biologischen Spinnmilbenmanagements wichtig, um eine Alternative zum vorbeugenden Einsatz von Molke und Schwefel zu bieten, da diese Methoden vorhandene Nützlinge gefährden. Aufgrund aktueller Diskussionen über Pflanzenschutzmittelzulassungen, Umweltbelastung und Bienengefährdung durch Pflanzenschutzmitteleinsatz in der Landwirtschaft wird eine wirksame biologische Bekämpfung der Gemeinen Spinnmilbe im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes allerdings auch für konventionell bewirtschaftete Betriebe zunehmend interessant. Der Blick in andere Sonderkulturen zeigt, dass im deutschen Obst- und Weinbau mittels etablierter Populationen von Raubmilben ein erfolgreiches Spinnmilbenmanagement ohne Akarizide möglich ist.

Hauptziel ist die Etablierung der autochthonen Raubmilbenart *Typhlodromus pyri*. Diese Raubmilbe ist eine im deutschen Wein- und Obstbau verbreitete, heimische Art, die in der Lage ist, verschiedene Schadmilbenarten (Spinnmilben, Kräuselmilben, Pockenmilben) wie auch Gräserpollen als Nahrungsquelle zu nutzen. Durch diese geringe Spezialisierung bzw. durch die Nutzung alternativer Nahrungsquellen kann *T. pyri* langfristig stabile Populationen aufbauen. Die dauerhafte Ansiedelung von *T. pyri* soll eine kontinuierliche Spinnmilbenminderung bewirken, die einen schädigenden Befall des Hopfens weitgehend verhindert.



Abb. 8.7: Frostrutenstück aus einem Weinberg mit Raubmilbenbesatz (*T. pyri*) zum "Animpfen" des Hopfengartens in der Aufleitung platziert



Abb. 8.8: Bohnenblatt mit Raubmilbenmix in der Hopfenaufleitung

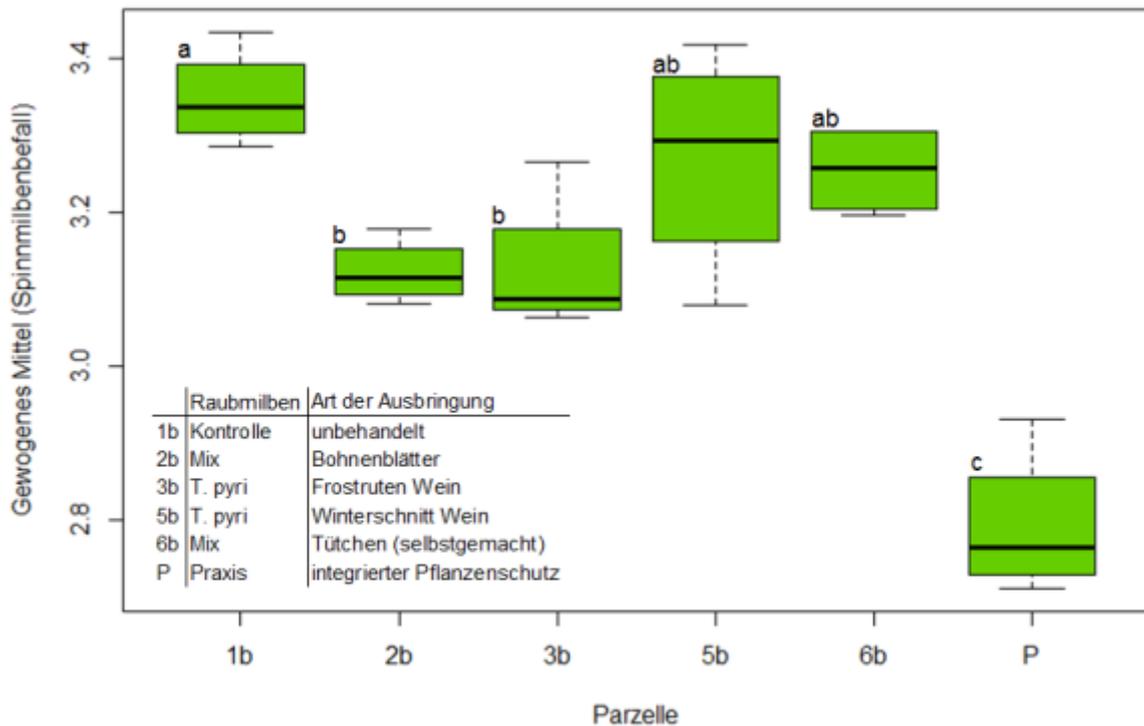
Zusätzlich soll der Einsatz von gezüchteten allochthonen, das heißt nicht heimischen, Raubmilben optimiert werden, welche bei zu befürchtendem extremem Auftreten der Gemeinen Spinnmilbe ergänzend eingesetzt werden können. Im Versuch wird ein Mix aus *Phytoseiulus persimilis* und *Neoseiulus californicus* verwendet. Diese Mischung aus zwei Raubmilbenarten hat in vorangegangenen Versuchen erfolgversprechende Ergebnisse gezeigt; nun sollen Fragen zur bestmöglichen Methode, Zeitpunkt und Aufwandmenge geklärt werden.

Als winterharte Untersaat wird einerseits Rohrschwengel *Festuca arundinacea* verwendet, andererseits wird eine Grünlandmischung eingesetzt, die unter anderem die Gräser Wiesenfuchsschwanz *Alopecurus pratensis*, Wiesenrispe *Poa pratensis* und Wiesen-schwengel *Festuca pratensis* enthält. Hintergrund dieser Auswahl ist die Fähigkeit der Raubmilben, sich zeitweise alternativ von Gräserpollen zu ernähren. Auf diese Weise soll das Überleben der Raubmilben im Frühjahr zwischen der winterlichen Ruhephase und dem Beginn des Spinnmilbenbefalls im Hopfen sichergestellt werden. Des Weiteren sollen diese Untersaaten das Mikroklima im Hopfengarten ganzjährig positiv zugunsten der Raubmilben beeinflussen.

Ein zusätzliches Versuchselement ist die Pflanzung von Erdbeerpflanzen als holzige Pflanzen, angelehnt an die Bedingungen im Wein- und Obstbau, zur Überwinterung der Raubmilben zwischen den Bifängen eines Hopfengartens anstelle einer Untersaat.

Im zweiten Projektjahr konnte nur auf einem der fünf Versuchsstandorte ein nennenswerter Spinnmilbenbefall festgestellt werden. Auf den vier anderen Flächen stieg der Spinnmilbendruck erst kurz vor der Ernte an, sodass kein relevanter Schaden mehr entstand, aber auch keine Auswirkungen des Raubmilbeneinsatzes untersucht werden konnten. Am Standort Oberulrain hingegen zeigten sich durch den hohen Spinnmilbendruck Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten: Bei den Blattbonituren (Auszählung der Spinnmilben/-eier pro Blatt) zeigten sich zwar noch keine signifikanten Unterschiede, aber Tendenzen. Durch die Versuchsernte repräsentativer Parzellen stellte sich heraus, dass die mit Akariziden praxisüblich behandelte Parzelle signifikant weniger geschädigt war, als alle anderen Versuchsparzellen. Zwei der Raubmilbenvarianten weisen signifikant geringere Doldenschädigung aus als die unbehandelte Kontrollvarinate. Dabei handelt es sich zum einen um die Variante, in der im Frühjahr die frisch aus dem Weinberg entnommenen Frostruten mit Raubmilbenbesatz in den jungen Aufleitungen verteilt worden waren. Desweiteren konnte der Raubmilbenmix aus *P. persimilis* und *N. californicus*, ausgebracht auf Bohnenblättern, den Schaden durch die Gemeine Spinnmilbe an den Dolden im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle signifikant senken. Im Vergleich dazu konnten die beim Winterschnitt aus dem Weinberg geholten Raubmilben weniger überzeugen, ebenso der zugekaufte Raubmilbenmix als Streuware. Dieser wurde im zweiten Projektjahr in Tütchen verpackt, aus denen die Raubmilben in den Hopfen auswandern sollten, nachdem die Ausbringung der Streuware mittels Mini Air Bug im Vorjahr nicht überzeugen konnte.

### Doldenbonitur Oberulrain 2019



$$\frac{1 \times n \text{ gesunde Dolden} + \text{befallene Dolden} (2 \times n \text{ schwach} + 3 \times n \text{ mittel} + 4 \times n \text{ stark})}{\text{Dolden gesamt}}$$

= gewogenes Mittel

Abb. 8.9: Gewogenes Mittel aus der Intensität des Spinnmilbenbefalls der Doldenbonitur (4.500 Dolden je Variante). Vergleich von unbehandelter Kontrolle (1b) mit vier Raubmilbenvarianten (2b, 3b, 5b und 6b) und einer Praxis-Parzelle (P). 1b weist eine signifikant höhere Schädigung der Dolden auf als 2b und 3b. Die Doldenschädigung war in der Praxis-Parzelle signifikant geringer als in den übrigen Versuchsgliedern.

## 9 Veröffentlichungen und Fachinformationen

### 9.1 Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit

	Anzahl		Anzahl
Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge	52	Führungen	43
LfL-Schriften	2	Ausstellungen und Poster	7
Fachinformationen	12	Gutachten und -Stellungnahmen	10
Beiträge in Rundfunk und Fernsehen	2	Praktika	9
Internetbeiträge	1	Mitarbeit in Arbeitsgruppen	38
Durchgeführte interne Veranstaltungen	5	Besuchte Seminare, Fachtagungen, Workshops	2
Tagungen, Fachveranstaltungen und Seminare	12	Vorträge	149

### 9.2 Veröffentlichungen

#### 9.2.1 Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge

Euringer, S. (2019): Hopfen 2018 - Grünes Heft - Pflanzenschutz, 2019, Hrsg.: LfL

Fuß, S. (2019): Pflanzenstandsbericht August 2019. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 9, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 330

Fuß, S. (2019): Pflanzenstandsbericht Juni 2019. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 7, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 245

Fuß, S. (2019): Pflanzenstandsbericht Mai 2019. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 6, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 207

Fuß, S. (2019): Pflanzenstandsbericht. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 5, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 172

Hagemann, M.H., Tarudji, T.T.; Winterhagen, P.; Lutz, A.; Seigner, E.; Weber, G.; Wünsche, J.N. (2019): Aufklärung der Genstruktur der Prenyltransferasen aus dem Bittersäurebiosyntheseweg der Hopfenpflanze. DGG-Proceedings, Hrsg.: Deutsche Gartenbauwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Kammhuber, K (2019): Ergebnisse von Kontroll- und Nachuntersuchungen für Alphaverträge der Ernte 2018. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 8, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer e. V, 282-284

Kammhuber, K (2019): Änderungen bei der Durchführung von Nachuntersuchungen für die Ernte 2019. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 9, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer e. V, 337

- Lutz, A. und Seigner, E., Kneidl, J.; Ismann, D. (2019): Die neuen Hüller Zuchtsorten trotzen dem Extremjahr 2018 - sie glänzen mit Klimatoleranz und Brauvielfalt. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang - 04, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 140 - 143
- Lutz, A.; Seigner, E., Ehrmaier, H.; Kneidl, J.; Ismann, D.; Kammlhuber, K. (2019): Diamant - die neue hochfeine Hüller Aromasorte der Spitzenklasse steht am Start. Hopfen-Rundschau, 10 Oktober 2019, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer, 357 - 357
- Lutz, K., Euringer, S.; Seigner, E.; von Tucher, S. (2019): Effect of lethal hop wilt strains (*Verticillium nonalfalfae*) and different nitrogen fertilizer levels on the indicator plant eggplant (*Solanum melongena* L.). Tagungsband der Wissenschaftlich-Technischen Kommission, Tagungsband der Wissenschaftlich-Technischen Kommission, Hrsg.: Scientific-Technical Commission, 42 - 44
- Münsterer, J. (2019): Optimale Konditionierung von Hopfen. Hopfenrundschau International, Jahresausgabe 2019/2020, Hopfen-Rundschau international, Hrsg.: Verband deutscher Hopfenpflanzer, 48 - 52
- Münsterer, J. (2019): Pflanzenstandsbericht Juli 2019. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 8, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 281
- Münsterer, J., Raith, L. (2019): "In der obersten Lage wird der Hopfen getrocknet!". Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 9, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 326 - 327
- Obermaier, M. (2019): Establishment of predatory mites on undersown crops in hop cultivation. Entomologenatung 2019 in Halle (Saale), Programm und Zusammenfassungen, Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, 51 - 51
- Obermaier, M., Weihrauch, F. (2019): Establishment of predatory mites on undersown crops in hop cultivation. DGaaE-Nachrichten, 33(2), Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie e.V., 75 - 76
- Portner, J. (2019): Ermittlung des Stickstoffbedarfs für Hopfen in Bayern. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 4, Hrsg.: Verband Dt. Hopfenpflanzer, 122
- Portner, J. (2019): Hop Stunt Viroid- und Zitrusviroid-Monitoring. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 5, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 176
- Portner, J. (2019): Hopfen 2019, 02.04.2019, Hrsg.: LfL
- Portner, J. (2019): Integrierter Pflanzenschutz im bayerischen Hopfenanbau. Brauwelt, 159. Jahrgang, 49/19, Hrsg.: Dr.-Ing. Karl-Ullrich Heyse, 1427 - 1430
- Portner, J. (2019): Kostenfreie Rücknahme von Pflanzenschutzverpackungen - PAMIRA 2019. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 8, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 278
- Portner, J. (2019): Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im Hopfenanbau, 1. Auflage September 2019, Hrsg.: LfL und Verband deutscher Hopfenpflanzer
- Portner, J. (2019): Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im Hopfenanbau. Hopfenrundschau International, Jahresausgabe 2019/2020, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 42 - 43
- Portner, J. (2019): Peronosporabekämpfung - Planen Sie Ihren Mitteleinsatz. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 6, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 204
- Portner, J. (2019): Rebenhäcksel baldmöglichst ausbringen!. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 8, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 271
- Portner, J. (2019): Rebenhäckseluntersuchung als zusätzliche Anforderung in den "roten Gebieten"!. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 8, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 279
- Portner, J. (2019): Zwischenfruchteinsatz im Hopfen planen. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 6, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 206

- Portner, J. (2019): Übermittlung von Angaben im Hopfensektor - EU Erntebericht Hopfen 2018 für Deutschland. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 5, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 170 - 171
- Portner, J., Brummer, A. (2019): Nmin-Untersuchung 2019 und endgültige Nmin-Werte in Bayern. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 5, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 174 - 175
- Portner, J., Kammhuber, K. (2019): Fachkritik zur Moosburger Hopfenschau 2019. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 10, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 362 - 366
- Portner, J., Mitglieder der AG Nachhaltigkeit im Hopfenanbau (2019): Neue Norm für das Nachhaltigkeitssystem des deutschen Hopfenanbaus. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 3, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 99 - 104
- Portner, J., Obster, R.; Gummert, A. (2019): "Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz" - Hopfen. Hopfenrundschau International, Jahresausgabe 2019/2020, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 43 - 47
- Portner, J., Roßberg, D.; Wurmdobler, M. (2019): PAPA-Hopfen 2018. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 4, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 136 - 138
- Seigner, E.; Forster, B.; Lutz, A.; Eckl, Th. (2019): Detached leaf assay to evaluate downy mildew tolerance of hops. Tagungsband der Wissenschaftlich-Technischen Kommission, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 112 - 113
- Seigner, E.; Lutz, A. (2019): Diamant - die neue hochfeine Aromasorte der Spitzenklasse, Hrsg.: Verband der Deutschen Hopfenpflanzer, 4 - 4
- Seigner, E.; Lutz, A. (2019): German New Aroma Cultivars from Hüll - The New Hüll Aroma Hops - Traits and their Brewing Performance, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer, 1 - 8
- Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K. (2019): Diamant - Hochfeiner Hüller Aromahopfen der Spitzenklasse, Hrsg.: Gesellschaft für Hopfenforschung
- Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K. (2019): Fit für die Zukunft - die neuen Hüller Zuchtsorten beweisen Klimatoleranz, Hrsg.: Verband der Deutschen Hopfenpflanzer
- Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K. (2019): Hops from Germany unique worldwide - Noble Aroma Hops from Hüll, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer, 1 - 4
- Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K. (2019): The new Hüll cultivars - Hops from Germany, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer
- Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K.; König, W. (2019): DIAMANT - Hochfeine Hüller Aromasorte der Spitzenklasse - Top Notch Super-fine Hüll Aroma Hop. Hopfenrundschau International, 2019/2020, Hrsg.: Verband der Deutschen Hopfenpflanzer, 86 - 87
- Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K.; König, W. (2019): Diamant - neue hochfeine Hüller Aromasorte. Brauwelt Wissen, Nr. 45, Hrsg.: Fachverlag Hans Carl GmbH, 1279 - 1283
- Seigner, E.; Lutz, A., Kneidl, J.; Ismann, D.; Kammhuber, K. (2019): Fit für die Zukunft - die neuen Hüller Zuchtsorten beweisen Klimatoleranz. Hopfen-Rundschau, 10, Oktober 2019, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer, 358 - 358
- Seigner, E.; Lutz, A., Kneidl, J.; Ismann, D.; Kammhuber, K. (2019): The new Hüll aroma hop cultivars – ready for the future in providing enhanced resilience to climatic stress and versatility in brewing. Proceedings of the Scientific-Technical Commission, Hrsg.: Scientific-Technical Commission, 19 - 22

Seigner, E.; Lutz, A., Kneidl, J.; Ismann, D.; König, W. (2019): Die neuen Hüller Zuchtsorten trotzten 2017/2018 Hitze, Trockenheit, Schädlingen und Krankheiten – sie glänzen mit Klimatoleranz und Brauvielfalt - The new Hüll cultivars defied the heat, drought, pests and diseases of 2017/2018 – they excel with their climate tolerance and brewing versatility. Hopfenrundschau International, 2019/2020, Hrsg.: Verband der Deutschen Hopfenpflanzer, 94 - 99

Seigner, E.; Lutz, A.; Albrecht, T.; Volker, M. (2019): Mehltaresistenz für die genomweite Assoziationskartierung - Präzisionszüchtung Hopfen, 1 - 31

Seigner, E.; Lutz, A.; Kamhuber, K., König, W. (2019): DIAMANT - Hochfeine Hüller Aromasorte der Spitzenklasse - Noble Hüll Aroma cultivar . Hopfenrundschau International, 2019/2020, Hrsg.: Verband der Deutschen Hopfenpflanzer, 86 – 87

Seigner, E.; Seigner, L., Haugg, B.; Hager, P.; Enders, R.; Kneidl, J.; Lutz A.; Einberger, K.; Absmeier, C.; Keckel, L.; Liebrecht, M. (2019): Realtime PCR based diagnostics and meristem culture - essential tools for healthy hops. Tagungsband der Wissenschaftlich-Technischen Kommission, Hrsg.: Scientific-Technical Commission, 114 - 114

Stampfl, J., Fuß, S.; Schlagenhauser, A.; Portner, J. (2019): Bewässerung und Fertigation von Hopfen. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 10, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 356

Stampfl, J., Fuß, S.; Schlagenhauser, A.; Portner, J. (2019): Optimierung des Grundwasserschutzes durch Hopfenbewässerung. Hopfen-Rundschau, 70. Jahrgang, Nr. 10, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 355

Wehrauch, F. (2019): Die Markeule *Hydraecia micacea* (Lepidoptera: Noctuidae) als Hopfenschädling: Geschichte und ein rezenter Ausbruch in der Hallertau. Entomologentagung 2019 in Halle (Saale): Programm und Zusammenfassungen, Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, 53 - 53

Wehrauch, F. (2019): Herbsttreffen 2018 der CEG Minor Uses in Hops in Slowenien. Hopfen-Rundschau, 70(02), Hrsg.: Verband deutscher Hopfenpflanzer e.V., 56 - 57

Wehrauch, F. (2019): Sortenliste 2018 des Internationalen Hopfenbaubüros (IHB). Hopfen-Rundschau, 70(01), 20 - 28

Wehrauch, F., Baumgartner, A.; Laupheimer, S.; Mühlbauer, M. (2019): Hop-flea beetle revisited: In search for attractants. Proceedings of the Scientific-Technical Commission, I.H.G.C., Proceedings of the Scientific-Technical Commission, Bischoffsheim, Alsace, France, 07-11 July 2019, Hrsg.: Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention I.H.G.C., 70 - 70

## 9.2.2 LfL-Schriften

Name(n)	Arbeitsgruppe	LfL-Schriften	Titel
Arbeitsbereich Hopfen	IPZ 5	LfL-Information	Jahresbericht 2018 - Sonderkultur Hopfen
Portner, J.	IPZ 5a	LfL-Information	Hopfen 2019 - Grünes Heft
Euringer S.	IPZ 5b	LfL-Information	Hopfen 2019 - Grünes Heft - Pflanzenschutz

### 9.2.3 Beiträge in Rundfunk und Fernsehen

Datum	Personen	Titel	Sender/Sendung
12.03.2019	Lutz, A.	Wunderdolde	3SAT
29.08.2019	Weihrauch, F.	Hopfen in Bioqualität - geht das?	Regionalnachrichten aus Oberbayern/BR

### 9.2.4 Internetbeiträge

Autor(en)	Titel	Zielgruppe
Seigner, E.	Entwicklung von leistungsstarken, gesunden Hopfen mit hohen Alphasäuregehalten und besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet	

## 9.3 Tagungen, Vorträge, Führungen, Ausstellungen

### 9.3.1 Durchgeführte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops

Datum	Referent	Veranstaltung	Ort	Zielgruppe
29.01.2019	Münsterer, J	Seminar "Optimale Konditionierung von Hopfen"	Hüll	Hopfenpflanzer
24.01.2019	Münsterer, J.	Seminar "Optimierung der Hopfentrocknung"	Hüll	Hopfenpflanzer
25.01.2019	Münsterer, J.	Workshop "Hopfentrocknung - Darre"	Hüll	Hopfenpflanzer
22.02.2019	Münsterer, J.	Workshop "Bandrockner"	Hüll	Hopfenpflanzer
28.08.2019	Münsterer, J.	Workshop "Trocknung"	Hüll	Hopfenpflanzer
11.11.2019	Seigner; E.; Lutz, A.	Hopfen Beratungsgremium	Hüll	Hopfen- und Brauwirtschaft
21.02.2019	Stampfl, J.; Fuß, S.	Grundlagenseminar "Bewässerung"	Hüll	Hopfenpflanzer
27.02.2019	Stampfl, J.; Fuß, S.	Workshop "Bewässerung und Fertigation"	Hüll	Hopfenpflanzer
26.03.2019	Weihrauch, F.	Meeting of the Commodity Expert Group (CEG) Minor Uses in Hops	Brüssel, Belgien	Pflanzenschutzexperten aus der EU und den USA
31.10.2019	Weihrauch, F.	Meeting of the Commodity Expert Group (CEG) Minor Uses in Hops	Dublin, Irland	Pflanzenschutzexperten aus der EU und den USA
25.11.2019	Weihrauch, F.	Runder Tisch zu aktuellen Problemen des Pflanzenschutzes im Öko-Hopfenbau	Hüll	Öko-Hopfenpflanzer, umstellungswillige Betriebe, Fachberater der Öko-Anbauverbände
07.07.2019 - 11.07.2019	Weihrauch, F.	Meeting of the Scientific-Technical Commission (STC) of the IHGC	Bischoffsheim, Elsass, Frankreich	Internationale Hopfen- und Brauwissenschaftler

### 9.3.2 Besuchte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops IPZ 2019

Datum	Veranstaltung	Ort	Zielgruppe
21.03.2019	Bierverkostung zur Beurteilung der Bitterqualität von Hochalphasorten	Freising	Brau- und Hopfenwirtschaft
07.07.2019 - 11.07.2019	Meeting der Wissenschaftlich-Technischen Kommission (WTK) des Internationalen Hopfenbaubüros IHB	Bischoffsheim, Elsass, Frankreich	Internationale Hopfenforscher

### 9.3.3 Durchgeführte interne Veranstaltungen

Datum	Veranstaltung	Ort	Zielgruppe
22.01.2019	Informationsveranstaltung zu grundwasserrelevanten Hopfenprojekten	Wolnzach	Hopfenorganisationen Wasserwirtschaft Projektpartner
15.02.2019	Abschlusstreffen Modellvorhaben DIPS-Hopfen	Hebrontshausen	Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz Hopfen
11.03.2019	Besprechung "Grünes Heft Hopfen"	Hüll	zuständige Mitarbeiter der Landesanstalten für Hopfen
17.09.2019	Hopfenbonitierung	Moosburg	Mitglieder der Bonitrungskommission
24.10.2019	Runder Tisch Düngeverordnung Hopfen	Wolnzach	Hopfenorganisationen und -berater, StMELF, FZ Agrarökologie

### 9.3.4 Aus-, Fort- und Weiterbildung

Datum	Veranstaltung	Ort	Zielgruppe
6.8.2019	Versuchrundfahrt Hopfen	Hüll und Hallertau	Hopfenpflanzer
7.8.2019	Versuchrundfahrt Hopfen	Hüll und Hallertau	Hopfenpflanzer
8.8.2019	Versuchrundfahrt Hopfen	Hüll und Hallertau	Hopfenpflanzer

### 9.3.5 Gutachten und Stellungnahmen

Datum	Bearbeiter	Titel	Auftraggeber
08.01.2019	Euringer, S.	Befürwortung Art. 53 Actara 2019	Verband deutscher Hopfenpflanzer e.V.
08.01.2019	Euringer, S.	Befürwortung Art. 53 Movento SC 100 2019	Verband deutscher Hopfenpflanzer e.V.
27.02.2019	Euringer, S.	Aktueller Bericht zur Situation des Pflanzenschutz im Hopfenbau in Deutschland	BMEL
23.04.2019	Euringer, S.	Belassen der Anwendung Hopfenputzen in der Minor-Uses Liste in Deutschland	LfL
31.07.2019	Euringer, S.	Antwort an besorgte Mitbürger - Pflanzenschutz im Hopfenbau	StMELF
02.08.2019	Euringer, S.	Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	StMELF

Datum	Bearbeiter	Titel	Auftraggeber
		im Hopfen	
11.04.2019	Portner, J.	EU-Erntebericht Hopfen 2018	BMEL u. StMELF
28.06.2019	Portner, J.	Arbeiten der Hopfenbetriebe am Sonntag	LRA Eichstätt
09.05.2019	Weihrauch, F.	Peer review	Zeitschrift 'BrewingScience'
24.10.2019	Weihrauch, F.	Peer review	Zeitschrift 'BrewingScience'

### 9.3.6 Fachinformationen

Lutz, A.; Seigner, E., Kneidl, J.; Ismann, D.; Kammhuber, K.: 'Züchtung von robusten Hochalpha-Hopfensorten für das Elbe-Saale Gebiet', Hüll, 11.05.2019, Exkursion des Vorstandes des Thüringer Braugerstenvereins (Poster)

Portner, J.: 'Aktuelle Hopfenbauhinweise und Warndienstmeldungen', Wolnzach

Portner, J.: 'Fortbildungsveranstaltungen der LfL; KuLaP-Antragstellung 2020; Aktualisierung der Antragsflächen', 25.11.2019

Seigner, E., Lutz, A.: 'Entwicklung von leistungsstarken, gesunden Hopfen mit hohen Alphasäuregehalten und besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet' (Internet-Beitrag)

Seigner, E., Lutz, A.: 'Genombasierte Präzisionszüchtung für zukunftsweisende Qualitätshopfen', Freising, 26.04.2019 (Projekt-Zwischenbericht)

Seigner, E.; Forster, B., Lutz A.; Eckl, Th.: 'Detached leaf assay to evaluate downy mildew tolerance of hops', Bischoffsheim, 10.07.2019, Tagung der Wissenschaftlich-Technischen Kommission, Wissenschaftlich-Technischen Kommission des Internationalen Hopfenbaubüros (Poster)

Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K.: 'The new Hüll Noble Aroma Cultivars - Breeding Line 96/01/24 - Breeding Line 89/02/25', Denver, 10.04.2019, Craft Brewer Conference, US Brewers Association (Poster)

Seigner, E.; Lutz, A.: 'Entwicklung von leistungsstarken, gesunden Hopfen mit hohen Alphasäuregehalten und besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet - 3. Sachbericht', 24.06.2019 (Projekt-Zwischenbericht)

Seigner, E.; Lutz, A.: 'Hopfenbau mit den neuen Hüller Zuchtsorten - fit für die Zukunft', Hüll, 08.08.2019, Besuch der Elbe-Saale Hopfenpflanzler (Poster)

Seigner, E.; Lutz, A.: 'Züchtung von robusten Hochalphasorten für das Elbe-Saale Gebiet', Hüll, 08.08.2019, Besuch der Elbe-Saale Hopfenpflanzler, LfL (Poster)

Seigner, E.; Seigner, L., Haugg, B.; Hager, P.; Enders, R.; Kneidl, J.; Lutz A.; Einberger, K.; Absmeier, C.; Keckel, L.; Liebrecht, M.: 'Realtime PCR based diagnostics and meristem culture - essential tools for healthy hops', Bischoffsheim, 10.07.2019, Tagung der Wissenschaftlich-Technischen Kommission, Wissenschaftlich-Technischen Kommission des Internationalen Hopfenbaubüros (Poster)

Sugimura, T.; Kammhuber, K.; Lutz, A.; Seigner, E.; Gastl, M.; Becker, T.: 'Analysis of hop aroma components after fermentation based on close genetic background', Antwerpen, 03.06.2019, 37. EBC Congress, European Brewery Convention (EBC) (Poster)

### 9.3.7 Vorträge

Referenten	Thema/Titel	Veranstaltung	Ort/Datum	TN
Baumgartner, A.; Obermaier, M., Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2019	Hopfenbauversammlung	Osselts- hausen 14.02.2019	95
Baumgartner, A.; Obermaier, M.; Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2019	Hopfenbauversammlung	Lindach, 13.02.2019	85
Baumgartner, A.; Obermaier, M.; Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2019	Hopfenbauversammlung	Tettenwang 08.02.2019	35
Doleschel, P.; Euringer, S.; Weihrauch, F.	Pflanzenschutz im Hopfenbau heute und morgen - Quo vadis?	Niederlauterbacher Hopfentag	Oberpindhart 22.08.2019	165
Euringer, S.	Die <i>Verticillium</i> -Welke des Hopfen - Anbauhin- weise	JHV Förderkreis Jura e.V.	Marching 15.01.2019	45
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2019	Baywa - Tischgespräch	Bruckbach 31.01.2019	15
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2019	Tischgespräch	Hebronts- hausen 01.02.2019	25
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2019	LfL - Hopfenbauver- sammlung	U'pindhart 07.02.2019	85
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2019	LfL - Hopfenbauver- sammlung	Spalt 11.02.2019	40
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2019	LfL - Hopfenbauver- sammlung	Hedersdorf 11.02.2019	20
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2019	LfL - Hopfenbauver- sammlung	Mainburg 12.02.2019	160
Euringer, S.	Fachgespräch Bonn - Pflanzenschutz im Hopfenbau	Fachgespräch Pflanzen- schutz im Hopfenbau	Bonn 14.02.2019	20
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau: Überblick und aktuelle Projekte	GfH Connecting Day	Hüll 28.02.2019	15
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau: Überblick und aktuelle Projekte	GfH Connecting Day	Hüll 22.05.2019	22
Euringer, S.	Introducing the working group 'Plant protection in hop cultivation'	GfH Connecting Day	Hüll 15.07.2019	20
Euringer, S.	Aktueller Stand der <i>Verti- cillium</i> -Forschung	Rundfahrt Förderkreis Jura e.V.	Hüll 17.07.2019	40
Euringer, S.	Erster Nachweis von CBCVd im deutschen Hopfenbau	Erster Nachweis von CBCVd im deutschen Hopfenbau - Besprechung	Hüll 26.07.2019	18
Euringer, S.	Virosen und Viroide im Hopfenbau	VIF-Rundfahrt	Hüll 06.08.2019	50

Referenten	Thema/Titel	Veranstaltung	Ort/Datum	TN
Euringer, S.	CBCVd - Beraterschulung	Beraterschulung: CBCVd	Hüll 06.08.2019	10
Euringer, S.	Virosen und Viroide im Hopfenbau	VIF-Rundfahrt	Hüll 07.08.2019	40
Euringer, S.	Virosen und Viroide im Hopfenbau	RjH-Rundfahrt	Hüll 08.08.2019	50
Euringer, S.	CBCVd - Multiplikato- renschulung	Beraterschulung: CBCVd	Hüll 09.08.2019	15
Euringer, S.	CBCVd - Multiplikato- renschulung	Beraterschulung: CBCVd	Hüll 13.08.2019	15
Euringer, S.	CBCVd - Multiplikato- renschulung	Beraterschulung: CBCVd	Hüll 16.08.2019	4
Euringer, S.	CBCVd - Multiplikato- renschulung	Beraterschulung: CBCVd	Hüll 19.08.2019	8
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau: Heute	Niederlauterbacher Hopfentag	Oberpindhart 22.08.2019	165
Euringer, S.	Fachtagung Pflanzen- schutz im deutschen Hop- fenbau	Pflanzenschutztag Hopfen	Pfaffen- hofen/ Ilm 31.08.2019	150
Euringer, S.	Umgang mit dem CBCVd im Hopfenbau	ISO-Veranstaltung Hopfenring e.V.	Aiglsbach 09.12.2019	60
Euringer, S.	Fachgespräch Bonn - CBCVd	Fachgespräch CBCVd	Bonn 17.12.2019	15
Euringer, S. Lutz, K.	Research on <i>Verticillium</i> wilt in hops	Tagung der Wissenschaft- lichen-Technischen Kommission des Interna- tionalen Hopfenbaubüros	Bischoffs- heim 08.07.2019	60
Euringer, S.; Lutz, K.	GfH-Projekt zur <i>Verti- cillium</i> -Forschung	Sitzung des Vorstandes und Techn.-Wiss. Arbeits- ausschusses der GfH	Wolnzach 28.03.2019	25
Euringer, S.; Obermaier, M.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2019	LfL - Hopfenbauver- sammlung	Oberhatz- kofen 04.02.2019	30
Euringer, S.; Obermaier, M.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2019	LfL - Hopfenbauver- sammlung	Biburg 06.02.2019	45
Euringer, S.; Lutz, K.	Vorstellung der Ergebnis- se der <i>Verticillium</i> - Forschung	Aufsichtsratssitzung der Erzeugergemeinschaft HVG	Wolnzach 11.12.2019	20
Kammhuber, K.	Vorstellung der Hopfen- analytik in Hüll		Hüll 28.02.2019	15
Kammhuber, K.	Alternative Anwendungen von Hopfen	Frühjahrsdienstbe- sprechung IPZ ÄELF	Freising 27.03.2019	23
Kammhuber, K.	Die Aufgaben von IPZ 5d zur Qualitätssicherung bei der alpha-Säureanalytik	Technisch Wissenschaft- licher Ausschuss der Ge- sellschaft für Hopfenfor- schung TWA	Wolnzach 28.03.2019	25

Referenten	Thema/Titel	Veranstaltung	Ort/Datum	TN
Kammhuber, K.	Vorstellung der Hopfenanalytik in Hüll	GfH Connecting Days	Hüll 22.05.2019	15
Kammhuber, K.	Vorstellung der Hopfenanalytik	Besuch der Thüringer Landwirtschaftsministerin	Hüll 12.08.2019	26
Kammhuber, K.	Vorstellung Projekte und Antrag zur Beschaffung Zentrifuge	Jahresgespräch der Gesellschaft für Hopfenforschung	Hüll 21.11.2019	9
Kammhuber, K.	Phänotypisierung des Referenzhopfensortiments - Chemische Analysen	Projekttreffen Genombasierte Präzisionszüchtung	Wolnzach 03.12.2019	9
Laupheimer, S.; Euringer, S.	Hopfenputzen - Alternativen zu den konventionellen Maßnahmen	VIF-Rundfahrt	Wolnzach 06.08.2019	50
Laupheimer, S.; Euringer, S.	Hopfenputzen - Alternativen zu den konventionellen Maßnahmen	VIF-Rundfahrt	Wolnzach 07.08.2019	40
Lutz, A.	Hopfenaroma im Bier	Sitzung d. Verbandes der Landwirtschaftskammern	Hüll 22.05.2019	30
Lutz, A.	Aromabewertung aktueller Erntemuster von ausgewählten Hüller Zuchtstämmen	Treffen des Hopfen-Beratungsgremiums	Hüll 11.11.2019	20
Lutz, A.	Hopfenbonitierung der Biogenese Versuche nach Erntezeitpunkten	IGN-Stammtisch	Hüll 29.11.2019	40
Lutz, A. Kneidl, J.; Seigner, E	Versuche zu den Klonen der Landsorte Hersbrucker		München 21.02.2019	10
Lutz, A. Seigner, E.	Neue Aromazuchtstämmen aus dem Tettlinger Kreuzungsprogramm	Dienstbesprechung Hopfen des MLR, Baden-Württemberg	Strass 14.08.2019	15
Lutz, A.; Seigner, E.	Diamant - die neue hochfeine Aromasorte der Spitzenklasse	Hopfenrundfahrt 2019	Hüll 29.08.2019	150
Lutz, A.; Seigner, E.	Neue vielversprechende Hüller Hochalpha- und Aromastämme	Vorstandssitzung der GfH	Hüll 21.11.2019	9
Lutz, A.; Euringer, S.	Hochalphazuchtstämmen für Brauversuche und den Großflächenversuchsanbau	Projekttreffen Genombasierte Präzisionszüchtung für Qualitätshopfen	Wolnzach 03.12.2019	9
Lutz, A.; Kneidl, J.; Seigner, E.	Anbau und Ertrags-situation der Landsorte Hersbrucker	Besprechung mit Interessensgruppe	Hüll 26.06.2019	5
Lutz, A.; Seigner, E.	Züchtungsforschung Hopfen	GfH Connecting Days	Hüll 28.02.2019	15
Lutz, A.; Seigner, E.	Züchtung von robusten Hochalphasorten für das Elbe-Saale Gebiet	Besuch der Thüringer Landwirtschaftsministerin	Hüll 12.08.2019	26

Referenten	Thema/Titel	Veranstaltung	Ort/Datum	TN
Lutz, A.; Seigner, E., Kneidl, J.	Bundesehrenpreise für Hopfen - ein wichtiges Marketinginstrument	BrauBeviale Forum	Nürnberg 14.11.2019	50
Lutz, K.	GfH-Forschungsprojekt zur <i>Verticillium</i> -Welke - Aktueller Stand und Ausblick für 2019	JHV Förderkreis Jura e.V.	Marching 15.01.2019	45
Lutz, K.	Wirkung letaler Hopfenwelke-Stämme ( <i>Verticillium nonalfalfae</i> ) und unterschiedlicher Stickstoff-Düngeniveaus a. d. Zeigerpflanze Aubergine ( <i>Solanum melongena</i> L.)		Freising 13.06.2019	20
Lutz, K.; Euringer, S.	GfH-Projekt zur <i>Verticillium</i> -Forschung	Sitzung des Vorstandes und Techn.-Wiss. Arbeitsausschusses der GfH	Hüll 21.11.2019	20
Lutz, K.; Euringer, S.	GfH-Projekt zur <i>Verticillium</i> -Forschung	ISO-Veranstaltung Hopfenring e.V.	Aiglsbach 09.12.2019	60
Lutz, K.; Euringer, S., Laupheimer, S.	Hopfenputzen - Alternativen zu den konventionellen Maßnahmen	RjH-Rundfahrt	Wolnzach 08.08.2019	50
Muensterer, J.	Optimierung der Bandtrocknung	Info-Veranstaltung	Marching 17.08.2019	60
Muensterer, J.	Vorgehensweise und Hilfestellung bei der Optimierung der Hopfentrocknung	Info-Veranstaltung	Mitterstetten 20.08.2019	65
Obermaier, M.	Etablierung von Raubmilben über Untersaaten	Bioland Hopfenbautag	Kloster Plankstetten 05.02.2019	55
Obermaier, M.	Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbaupraxis über Untersaaten	Entomologentagung 2019	Martin-Luther-Universität, Halle (Saale) 12.03.2019	60
Obermaier, M.	Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbaupraxis über Untersaaten	Runder Tisch 2019 zu aktuellen Themen des Pflanzenschutzes im Bio-Hopfen	Hüll 25.11.2019	27
Obermaier, M.; Weihrauch, F.	Establishment of predatory mites on undersown crops in hop cultivation	Meeting of the Scientific-Technical Commission, I.H.G.C.	Bischoffsheim, Elsass, Frankreich 09.07.2019	55
Obermaier, M.; Weihrauch, F.	Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbaupraxis über Untersaaten	37. Tagung des AK ‚Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden‘	Karlsruhe, LTZ Augustenberg 27.11.2019	47

Referenten	Thema/Titel	Veranstaltung	Ort/Datum	TN
Obermaier, M; Laupheimer, S.	Boniturhilfen und Nützl- linge im Hopfenbau	Rundfahrt Förderkreis Jura e.V.	Hüll 17.07.2019	40
Portner, J.	Fachkritik Hopfen	Eröffnung der Gersten- und Hopfenausstellung	Moosburg 13.09.2019	100
Portner, J.	Alphasäurenwerte und Alphauntersuchung 2018	AK-Treffen	Wolnzach 29.01.2019	15
Portner, J.	Ergebnisse und Auswer- tungen des Modellvorha- bens „Demonstrationsbe- triebe integrierter Pflan- zenschutz“	BayWa-Tischgespräch	Bruckbach 31.01.2019	25
Portner, J.	Ergebnisse und Auswer- tungen des Modellvorha- bens „Demonstrationsbe- triebe integrierter Pflan- zenschutz“	LfL-Hopfenbauver- sammlung	Oberhatz- kofen 04.02.2019	30
Portner, J.	Ergebnisse und Auswer- tungen des Modellvorha- bens „Demonstrationsbe- triebe integrierter Pflan- zenschutz“	LfL-Hopfenbauver- sammlung	Biburg 06.02.2019	45
Portner, J.	Ergebnisse und Auswer- tungen des Modellvorha- bens „Demonstrationsbe- triebe integrierter Pflan- zenschutz“	LfL-Hopfenbauver- sammlung	Unterpind- hart 07.02.2019	85
Portner, J.	Ergebnisse und Auswer- tungen des Modellvorha- bens „Demonstrationsbe- triebe integrierter Pflan- zenschutz“	LfL-Hopfenbauver- sammlung	Tettenwang 08.02.2019	35
Portner, J.	Erste Erfahrungen mit dem Vollzug der neuen Düngeverordnung sowie zusätzliche Anforderun- gen in den „Roten Gebie- ten“ ab 2019	LfL-Hopfenbauver- sammlung	Spalt 11.02.2019	40
Portner, J.	Erste Erfahrungen mit dem Vollzug der neuen Düngeverordnung sowie zusätzliche Anforderun- gen in den „Roten Gebie- ten“ ab 2019	LfL-Hopfenbauver- sammlung	Hedersdorf 11.02.2019	20
Portner, J.	Ergebnisse und Auswer- tungen des Modellvorha- bens „Demonstrationsbe- triebe integrierter Pflan- zenschutz“	LfL-Hopfenbauver- sammlung	Spalt 11.02.2019	40

Referenten	Thema/Titel	Veranstaltung	Ort/Datum	TN
Portner, J.	Ergebnisse und Auswertungen des Modellvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“	LfL-Hopfenbauversammlung	Hedersdorf 11.02.2019	20
Portner, J.	Ergebnisse und Auswertungen des Modellvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“	LfL-Hopfenbauversammlung	Mainburg 12.02.2019	160
Portner, J.	Ergebnisse und Auswertungen des Modellvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“	LfL-Hopfenbauversammlung	Lindach 13.02.2019	80
Portner, J.	Ergebnisse und Auswertungen des Modellvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“	LfL-Hopfenbauversammlung	Osselts- hausen 14.02.2019	105
Portner, J.	Auswertung N-Düngung	AK-Treffen	Wolnzach 21.02.2019	12
Portner, J.	Argumente für die Hopfenbewässerung	Informationsveranstaltung für gemeinschaftliche Bewässerung	Aiglsbach 04.04.2019	35
Portner, J.	Vorstellung laufender Hopfenprojekte zur Nährstoffeffizienz	Treffen AS Nährstoffhaushalt	Freising 11.04.2019	12
Portner, J.	Wir forschen Hopfen	Connecting Day	Hüll 22.05.2019	30
Portner, J.	Aktuelles zum Pflanzenschutz	Informationsveranstaltung Spalter Hopfenpflanzer	Spalt 29.05.2019	35
Portner, J.	PSM-Applikation und Anwenderschutz im Hopfenanbau	Fachgespräch zum Anwenderschutz im Hopfenanbau	Braunschweig 17.06.2019	10
Portner, J.	Erosionsschutzmaßnahmen im Hopfen	AK Bodenfruchtbarkeit	Wolnzach 27.06.2019	15
Portner, J.	Erosionsschutzmaßnahmen im Hopfen	Informationsveranstaltung im Rahmen von „bodenständig“	Niederumelsdorf 03.07.2019	20
Portner, J.	Aktuelles zum Pflanzenschutz	LfL-Versuchsrundfahrt	Niederlauterbach 06.08.2019	50
Portner, J.	Aktuelles zum Pflanzenschutz	LfL-Versuchsrundfahrt	Hüll 07.08.2019	50
Portner, J.	Aktuelles zum Pflanzenschutz	LfL-Versuchsrundfahrt	Niederlauterbach 08.08.2019	40

Referenten	Thema/Titel	Veranstaltung	Ort/Datum	TN
Portner, J.	Aufgaben und Forschungsprojekte der AG Hopfenbau-Produktionstechnik	Informationsveranstaltung für neue Mitarbeiter	Wolnzach 07.11.2019	15
Portner, J.	Leitlinien für den integrierten Pflanzenschutz und Nachhaltigkeit im Hopfenanbau	Global Hop Summit	Brüssel 18.11.2019	100
Portner, J.	Rund um die Alphasäurenuntersuchung	IGN-Stammtisch	Gebrontshausen 29.11.2019	25
Schlagenhafer, A.	Aktuelle Forschungsprojekte zum Stickstoffhaushalt im Hopfen	Infoveranstaltung für Wasserwirtschaft - Projekte zur Optimierung der Stickstoffdüngung im Hopfen	Wolnzach, 22.01.2019	30
Schlagenhafer, A.	Einblick in Forschungsprojekte zur Stickstoffdüngung	AK-Treffen	Wolnzach, 21.02.2019	12
Schlagenhafer, A.	Stickstoffdüngung im Hopfen	RjH-Rundfahrt	Versuchsfläche Starzhagen 06.08.2019	50
Schlagenhafer, A.	Stickstoffdüngung im Hopfen	VIF-Rundfahrt	Versuchsfläche Starzhagen 07.08.2019	40
Schlagenhafer, A.	Stickstoffdüngung im Hopfen	Vlf-Rundfahrt	Versuchsfläche Starzhagen 08.08.2019	50
Schlagenhafer, A.; Stampfl, J.	Vorstellung aktueller Projekte im Bereich N-Düngung und Bewässerung	Tag der offenen Tür (HdH)	Wolnzach, 21.07.2019	
Seigner, E.; Lutz, A.	Zitrusviroid bei Hopfen	Dienstbesprechung Hopfen des Ministeriums für Landl. Raum (MLR), Baden-Württemberg	Strass 14.08.2019	15
Seigner, E.; Lutz, A.	Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettlinger	Dienstbesprechung Hopfen des Ministeriums für Ländlichen Raum, BW	Tettling 28.02.2019	15
Seigner, E.; Lutz, A.	Genombasierte Präzisionszüchtung für Qualitätshopfen	Bierverkostung zur Evaluierung der Bitterqualität von Hochalphasorten	Freising 21.03.2019	52
Seigner, E.; Lutz, A.	Die neuen Hüller Aromasorten beweisen Klima- und Stresstoleranz sowie Brauvielfalt	Sitzung des Vorstandes und des Techn.-Wiss. Arbeitsausschusses der GfH	Wolnzach 28.03.2019	25

Referenten	Thema/Titel	Veranstaltung	Ort/Datum	TN
Seigner, E.; Lutz, A	Fit für die Zukunft - die neuen Hüller Zuchtsorten beweisen Klimatoleranz	Hopfenrundfahrt 2019	Hüll 29.08.2019	150
Seigner, E.; Lutz, A	Bewertung der Bitterqualität von Hochalphasorten für GHop-Brauersuche	Treffen des Hopfen-Beratungsgremiums	Hüll 11.11.2019	20
Seigner, E.; Lutz, A.	Züchtungsforschung Hopfen: Überblick und aktuelle Forschungsschwerpunkte	GfH Connecting Days	Hüll 22.05.2019	22
Seigner, E.; Lutz, A.	The new Hüll aroma cultivars - resilience to climatic stress and versatility in brewing	Tagung der Wissenschaftlich-Technischen Kommission des Internationalen Hopfenbaubüros	Bischoffsheim 08.07.2019	60
Seigner, E.; Lutz, A.	Hop breeding at the Hop Research Center Hüll with focus on new cultivars	Connecting Day der Gesellschaft für Hopfenforschung	Hüll 15.07.2019	20
Seigner, E.; Lutz, A.	Die neuen Hüller Aroma- und Hochalphasorten - fit für die Zukunft	Besuch der Thüringer Landwirtschaftsministerin	Hüll 12.08.2019	26
Seigner, E.; Lutz, A.	Mehltauresistenzzüchtung bei Hopfen hat oberste Priorität	Jahresbesprechung der Gesellschaft für Hopfenforschung und der LfL	Hüll 21.11.2019	15
Seigner, E.; Lutz, A.	Fortführung der Phänotypisierung des Referenzhopfensortiments	Projekttreffen Genombasierte Präzisionszüchtung für Qualitätshopfen	Wolnzach 03.12.2019	9
Stampfl, J.	Möglichkeiten der Nutzung von Bewässerung und Fertigation im Hopfenbau	Infoveranstaltung für Wasserwirtschaft - Projekte zur Optimierung der Stickstoff-Düngung	Wolnzach, 22.01.2019	30
Stampfl, J.	Neueste Erkenntnisse zur Bewässerung und Fertigation im Hopfen	Tischgespräch der Baywa	Bruckbach (Rohrbach) 31.01.2019	25
Stampfl, J.	Neueste Erkenntnisse zur Bewässerung und Fertigation im Hopfen	LfL-Hopfenbauversammlung	Oberhatzkofen 04.02.2019	30
Stampfl, J.	Neueste Erkenntnisse zur Bewässerung und Fertigation im Hopfen	LfL-Hopfenbauversammlung	Biburg 06.02.2019	45
Stampfl, J.	Neueste Erkenntnisse zur Bewässerung und Fertigation im Hopfen	LfL-Hopfenbauversammlung	Unterpindhart 07.02.2019	85
Stampfl, J.	Neueste Erkenntnisse zur Bewässerung und Fertigation im Hopfen	LfL-Hopfenbauversammlung	Tettenwang 08.02.2019	35
Stampfl, J.	Neueste Erkenntnisse zur Bewässerung und Fertigation im Hopfen	LfL-Hopfenbauversammlung	Spalt 11.02.2019	40

Referenten	Thema/Titel	Veranstaltung	Ort/Datum	TN
Stampfl, J.	Neueste Erkenntnisse zur Bewässerung und Fertigation im Hopfen	LfL-Hopfenbauversammlung	Hedersdorf 11.02.2019	20
Stampfl, J.	Neueste Erkenntnisse zur Bewässerung und Fertigation im Hopfen	LfL-Hopfenbauversammlung	Mainburg 12.02.2019	160
Stampfl, J.	Neueste Erkenntnisse zur Bewässerung und Fertigation im Hopfen	LfL-Hopfenbauversammlung	Lindach 13.02.2019	85
Stampfl, J.	Neueste Erkenntnisse zur Bewässerung und Fertigation im Hopfen	LfL-Hopfenbauversammlung	Osselthausen 14.02.2019	95
Stampfl, J.	Neueste Erkenntnisse zur Bewässerung und Fertigation im Hopfen	Frühjahrskonsultation, Elbe-Saale	Querfurt 13.03.2019	40
Stampfl, J.	Einfluss von Bewässerung und Fertigation auf den Ertrag und die Qualität von Hopfen	Sitzung Technisch Wissenschaftlicher Arbeitsausschuss der GfH	Wolnzach, 28.03.2019	30
Stampfl, J.	Optimierung des Grundwasserschutzes durch Hopfenbewässerung	Hopfenrundfahrt	Hüll 29.08.2019	140
Stampfl, J.	Lösungsansätze im Klimawandel - Bewässerung u. Fertigation von Hopfen	Global Hop Summit	Brüssel 18.11.2019	120
Stampfl, J.	Aktuelle Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt Fertigation	AR-Sitzung der HVG	Wolnzach, 11.12.2019	25
Stampfl, J.; Fuß, S.	Nutzung Bewässerung und Fertigation im Hopfenbau	Infoveranstaltung für Hopfenpflanzer	Wolnzach, 08.02.2019	25
Stampfl, J.; Fuß, S.	Möglichkeiten der Nutzung von Bewässerung im Hopfenbau	Bewässerungsseminar	Hüll 21.02.2019	25
Stampfl, J.; Fuß, S.	Nutzung von Fertigation zur gezielten N-Düngung im Hopfenbau	Workshop Fertigation	Hüll 27.02.2019	25
Stampfl, J.; Schlagenhafer, A.	Vorstellung aktueller Projekte im Bereich N-Düngung und Bewässerung	Tag der offenen Tür im Haus des Hopfens	Wolnzach, 21.07.2019	
Weihrauch, F.	Issues and approaches of plant protection in organic hop cultivation	Kolloquium Phytomedizin, Wintersemester 2018/2019	Göttingen 23.01.2019	40
Weihrauch, F.	Aktuelles aus der Hopfenforschung: Ergebnisse 2018 und Ausblick auf Projekte 2019	Bioland-Hopfenbautag	Kloster Plankstetten 05.02.2019	55

Referenten	Thema/Titel	Veranstaltung	Ort/Datum	TN
Weihrauch, F.	Aktuelle Forschungsprojekte zum Pflanzenschutz im Hopfenbau	Fachgespräch Pflanzenschutz im Hopfenbau am BMEL	Bonn 14.02.2019	20
Weihrauch, F.	Ökologische Fragen des Hopfenbaus: Überblick und aktuelle Projekte	GfH Connecting Days	Hüll 28.02.2019	15
Weihrauch, F.	Die Markeule <i>Hydraecia micacea</i> (Lepidoptera: Noctuidae) als Hopfenschädling: Geschichte und ein rezenter Ausbruch in der Hallertau	Entomologentagung 2019	Halle (Saale) 12.03.2019	60
Weihrauch, F.	Biodiversität im Hopfenbau - Stand und Gedankenspiele nach dem Volksbegehren	Sitzung des Vorstandes und des Technisch-Wissenschaftlichen Arbeitsausschusses der GfH	Wolnzach 28.03.2019	30
Weihrauch, F.	Ökologische Fragen des Hopfenbaus: Überblick und aktuelle Projekte	GfH Connecting Days	Hüll 22.05.2019	22
Weihrauch, F.	Introduction to the working group 'Ecological issues of hop cultivation'	GfH Connecting Days	Hüll 15.07.2019	20
Weihrauch, F.	Report on the 2019 Meeting of the Scientific-Technical Commission	57. Kongress des Internationalen Hopfenbaubüros (IHB)	Ljubljana, Slowenien 01.08.2019	160
Weihrauch, F.	Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau am Beispiel des Hopfens: Probleme und Chancen	Vortragsreihe der Kreisgruppe IN des Bund Naturschutz	Ingolstadt 26.09.2019	7
Weihrauch, F.	Vorstellung der aktuellen Sortenliste 2019 des IHB	Sitzung des Exekutivkomitees d. Internationalen Hopfenbaubüros (IHB)	Nürnberg 11.11.2019	45
Weihrauch, F.	Results of the German organic movement's monitoring programme of copper applications and implications on copper minimization strategy: section hops	4th European Conference on Copper	Berlin 14.11.2019	85
Weihrauch, F.; Baumgartner, A.; Laupheimer, S.; Mühlbauer, M.	Hop-flea beetle revisited: In search for attractants	Meeting of the Scientific-Technical Commission, I.H.G.C.	Bischoffsheim, Elsass, Frankreich 09.07.2019	55
Weihrauch, F.; Obermaier, M.	Copper reduction strategy in hops: newsworthy results of 2019 trials	4th European Conference on Copper	Berlin 15.11.2019	80

### 9.3.8 Praktika

Thema	Betreuer	Praktikantentyp	Beginn	Ende
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, Anton	Schüler(in)	04.03.2019	08.03.2019
Analytik rund um den Hopfen	Kammhuber, K.	FOS	17.09.2018	15.02.2019
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	Schüler(in)	08.07.2019	12.07.2019
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	Schüler(in)	08.07.2019	12.07.2019
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	FOS Scheyern	11.03.2019	26.07.2019
Molekularer <i>Verticillium</i> -Nachweis, Peronospora-Toleranztestung	Seigner, E. (Hager, P.; Enders, R.; Forster, B.)	ATA-Auszubildende(r)	24.06.2019	10.07.2019
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	Schüler(in)	08.07.2019	12.07.2019
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	Schüler(in)	15.07.2019	19.07.2019
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	FOS Scheyern	28.02.2019	05.07.2019

### 9.3.9 Führungen

Datum	Name	Thema/ Titel	Gäste	TZ
21.07.2019	IPZ 5a	Tag der offenen Tür, Haus des Hopfens	Hopfenpflanzfamilien und Gäste	500
21.03.2019	Lutz, A.	Hopfenzüchtung, Hopfenzüchtstämme Aromabonituren	AB-InBev	3
22.05.2019	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenproduktion, Hopfenanalytik	Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Braufakultät	30
29.05.2019	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenaroma, Hopfenproduktion	Berufsschule Pfaffenhofen	65
02.07.2019	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung	Landsverband Bayer. Rotes Kreuz	50
24.07.2019	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenaroma	Heineken, Barth-Haas Group	6
21.08.2019	Lutz, A.	Informationen rund um die bevorstehende Hopfenernte	ISO-Hopfenbaubetriebe	80
23.08.2019	Lutz, A.	Erkennung von Hopfensorten	Hopfenbotschafterinnen	10
22.09.2019	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung und Hopfenaroma, Bierverkostung	Gäste des Präsidenten	43

<b>Datum</b>	<b>Name</b>	<b>Thema/ Titel</b>	<b>Gäste</b>	<b>TZ</b>
24.09.2019	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Sortenmerkmale, Bonituren	Agrolab	2
02.10.2019	Lutz, A.	hop breeding, hop varieties	US-Hopfenhändler	1
17.10.2019	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung und Sorten	Hopfen-Blogger	15
18.10.2019	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung und Sorten	AB InBev	2
05.11.2019	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung und Sorten	Heimatmuseum Hersbruck	25
08.11.2019	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung und Sorten	HVG Mitarbeiter	2
25.01.2019	Lutz, A.; Kneidl, J.	Erntemuster 2018 zur Biogenese der wichtigsten in der Hallertau angebauten Hopfensorten	Hopfenhändler, Hopfenpflanzer	30
28.01.2019	Lutz, A.; Kneidl, J.	Erntemuster 2018 zur Biogenese der wichtigsten in der Hallertau angebauten Hopfensorten	Hopfenhändler, Hopfenpflanzer	20
17.07.2019	Lutz, A.; Münsterer, J.	Hopfenzüchtung, Hopfensorten, Hopfentrocknung	Brauerei Veltins, Hopfenpflanzer	4
11.05.2019	Lutz, A.; Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Elbe-Saale-Züchtungsprojekt, Hopfenanalytik, Hopfenproduktion,	Thüringer Brauergerstenverband, Vorstandschaft	10
05.06.2019	Lutz, A.; Seigner, E.	Hopfenforschung, Sortenentwicklung	Braujournalist	1
26.06.2019	Lutz, A.; Seigner, E.		Augustiner Brauerei	3
12.08.2019	Lutz, A.; Seigner, E. Kammhuber, K.	Hopfenzüchtung und Hopfenanalytik	Thür. Landwirtschaftsministerin, TMIL, Thür. Landesamt f. Landwirtschaft, Hopfenwirtschaft	25
26.07.2019	Muensterer, J.	Aktuelles zum Pflanzenschutz	Schüler der Landwirtschaftsschule	12
02.08.2019	Muensterer, J.	Aktuelles zur Hopfenforschung	Weinbauern	50
22.05.2019	Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenproduktion, Hopfenanalytik	Verband der Landwirtschaftskammern	30
26.06.2019	Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenbau, Pflanzenschutz, Hopfenanalytik	Brauerkurs, TUM, Wissenschaftszentrum Freising-Weihenstephan	7

<b>Datum</b>	<b>Name</b>	<b>Thema/ Titel</b>	<b>Gäste</b>	<b>TZ</b>
15.07.2019	Seigner, E.	Hopfenzüchtung, Entwicklung und Selektion neuer Sorten	Barth-Haas Group	15
16.07.2019	Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenbau, Hopfenanalytik	Studenten der TUM, LS Getränke- und Brautechnologie	16
08.08.2019	Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Elbe-Saale-Züchtungsprojekt, Klimatoleranz d. Hüller Sorten	Elbe-Saale Hopfenpflanzler	45
15.08.2019	Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenanalytik	AB InBev, Praktikanten	22
28.08.2019	Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, neue Sorten, Aromaanalytik	Boston Beer Company	6
17.09.2019	Seigner, E.	Hop research of the LfL, hop breeding, new hop cultivars	Hopfenpflanzler	55
18.09.2019	Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung	Bier-Journalist	1
11.11.2019	Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenanalytik	EFES Brauerei und US Brewers Association	4
15.03.2019	Seigner, E. Kammhuber, K.	Hopfenforschung LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenanalytik	AB-InBev	4
30.08.2019	Seigner, E. Kammhuber, K.	Hopfenforschung LfL, Hopfenzüchtung, Aromaanalytik	Craft-Brauer, Barth Haas Group	30
12.09.2019	Seigner, E. Kammhuber, K.	Hopfenforschung LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenanalytik	Molson Coors, Rohstoffeinkäufer	3
22.03.2019	Seigner, E.; Euringer, S.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenbau und Pflanzenschutz	US-Agrarstudenten, Fachrichtung Smart Farming	20
10.05.2019	Seigner, E.; Euringer, S.	hop research of the LfL, hop breeding, chemical analysis, hop production, hop protection	AB-InBev, Global Brewmaster Course	60
20.09.2019	Seigner, E.; Lutz, A.	Hop breeding programs, climate resilience, hop harvest 2019	AB-InBev, Management	15
13.08.2019	Weihrauch, F.	Ökologischer und integrierter Hopfenbau, Besichtigung von Versuchen zum Pflanzenschutz im Öko-Hopfen	Beiselen GmbH	3
05.08.2019	Weihrauch, F. Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Fragen rund um den Ökohopfenbau	BÜNDNIS 90 / Die Grünen, Landtagsabgeordnete	2
25.07.2019	Weihrauch, F.; Obermaier, M.	Ökologischer Hopfenbau	Prof. Dr. Ignacio Guerra, Univ. León	2

### 9.3.10 Ausstellungen und Poster

Autor(en)	Titel	Veranstaltung/ Ort	Veranstalter
Lutz, A.; Seigner, E.	Züchtung von robusten Hochalpha-Hopfensorten für das Elbe-Saale Gebiet	Exkursion des Vorstandes des Thüringer Braugerechtigtenvereins, Hüll	
Seigner, E.; Forster, B.	Detached leaf assay to evaluate downy mildew tolerance of hops	Tagung der Wissenschaftlich-Technischen Kommission, Bischoffsheim	Wissenschaftlich-Technischen Kommission des Internationalen Hopfenbaubüros
Seigner, E.; Lutz, A.	Hopfenbau mit den neuen Hüller Zuchtsorten - fit für die Zukunft	Besuch der Elbe-Saale Hopfenpflanzler, Hüll	
Seigner, E.; Lutz, A.	Züchtung von robusten Hochalphasorten für das Elbe-Saale Gebiet	Besuch der Elbe-Saale Hopfenpflanzler, Hüll	LfL
Seigner, E.; Lutz, A.	The new Hüll Noble Aroma Cultivars	Craft Brewer Conference, Denver	US Brewers Association
Seigner, E.; Seigner, L.	Realtime PCR based diagnostics and meristem culture - essential tools for healthy hops	Tagung der Wissenschaftlich-Technischen Kommission, Bischoffsheim	Wissenschaftlich-Technischen Kommission des Internationalen Hopfenbaubüros
Sugimura, T.; Kammhuber, K. Lutz, A.; Seigner, E.; Gastl, M.; Becker, T.	Analysis of hop aroma components after fermentation based on close genetic background	37. EBC Congress, Antwerpen	European Brewery Convention (EBC)

## 9.4 Mitarbeit in Arbeitsgruppen, Mitgliedschaften

Mitglied	Organisation
Doleschel, P.	Bayerische Pflanzenzuchtgesellschaft
	DLG e.V., Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
	DLG-Ausschuss für Pflanzenzüchtung und Saatgutwesen
	GIL, Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e.V.
	Gesellschaft für Hopfenforschung
	Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.
	Gesellschaft für Pflanzenzüchtung
	ISIP e.V. (Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion)
	Kartoffelgesundheitsdienst Bayern e.V.
	LKP
	Testgremium für Pflanzkartoffeln in Bayern
Euringer, S.	EU Commodity Expert Group Minor Uses Hops
	Ring junger Hopfenpflanzer e.V.
Fuß, S.	Prüfungsausschuss für den Ausbildungsberuf Landwirt am Fortbildungsamt Landshut
Kammhuber, K.	Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik (AHA)
	European Brewery Convention (Hopfen-Subkomitee) Analysen-Komitee
	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCH)
Münsterer, J.	Prüfungsausschuss für den Ausbildungsberuf Landwirt am Fortbildungsamt Landshut
Portner, J.	AG Nachhaltigkeit im Hopfenbau
	JKI - Fachbeirat Geräte-Anerkennungsverfahren zur Beurteilung von Pflanzenschutzgeräten
	Meisterprüfungsausschüsse Niederbayern, Oberbayern-Ost und Oberbayern-West für den Ausbildungsberuf Landwirt
Seigner, E.	Gesellschaft für Hopfenforschung
	Gesellschaft für Pflanzenzüchtung
Weihrauch, F.	Chairman der EU Commodity Expert Group (CEG) Minor Uses in Hops
	Chairman der Wissenschaftlich-Technischen Kommission (WTK) des Internationalen Hopfenbaubüros (IHB)
	Arbeitsgemeinschaft Bayerischer Entomologen e.V
	British Dragonfly Society
	Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie (DGaaE)
	DGaaE, AK Neuropteren
	DGaaE, AK Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden
	Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft (DPG)
	Deutsche Gesellschaft für Orthopterologie (DGfO)
	Gesellschaft deutschsprachiger Odonatologen e.V.
	Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.
	Münchner Entomologische Gesellschaft e.V.
	Rote Liste Arbeitsgruppe der Neuropteren Deutschlands
	Rote-Liste-Arbeitsgruppen der Libellen und Neuropteren Bayerns
Worldwide Dragonfly Society	

## 10 Unser Team

**Für die Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Hüll / Wolnzach / Freising waren im Jahre 2019 tätig (AG = Arbeitsgruppe):**

### **IPZ 5**

**Koordinator: Direktor an der LfL Dr. Peter Doleschel**

Alexandra Hertwig

Birgit Krenauer

### **IPZ 5a**

**AG Hopfenbau, Produktionstechnik**

**Leitung: LD Johann Portner**

Elke Fischer

LAR Stefan Fuß

LAR Jakob Münsterer

B.Sc. Andreas Schlagenhauer

M.Sc. Johannes Stampfl

### **IPZ 5b**

**AG Pflanzenschutz im Hopfenbau**

**Leitung: Simon Euringer**

Anna Baumgartner

Maria Felsl

Korbinian Kaindl (ab 01.08.2019)

Kathrin Lutz

Georg Meyr (bis 31.05.2019)

Marlene Mühlbauer

Georg Thalmaier (15.04.2019 – 30.09.2019)

Johann Weiher

Laura Wörner (bis 10.03.2020)

## **IPZ 5c**

### **AG Züchtungsforschung Hopfen**

**Leitung: RD Dr. Elisabeth Seigner**

Brigitte Brummer  
LTA Renate Enders  
CTA Brigitte Forster  
Herbert Graßl (bis 08.03.2019)  
Hermann Grebmair (bis 31.07.2019)  
CTA Petra Hager  
LTA Brigitte Haugg  
Maximilian Heindl (ab 01.08.2019)  
Elfriede Hock  
Agr.-Techn. Daniel Ismann  
LTA Jutta Kneidl  
LAR Anton Lutz  
Margret Maier (bis 30.06.2019)  
Katja Merkl (ab 01.07.2019)  
Sonja Ostermeier  
Ursula Pflügl  
Andreas Roßmeier (ab 01.11.2019)

## **IPZ 5d**

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

**Leitung: RD Dr. Klaus Kammhuber**

MTLA Magdalena Hainzmaier  
CL Evi Neuhof-Buckl  
Dipl.-Ing. agr. (Univ.) Cornelia Petzina  
CTA Silvia Weihrauch  
CTA Birgit Wyschkon

## **IPZ 5e**

### **AG Ökologische Fragen des Hopfenbaus**

**Leitung: Dipl.-Biol. Dr. Florian Weihrauch**

M.Sc. Maria Obermaier