



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

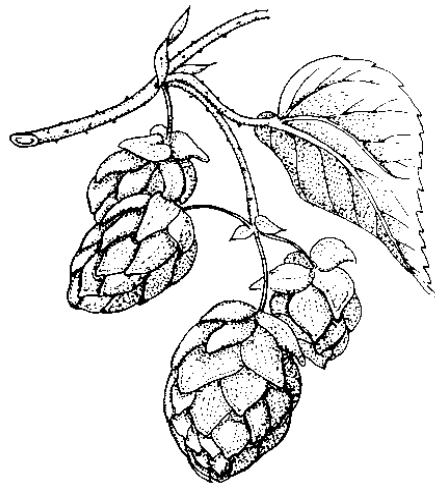


Wir forschen Hopfen

Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.

Jahresbericht 2020

Sonderkultur Hopfen



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

- Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung -
und

Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.

März 2021



LfL-Information

Impressum

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

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

1. Auflage: März 2021

Druck: Saxoprint GmbH, 01277 Dresden

Schutzgebühr: 10,00 Euro

© LfL, alle Rechte beim Herausgeber



Jahresbericht 2020
Sonderkultur Hopfen

Vorwort

Das Jahr 2020 war sehr stark von der Coronapandemie geprägt. Durch den Wegfall der Volksfeste, so auch des Oktoberfestes ist auch der Bierausstoß um etwa 10 % zurückgegangen und damit auch der Bedarf an Hopfen, was sich auf den Hopfenmarkt noch einige Jahre auswirken wird. Die Coronakrise wird überwunden werden, aber die großen Herausforderungen werden bleiben. Ein aktuelles Problem ist sicher der rasant fortschreitende Klimawandel mit deutlichen Auswirkungen auf den Hopfenbau. Daher sind stresstolerante, gleichermaßen Hitze, Trockenheit wie auch Nässe beständige Sorten, die selbst bei Wetterextremen gute Erträge und stabile α -Säuregehalte liefern, unbedingte Voraussetzung. Die neuen Hüller Sorten zeichnen sich bereits durch Klimastabilität und Nachhaltigkeit kombiniert mit herausragender Brauqualität aus und stellen so klare Züchtungserfolge dar.

Das zweite große Thema ist die Hinwendung zu mehr Ökologie und Nachhaltigkeit. Diese Thematik ist mittlerweile bei Gesellschaft und Politik angekommen. Für manche Wissenschaftler ist die Erhaltung der Biodiversität sogar noch wichtiger als der Kampf gegen die Klimaerwärmung. Auch auf diesen Gebieten ist die Hopfenforschung gut aufgestellt.

Die Arbeitsgruppe IPZ 5e leistet in verschiedenen Projekten einen großen Beitrag zur Entwicklung und Förderung der Biodiversität und der Ökologie im Hopfenbau.

In der Arbeitsgruppe IPZ 5a wurde in den letzten Jahren in einem Projekt erforscht, wie man mit Fertigation gezielter, bedarfsgerechter, effizienter düngen und die Nährstoffe optimaler ausnutzen kann. In einem weiteren Projekt werden die Stickstoffdynamik in Hopfenböden untersucht und Versuche zur Kompostierung und Verwertung von Rebenhäcksel durchgeführt. Erste Ergebnisse zeigen, dass durch die Ausbringung von Rebenhäcksel im Herbst keine erhöhte Stickstoffmineralisierung zu beobachten ist. Die Arbeiten zur optimalen Trocknung sind von immenser Wichtigkeit zur Reduzierung des Treibhausgases CO₂. Es kann sehr viel Heizöl eingespart werden, was eine große CO₂-Reduzierung und eine hohe Kostenersparnis bedeutet.

Um Erkenntnisse über die Verbreitung des Citrus Bark Cracking Viroid (CBCVd) in allen bayerischen Hopfenanbaugebieten zu erhalten, wurden im Jahr 2020 mehr als 2300 Proben aus 400 Betrieben genommen und im Labor getestet. Zusätzlich zu den drei Betrieben des Jahres 2019 wurden in vier weiteren Betrieben das CBCVd nachgewiesen. Im Jahr 2021 wird die Forschungsarbeit ausgeweitet und erneut ein Monitoring durchgeführt.

Neben den agronomischen Eigenschaften sind natürlich auch Inhaltsstoffe und Brauqualität ein wichtiges Thema. Dank der GfH ist das Labor in Hüll apparativ gut ausgestattet und kann effizient arbeiten.

In allen zukunftsrelevanten Themen ist die Hüller Hopfenforschung in der Lage, die Herausforderungen anzunehmen und für das Wohl des Hopfenbaus in Bayern und in Deutschland zu lösen. Der folgende Jahresbericht stellt die Aktivitäten des Hopfenforschungszentrums Hüll umfassend dar. Erfolgreiche Hopfenforschung benötigt aber auch fleißige, engagierte und kreative Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Ihnen 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

1	Statistische Daten zur Hopfenproduktion.....	9
1.1	Anbaudaten.....	9
1.1.1	Struktur des Hopfenanbaus	9
1.1.2	Hopfensorten	10
1.2	Erntemengen, Erträge und Alphasäuregehalte	12
2	Witterung und Wachstumsverlauf 2020	16
2.1	Witterung und Wachstumsverlauf.....	16
2.2	Situation bei Krankheits- und Schädlingsbefall	17
2.3	Besonderheiten 2020	17
3	Forschung und fachliche Daueraufgaben	19
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
4	Hopfenbau, Produktionstechnik	24
4.1	N _{min} -Untersuchung 2020.....	24
4.2	Verbesserung der Nährstoffeffizienz von Hopfen durch Dünge- systeme mit Fertigation (ID 5612)	26
4.3	Stickstoffdynamik in Hopfenböden bei unterschiedlichen Boden- arten und Düngesystemen (ID 6054)	31
4.4	Versuche zur Kompostierung und Verwertung von Hopfenrebenhäcksel zur Optimierung der Nährstoffeffizienz des organisch gebundenen Stickstoffs (ID 6141).....	33
4.5	Untersuchung der Wurzel und Nährstoffversorgung im Bodenprofil in Abhängigkeit von Bewässerung und Tropfschlauchposition.....	36
4.6	Untersuchung des Ertragsaufbaus von Hopfen in Abhängigkeit von Höhe und Zeitpunkt der Stickstoffdüngung.....	39
4.7	Untersuchung von Aufnahmegeschwindigkeit und Verteilung von über Fertigation ausgebrachten markierten Stickstoff (¹⁵ N)	43
4.8	LfL-Projekte im Rahmen der Produktions- und Qualitätsinitiative.....	46
4.8.1	TS- und Alphasäurenmonitoring.....	46

4.8.2	Jährliche Erhebung und Untersuchung des Schädlingsbefalls in repräsentativen Hopfengärten in Bayern.....	48
4.8.3	Chlorophyllmessungen an Hopfenblättern zur Einschätzung der Stickstoff- versorgung und des Düngebedarfs	48
4.8.4	Ringanalysen zur Qualitätssicherung bei der Alphasäurenbestimmung für Hopfenlieferverträge	49
4.9	Beratungs- und Schulungstätigkeit.....	49
4.9.1	Informationen in schriftlicher Form	50
4.9.2	Internet und Intranet	50
4.9.3	Telefonberatung, Ansagedienste	50
4.9.4	Vorträge, Tagungen, Führungen, Schulungen und Versammlungen	50
4.9.5	Aus- und Fortbildung	50
5	Pflanzenschutz im Hopfen	51
5.1	Schädlinge und Krankheiten des Hopfens.....	51
5.1.1	Peronospora Warndienst 2020	51
5.1.2	Zuflug der Aphisfliege 2020	52
5.2	Amtliche Mittelprüfung.....	53
5.3	Resistenz- und Wirksamkeitstests gegen die Hopfen-Blattlaus im Sprühturm.....	54
5.4	Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) zur Identifizierung von Hopfenmosaikvirus (HpMV) und Apfelmosaikvirus (ApMV) Infektionen an Hopfen	54
5.5	GfH-Projekt zur <i>Verticillium</i> -Forschung	55
5.6	CBCVd-Monitoring 2020	60
6	Züchtungsforschung Hopfen	62
6.1	Kreuzungen 2020	62
6.2	Aurum – Hüller Grünes Gold für Hopfenpflanzer und Brauer	62
6.3	Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettninger	65
6.4	Entwicklung von leistungsstarken, gesunden Hopfen mit hohen Alphasäuregehalten und besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet	68
6.5	Mehltauisolate und ihr Einsatz in der Mehлтаuresistenzzüchtung bei Hopfen	73
6.6	Blatt-Testsystem zur Beurteilung der Toleranz von Hopfen gegenüber Falschem Mehltau (<i>Pseudoperonospora humuli</i>)	76
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.....	80

6.8	Meristemkultur zur Erzeugung von gesundem Pflanzgut	87
6.9	Präzisionszüchtung für Hopfen – Genombasierte Präzisions- züchtung für zukunftsweisende Qualitätshopfen.....	91
7	Hopfenqualität und –analytik	97
7.1	Allgemeines.....	97
7.2	Welche Ansprüche bezüglich seiner Inhaltsstoffe soll der Hopfen in Zukunft erfüllen?.....	98
7.2.1	Anforderungen der Brauindustrie.....	98
7.2.2	Alternative Anwendungsmöglichkeiten.....	100
7.3	Bitterintensität und Bitterqualität	102
7.3.1	Isolierung, Identifikation und Analytik von Multifidolen in Hopfen.....	104
7.4	Welthopfensortiment (Ernte 2019).....	108
7.5	Qualitätssicherung bei der alpha-Säurenanalytik für Hopfen- lieferungsverträge	113
7.5.1	Ringanalysen zur Ernte 2020	113
7.5.2	Auswertung des Ringversuchs	114
7.5.3	Auswertung von Kontrolluntersuchungen	119
7.5.4	Nachuntersuchungen der Ernte 2020	121
7.6	Untersuchungen zur Biogenese der Bitterstoffe und Öle von neuen Zuchtstämmen	123
7.7	Entwicklung von NIRS-Kalibrierungen auf Basis von Konduktometer- und HPLC-Daten mit dem neuen Nahinfrarot-Reflektions-Spektroskopie- Gerät	127
7.8	Alpha-Säuren-Stabilität der neuen Hüller Zuchtsorten gegenüber Jahrgangsschwankungen	129
7.9	Arbeiten für die Arbeitsgruppe IPZ 6 – Bestimmung flüchtiger Stoffe bei Ackerbohnen	131
7.10	Kontrolle der Sortenechtheit im Jahr 2020	131
8	Ökologische Fragen des Hopfenbaus.....	132
8.1	Minimierung des Einsatzes kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen und integrierten Hopfenbau	132
8.2	Weiterentwicklung kulturspezifischer Strategien für den öko- logischen Pflanzenschutz mit Hilfe von Sparten-Netzwerken – Sparte Hopfen	135
8.3	Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau	136
8.4	Bekämpfung des Hopfen-Erdflöhs im ökologischen Hopfenanbau mit Gips, Gesteinsmehl und Kieselgur	139
8.5	Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbau-Praxis über Untersaaten	141

9	Veröffentlichungen und Fachinformationen	149
9.1	Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit	149
9.2	Veröffentlichungen.....	149
9.2.1	Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge	149
9.2.2	LfL-Schriften.....	152
9.2.3	Internetbeiträge.....	152
9.3	Tagungen, Vorträge, Führungen, Ausstellungen	153
9.3.1	Durchgeführte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops	153
9.3.2	Besuchte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops IPZ 2020.	153
9.3.3	Durchgeführte interne Veranstaltungen	153
9.3.4	Aus-, Fort- und Weiterbildung	154
9.3.5	Gutachten und Stellungnahmen	154
9.3.6	Fachinformationen	155
9.3.7	Vorträge.....	156
9.3.8	Praktika.....	162
9.3.9	Führungen.....	162
9.4	Mitarbeit in Arbeitsgruppen, Mitgliedschaften	164
10	Unser Team.....	165

1 Statistische Daten zur Hopfenproduktion

LD Johann Portner, Dipl.-Ing. agr.

1.1 Anbaudaten

1.1.1 Struktur des Hopfenanbaus

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	2020	1 087	19,05

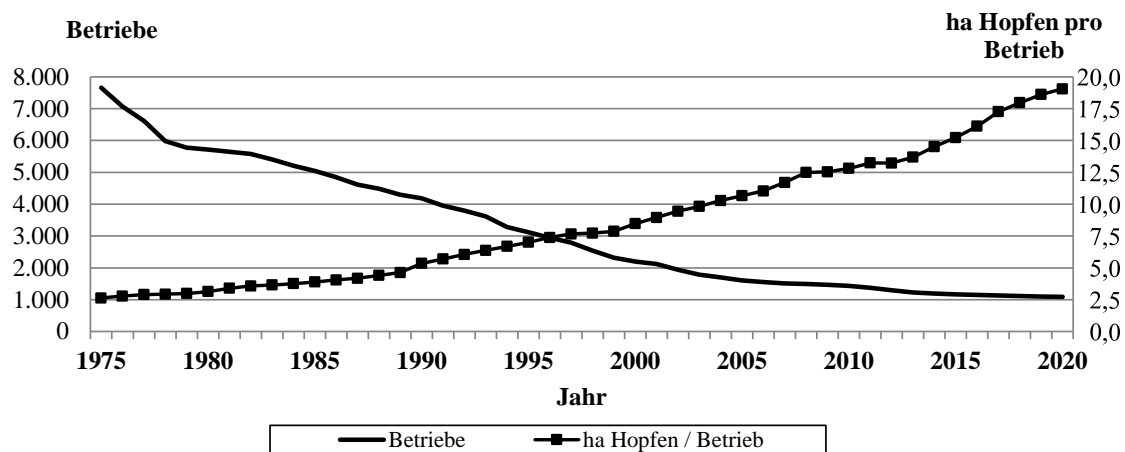


Abb. 1.1: Zahl der Hopfenbaubetriebe und deren Hopfenfläche in Deutschland

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

Anbaugebiet	Hopfenanbauflächen				Hopfenbaubetriebe				Hopfenfläche je Betrieb in ha	
	in ha		Zunahme + / Abnahme - 2020 zu 2019		2019	2020	Zunahme + / Abnahme - 2020 zu 2019		2019	2020
	2019	2020	ha	%			Betriebe	%		
Hallertau	16 995	17 233	238	1,4	886	880	- 6	- 0,7	19,18	19,58
Spalt	415	408	- 7	- 1,7	52	51	- 1	- 1,9	7,98	7,99
Tettngang	1 438	1 479	42	2,9	128	125	- 3	- 2,9	11,23	11,84
Baden, Bitburg u. Rheinpfalz	22	22	0	± 0	2	2	± 0	± 0	11,00	11,00
Elbe-Saale	1 547	1 564	17	1,1	29	29	± 0	± 0	53,35	53,93
Deutschland	20 417	20 706	289	1,4	1 097	1 087	- 10	- 0,9	18,61	19,05

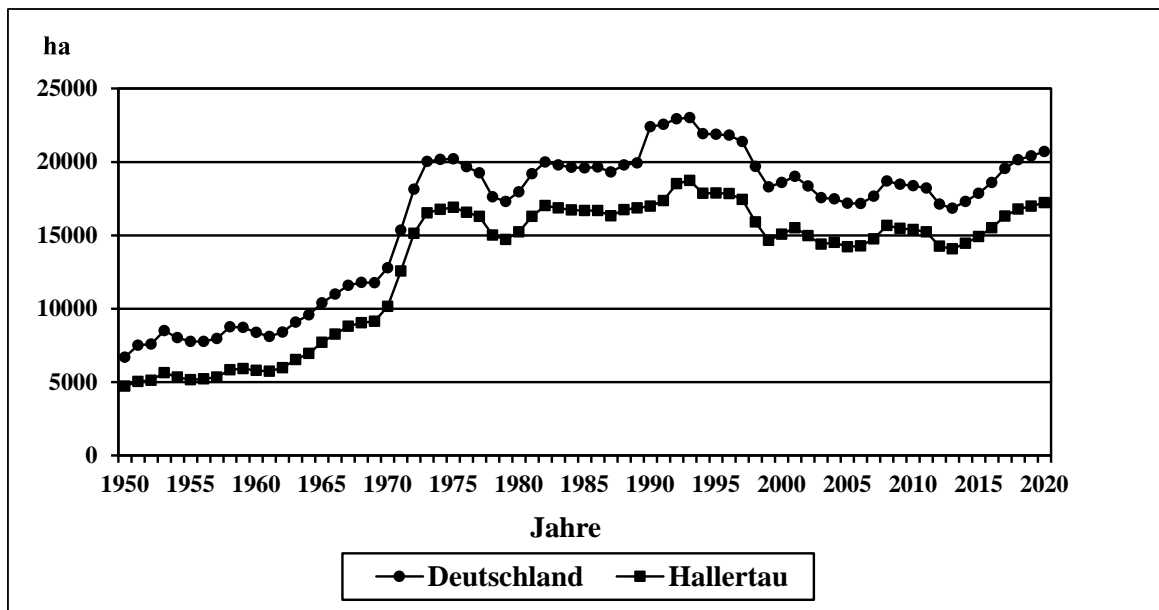


Abb. 1.2: Hopfenanbauflächen in Deutschland und in der Hallertau

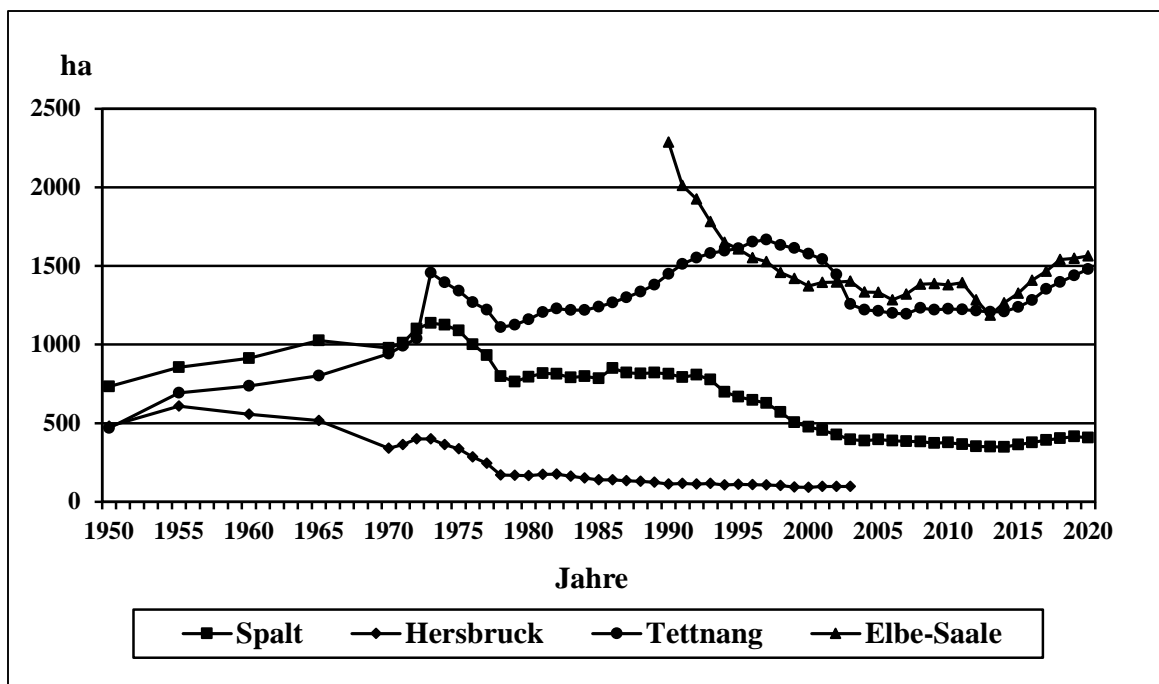


Abb. 1.3: Hopfenanbauflächen in den Gebieten Spalt, Hersbruck, Tett nang und Elbe-Saale

Das Anbaugebiet Hersbruck gehört seit 2004 zur Hallertau.

1.1.2 Hopfensorten

Die Hopfenanbaufläche stieg 2020 mit 289 ha zum 7. Mal in Folge an und liegt jetzt bei 20 706 ha in Deutschland.

Der Anteil der **Aromasorten** beträgt unverändert 55 %. Als neue Sorten hinzu gekommen sind Akoya, Aurum, Diamant und Solero mit insgesamt 41 ha. Die meisten neueren Aromasorten (Flavorsorten) der letzten Jahre, aber auch ältere Sorten sowie einige alten Landsorten haben Fläche eingebüßt. Den größten Flächenrückgang in diesem Segment hatte die Sorte Saphir mit 42 ha zu verzeichnen.

Größere Flächenzuwächse gab es wiederum bei den traditionellen bereits flächenstarken Aromasorten Perle (+ 149 ha) und Hallertauer Tradition (+ 100 ha).

Auch die **Bitterhopfenfläche** hat erneut zugenommen und nimmt einen Anteil von 45 % ein. Wieder sind bei den älteren Bittersorten Hallertauer Magnum, Merkur und Taurus Flächenrückgänge zu verzeichnen. Herkules (+ 162 ha) und Polaris (+ 65 ha) dagegen konnten erneut an Fläche gewinnen. Damit ist Herkules mit Abstand die größte Hopfensorte in Deutschland (6717 ha) und wird schon fast auf einem Drittel der Hopfenfläche angebaut.

Tab. 1.3: Hopfensorten in den deutschen Anbaugebieten in ha im Jahre 2020

Aromasorten

Sorte	Hallertau	Spalt	Tettnang	Elbe-Saale	übrige Anb.-geb.	Deutschland	Sortenanteil in %	Veränderung in ha
Akoya	24			1	0	26	0,1	26
Amarillo	155		8	16		178	0,9	-30
Ariana	73	5	5			83	0,4	7
Aurum			1			1	0,0	1
Brewers Gold	19					19	0,1	0
Callista	48	1	8	4		61	0,3	-5
Cascade	61	4	4	9	1	78	0,4	-9
Comet	8		0			8	0,0	0
Diamant	9	2				11	0,1	11
Hallertau Blanc	140	3	13	12		167	0,8	0
Hallertauer Gold	4	2				6	0,0	-1
Hallertauer Mfr.	501	29	140		1	671	3,2	-8
Hallertauer Tradition	2.718	40	68	41	4	2.870	13,9	100
Herbrucker Pure	1	2				3	0,0	0
Hersbrucker Spät	898	7	0			904	4,4	-11
Hüll Melon	82	5	10	10		107	0,5	-17
Mandarina Bavaria	245	3	12	17		278	1,3	-20
Monroe	20		3			23	0,1	-3
Northern Brewer	133			133		266	1,3	-13
Opal	142	1	1			144	0,7	-2
Perle	2.887	36	103	262	8	3.297	15,9	149
Relax	4					4	0,0	0
Saazer	7			150		157	0,8	1
Saphir	369	19	41	20		449	2,2	-42
Smaragd	64	1	17			82	0,4	-1
Solero	3					3	0,0	3
Spalter	0	113				113	0,5	-5
Spalter Select	491	90	22	4		608	2,9	-3
Tettnanger			718			718	3,5	-14
Gesamt (ha)	9.106	363	1.173	678	15	11.335	54,7	113
Anteil (%)	44,0	1,8	5,7	3,3	0,1	54,7		0,55

Bittersorten

Sorte	Hallertau	Spalt	Tettnang	Elbe-Saale	übrige Anb.-geb.	Deutschland	Sortenanteil in %	Veränderung in ha
Hallertauer Magnum	1.290	3		622	3	1.918	9,3	-35
Hallertauer Merkur	5	3				8	0,0	-4
Hallertauer Taurus	196	1	0	14		211	1,0	-17
Herkules	6.254	37	283	138	5	6.717	32,4	162
Nugget	117			6		123	0,6	0
Polaris	216		19	105		340	1,6	65
Record	1					1	0,0	0
Sonstige	47	1	4	1		52	0,3	4
Gesamt (ha)	8.127	45	306	886	8	9.371	45,3	176
Anteil (%)	39,2	0,2	1,5	4,3	0,0	45,3		0,85

Alle Sorten

Sorte	Hallertau	Spalt	Tettnang	Elbe-Saale	übrige Anb.-geb.	Deutschland	Sortenanteil in %	Veränderung in ha
Gesamt (ha)	17.233	408	1.479	1.564	22	20.706	100,0	289
Anteil (%)	83,2	2,0	7,1	7,6	0,1	100,0		1,4

1.2 Erntemengen, Erträge und Alphasäuregehalte

Die **Hopfenernte 2020** in Deutschland betrug 46 878 500 kg (= 937 570 Ztr.) und lag damit knapp unter der guten Vorjahresernte von 48 472 220 kg bzw. 969 444 Ztr. Nach 2019 war dies die zweitgrößte Erntemenge im deutschen Hopfenanbau. Bezogen auf die Hopfenfläche, die ja erneut zugelegt hat, kann man von einer guten Durchschnittsernte sprechen, die aufgrund der Trockenheit im Mai und den kühlen Temperaturen im Mai und Juni mit einem Entwicklungsrückstand von bis zu 14 Tagen im Sommer nicht unbedingt zu erwarten war.

Mit durchschnittlich 2 264 kg/ha bezogen auf die Gesamtfläche liegt der **Hektarertrag** 110 kg/ha unter dem Vorjahresniveau.

Die **Alphasäuregehalte** der wichtigsten Hopfensorten lagen 2020 mit Ausnahme der Hochalphasorte Hallertauer Taurus über dem langjährigen Mittel. Insgesamt dürfte die 2020 produzierte Alphasäurenmenge trotz der niedrigeren Erntemenge in Deutschland bei 5 460 t liegen; das sind 200 t mehr als im vergangenen Jahr.

Tab. 1.4. Erntemengen und Hektarerträge von Hopfen in Deutschland

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ertrag kg/ha bzw. (Ztr./ha)	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.)	2 264 kg (45,3 Ztr.)
Anbaufläche in ha	17 855	18 598	19 543	20 144	20 417	20 706
Gesamternte in kg bzw. 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.	46 878 500 kg = 937 570 Ztr.

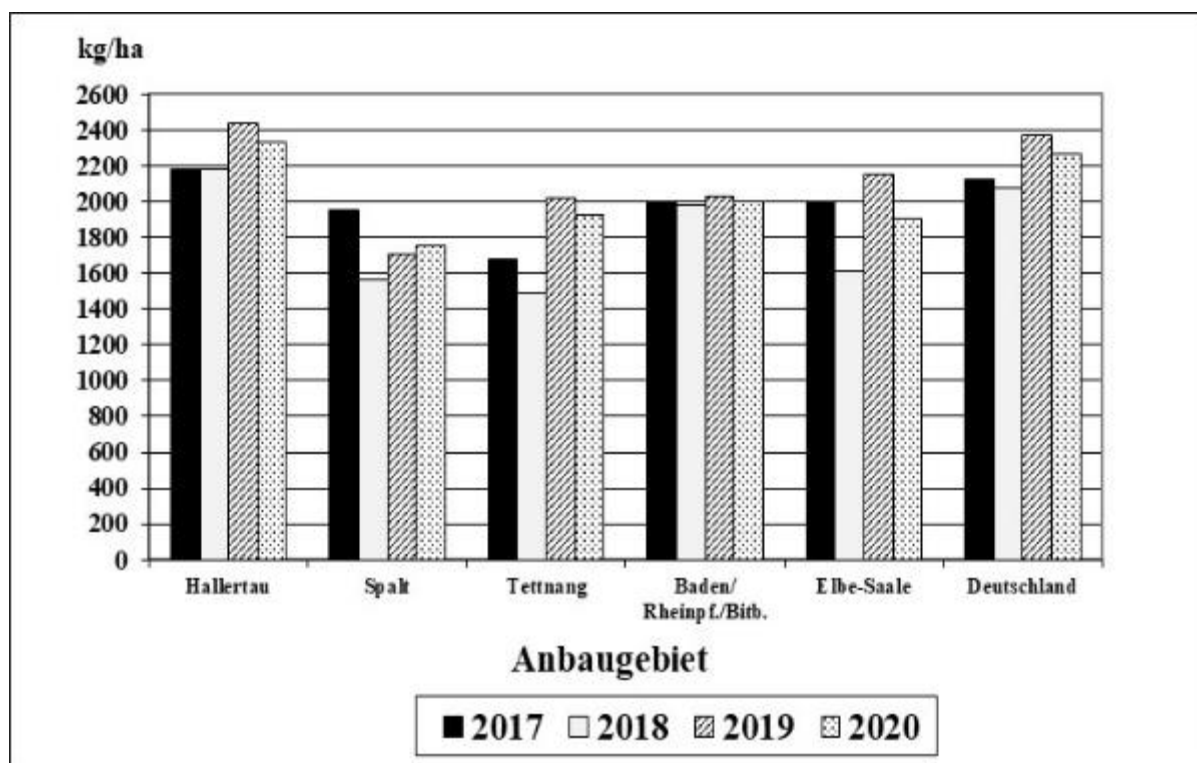


Abb. 1.4.: Durchschnittserträge der einzelnen Anbauggebiete in kg/ha

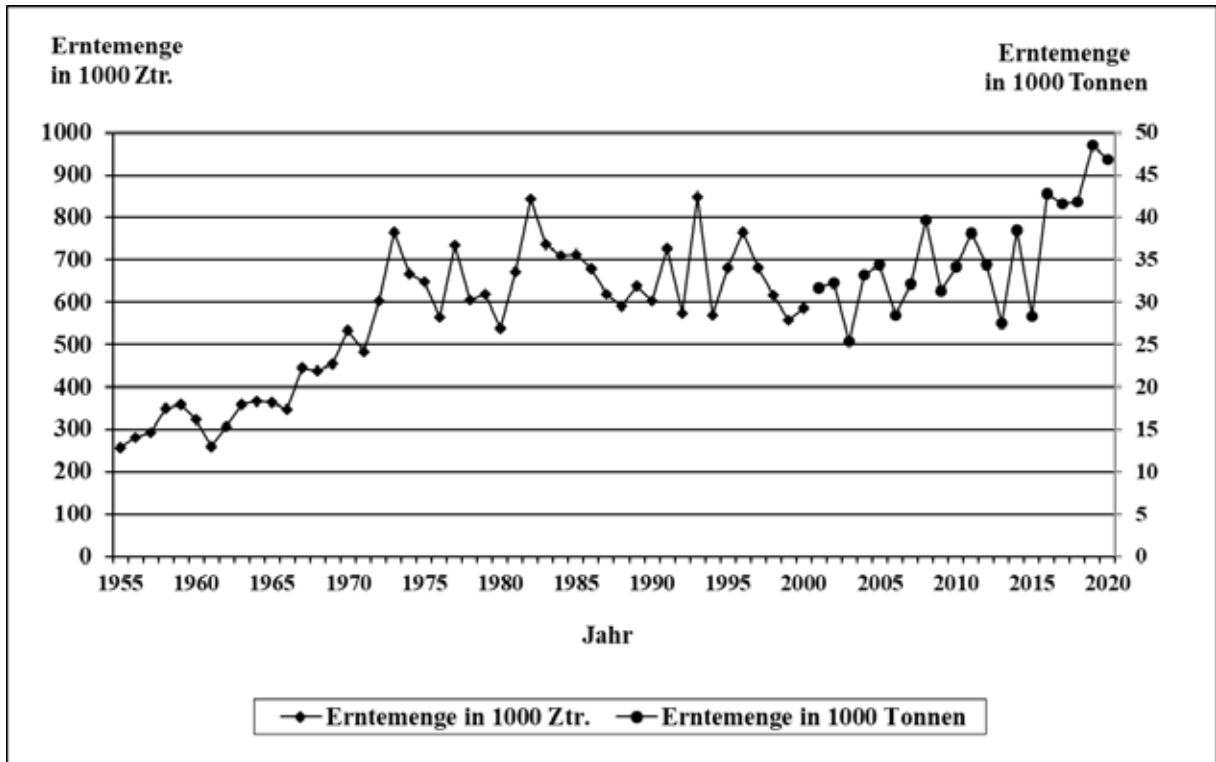


Abb. 1.5: Erntemengen in Deutschland

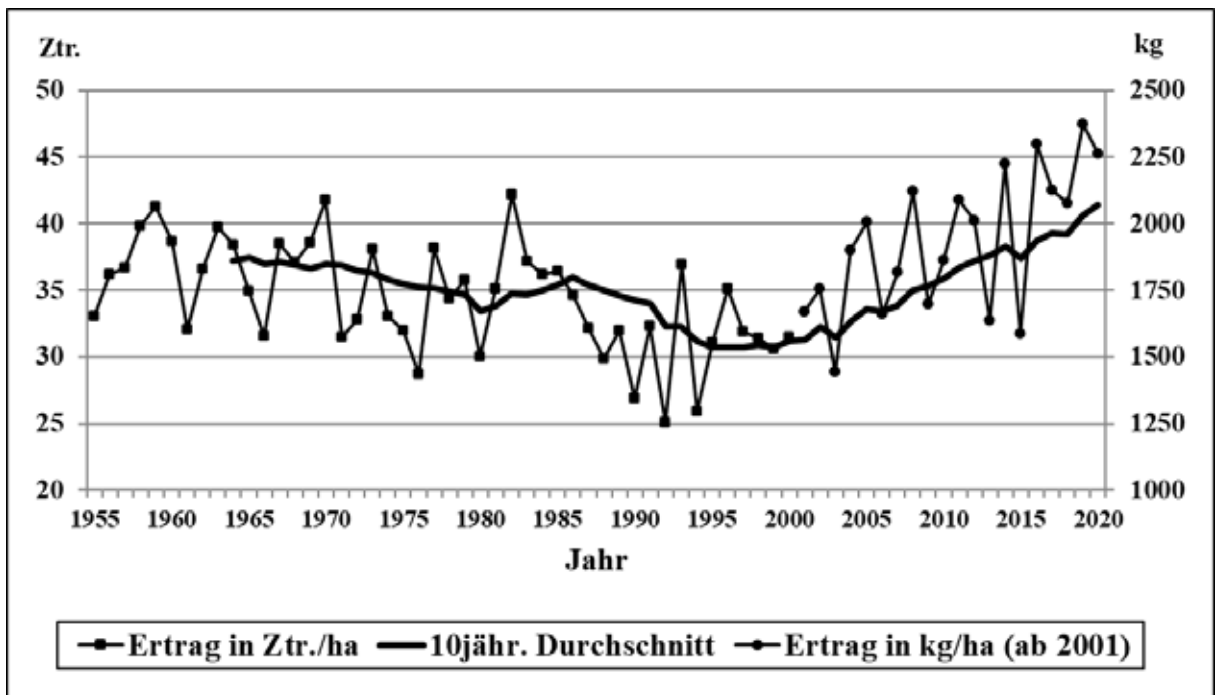


Abb. 1.6: Durchschnittsertrag (Ztr. bzw. kg/ha) in Deutschland

Tab. 1.5: Hektar-Erträge in den deutschen Anbaubereichen

Anbaubereich	Erträge in kg/ha Gesamtfläche								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Hallertau	2 090	1 638	2 293	1 601	2 383	2 179	2 178	2 441	2 338
Spalt	1 383	1 428	1 980	1 038	1 942	1 949	1 564	1 704	1 759
Tett nang	1 323	1 184	1 673	1 370	1 712	1 677	1 486	2 024	1 927
Bad. Rheinpf./ Bitburg	2 353	1 953	2 421	1 815	1 957	1 990	1 985	2 030	2 003
Elbe-Saale	1 983	2 116	2 030	1 777	2 020	2 005	1 615	2 150	1 906
Æ Ertrag je ha Deutschland	2 013 kg	1 635 kg	2 224 kg	1 587 kg	2 299 kg	2 126 kg	2 075 kg	2 374 kg	2 264 kg
Gesamternte Deutschland (t bzw. Ztr.)	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	46 879 t 937 570
Anbaufläche Deutschland (ha)	17 124	16 849	17 308	17 855	18 598	19 543	20 144	20 417	20 706

Tab. 1.6: Alpha-Säurewerte der einzelnen Hopfensorten in Deutschland

Anbaubereich/Sorte	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ø 5 Jahre	Ø 10 Jahre
Hallertau Hallertauer	5,0	4,6	3,3	4,0	2,7	4,3	3,5	3,6	4,1	4,5	4,0	4,0
Hallertau Hersbrucker	4,5	3,0	1,9	2,1	2,3	2,8	2,3	2,0	2,5	3,3	2,6	2,7
Hallertau Hall. Saphir	5,3	4,4	2,6	3,9	2,5	4,0	3,0	3,3	3,3	4,2	3,6	3,7
Hallertau Opal	9,7	9,0	5,7	7,3	5,9	7,8	7,2	6,4	7,3	8,5	7,4	7,5
Hallertau Smaragd	8,0	6,0	4,3	4,7	5,5	6,2	4,5	3,0	5,0	5,8	4,9	5,3
Hallertau Perle	9,6	8,1	5,4	8,0	4,5	8,2	6,9	5,5	6,7	7,4	6,9	7,0
Hallertau Spalter Select	6,4	5,1	3,3	4,7	3,2	5,2	4,6	3,5	4,4	5,2	4,6	4,6
Hallertau Hall. Tradition	7,1	6,7	5,0	5,8	4,7	6,4	5,7	5,0	5,4	6,3	5,8	5,8
Hallertau Mand. Bavaria		8,8	7,4	7,3	7,0	8,7	7,3	7,5	7,9	9,0	8,1	
Hallertau Hall. Blanc		9,6	7,8	9,0	7,8	9,7	9,0	8,8	9,0	10,9	9,5	
Hallertau Huell Melon		7,3	5,3	5,4	5,8	6,8	6,2	5,8	6,6	7,2	6,5	
Hallertau North. Brewer	10,9	9,9	6,6	9,7	5,4	10,5	7,8	7,4	8,1	9,1	8,6	8,5
Hallertau Polaris		20,0	18,6	19,5	17,7	21,3	19,6	18,4	19,4	20,6	19,9	
Hallertau Hall. Magnum	14,9	14,3	12,6	13,0	12,6	14,3	12,6	11,6	12,3	14,2	13,0	13,2
Hallertau Nugget	13,0	12,2	9,3	9,9	9,2	12,9	10,8	10,1	10,6	12,0	11,3	11,0
Hallertau Hall. Taurus	17,4	17,0	15,9	17,4	12,9	17,6	15,9	13,6	16,1	15,5	15,7	15,9
Hallertau Herkules	17,2	17,1	16,5	17,5	15,1	17,3	15,5	14,6	16,2	16,6	16,0	16,4
Tett nang Tett nanger	5,1	4,3	2,6	4,1	2,1	3,8	3,6	3,0	3,8	4,3	3,7	3,7
Tett nang Hallertauer	5,1	4,7	3,3	4,6	2,9	4,4	4,3	3,8	4,3	4,7	4,3	4,2
Spalt Spalter	4,8	4,1	2,8	3,4	2,2	4,3	3,2	3,5	3,9	4,7	3,9	3,7
Spalt Spalter Select	6,4	4,6	3,3	4,5	2,5	5,5	5,2	2,9	4,1	4,7	4,5	4,4
Elbe-S. Hall. Magnum	13,7	14,1	12,6	11,6	10,4	13,7	12,6	9,3	11,9	11,9	11,9	12,2

Quelle: Arbeitsgruppe Hopfenanalyse (AHA)

2 Witterung und Wachstumsverlauf 2020

LD Johann Portner, Dipl.-Ing. Agr

2.1 Witterung und Wachstumsverlauf

Ohne spürbaren Winter und mit viel Wärme sowie reichlichen Niederschlägen im Februar und März startete das Hopfenjahr 2020. Die ausgetrockneten Böden konnten damit weitgehend aufgefüllt werden. Ein warmer und niederschlagsarmer April begünstigte das Hopfenwachstum und ermöglichte, dass alle Feldarbeiten auf abgetrockneten Böden termingerecht erledigt werden konnten. Mit dem Anleiten wurde um den 22. April begonnen. Aufgrund der kühlen Temperaturen Anfang Mai zog sich das Ausputzen und Anleiten in die Länge und wurde bis Mitte Mai durchgeführt. Unterdurchschnittliche Temperaturen im Juni verstärkten die Wachstums- und Entwicklungsverzögerungen, so dass einige Sorten sehr „spitz“ blieben und der Blühbeginn sich um bis zu 14 Tagen verzögerte. Dafür gab es im Juni wieder reichliche Niederschläge, die notwendig waren, um das Bodenfeuchtedefizit im Juli auszugleichen. Erst im Verlauf des warmen Augusts mit durchschnittlichen Niederschlägen konnte der Hopfen den Entwicklungsrückstand aufholen und die Ernte begann mit einigen Tagen Verspätung in den letzten Augusttagen. Warmes und trockenes Erntewetter ab September beschleunigte schließlich die Abreife.

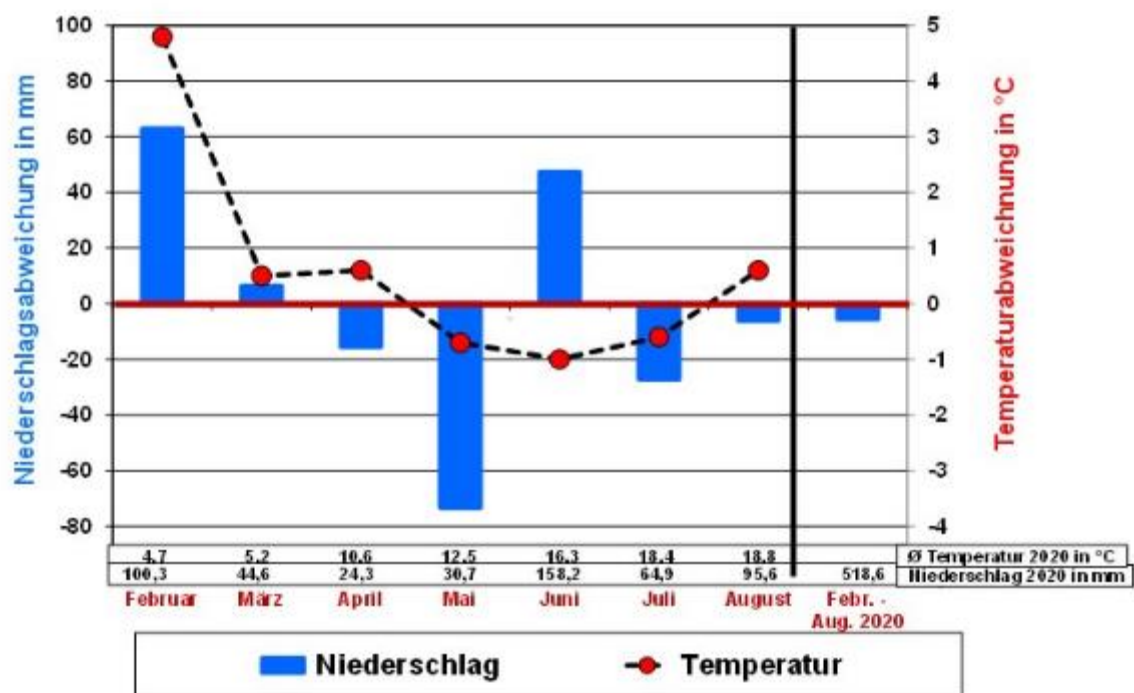


Abb. 2.1: Witterung während der Vegetationsperiode 2020 in Hüll als Abweichung der Monate vom 10-jährigen Durchschnitt

Heftige Gewitter mit großen Niederschlagsmengen innerhalb kurzer Zeit waren nur lokal begrenzt und eher selten, so dass keine größeren Erosionsschäden zu verzeichnen waren. Rechnet man die Februarniederschläge in die Vegetationsperiode mit ein, fiel am Standort Hüll ausreichend Regen, so dass nur auf wenigen Standorten Trockenstress zu verzeichnen war.

2.2 Situation bei Krankheits- und Schädlingsbefall

Liebstöckelrüssler traten nur lokal auf und konnte mit dem Pflanzenschutzmittel Exirel, das für Notfallsituationen kurzfristig zugelassen wurde, bekämpft werden. Erdflöhe dagegen sorgten auf mehreren Flächen für erhebliche Fraßschäden.

Peronospora-Primärinfektionen traten dieses Jahr nach dem Anleiten verstärkt auf. Insbesondere nach dem Einsetzen der Niederschläge im Juni waren an den Seiten- und Haupttrieben bis zu 5 m Höhe bis in den Juli hinein „Bubiköpfe“ zu finden. Dementsprechend hoch war auch der Peronosporadruck durch Sekundärinfektionen, wie die anhaltend hohen Zahlen der ausgezählten Zoosporangien in den Sporenfallen belegen. Im Verlauf der Saison waren daher 7 Bekämpfungsaufrufe für anfällige und 4 für tolerante Sorten bis zur Ernte notwendig.

Sehr aufwendig war auch die Bekämpfung des Echten Mehltaus. Erster Befall aus der Praxis wurde bereits ab Ende Mai gemeldet. Trotz zahlreicher Bekämpfungsmaßnahmen trat der Mehltaupilz im Verlauf der ganzen Saison immer wieder auf, insbesondere bei Bitterhopfen in dichten Herkulesbeständen. Mit „Luna Sensation“ gab es auch hier eine Notzulassung, da die Mittelpalette der herkömmlichen Präparate bei den meisten Betrieben ausgeschöpft war. Trotz regelmäßiger und intensiver Bekämpfung konnten in vielen Fällen Ertrags- und Qualitätseinbußen am Erntegut nicht verhindert werden.

Die unter den Krankheiten gefürchtete *Verticillium*-Welke trat dieses Jahr ebenfalls besonders stark auf. Ursächlich war der kühle und feuchte Juni, der die Infektionen der Wurzeln begünstigte. Ab Ende Juni konnten schon erste Symptome und Absterbeerscheinungen beobachtet werden, die viele Gärten schon von weitem kennzeichneten.

Dank der Notgenehmigung von Movento SC 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.

2019 wurde kurz vor der Ernte das aus Slowenien bekannte und gefürchtete Zitrusviroid oder „Citrus Bark Cracking Viroid“ (CBCVd) erstmals in der Hallertau nachgewiesen. In einem ausgedehnten risikobasierten Monitoring wurden 2020 in Bayern mehr als 2.300 Hopfenpflanzen von über 400 Hopfenbetrieben systematisch auf CBCVd untersucht. Insgesamt kamen zu den 3 bekannten Befallsbetrieben aus 2019 noch 4 weitere hinzu, so dass der Erreger erst an 3 Orten in der Hallertau nachgewiesen werden konnte. Der Befall und die Ausbreitung sind demnach noch sehr begrenzt.

2.3 Besonderheiten 2020

Die Pflanzenschutzprobleme - insbesondere bei den Krankheiten - und der Pflanzenschutz-einsatz waren im Hopfenjahr 2020 sehr intensiv und wurden oben bereits ausführlich beschrieben. Besonders die massive Hopfenwelke und das neu aufgetretene „Citrus Bark Cracking Viroid“ stellen die Hopfenpflanzer und die gesamte Hopfenwirtschaft vor große Herausforderungen.

Auch die anfängliche Wachstums- und Entwicklungsverzögerung ist erwähnenswert, die zum Ende der Ernte hin aber vollständig aufgeholt werden konnte.

Eine Besonderheit war der Sturm am 26. August, der kurz von der Ernte viele Windwurfstöcke verursachte und z. T. durch abgeriebene Dolden und abgeknickte Seitentriebe nennenswerte Verluste und Qualitätseinbußen bescherte.

Tab. 2.1: Witterungsdaten 2020 (Monatsmittelwerte bzw. Monatssummen) im Vergleich zu den 10- und 30**-jährigen Mittelwerten*

Monat	Temperatur in 2 m Höhe			Relat. Luftf. (%)	Niederschlag (mm)	Tage m. N'schlag	Sonnen-Schein
	Mittel (°C)	Min.Æ (°C)	Max.Æ (°C)				

3 Forschung und fachliche Daueraufgaben

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 ₃ - praxisnahe Optimierung des Stickstoffkreislaufes im Hopfenanbau	2016-2020 (2022)	Fa. Ecozept, LfU Leader-AG

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
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	Ermittlung des unterschiedlichen Sorptionsverhaltens der Hopfensorten	2020-2021	
5a	Stickstoffsteigerungsversuche mit Düngesystemen mit Fertigation (Masterarbeit)	2020-2021	TUM Florian Weiß

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	<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	Ministerium für ländlichen Raum (MLR), Baden-Württemberg; Tettnanger Hopfenpflanzerverband; Erzeugergem. Hopfen HVG; GfH (bis 2014)	IPZ 5d, Dr. K. Kammerhuber & 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	2016-2024	Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft; Ministerium f. Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt; Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft; Erzeugergem. Hopfen HVG e.G.	IPZ 5d: Dr. K. Kammerhuber & 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	2017-2021	Landwirtschaftliche Rentenbank	IPZ 5d: Dr. K. Kammerhuber & Team; IPZ 1d: Prof. Dr. V. Mohler; IPZ 2c: Dr. Th. Albrecht; Universität Hohenheim: Prof. Dr. J. Wünsche, Dr. M.H. Hagemann; Prof. Dr. G. Weber; Gesellschaft für Hopfenforschung: W. König; Hopfenverwertungsgen. HVG: Dr. E. Lehmann
<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>	2015-2023	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	2017-2021	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; Hopfenpflanzer
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
<u>IPZ 5d</u> 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	

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
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	2014-2022	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.	Betrieb Robert Drexler, Riedhof; Agrolytix 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	Weiterentwicklung kulturspezifischer Strategien für den ökologischen Pflanzenschutz mit Hilfe von Sparten-Netzwerken – Sparte Hopfen	2017-2022	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), BÖLN-Projekt 2815OE095	Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW e.V.)
<u>IPZ 5e</u> Dr. F. Weihrauch M. Obermaier	Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau	2018-2023	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.	IGN Niederlauterbach; AELF PAF, FZ Agrarökologie (Dr. S. Gresset); TU München, Lehrstuhl für terrestrische Ökologie (Prof. W. Weisser); LBV, KG PAF (Ch. Huber)
<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 2020

Die Stickstoffbodenuntersuchung nach DSN (N_{\min}) ist inzwischen zu einem festen Bestandteil der Düngeplanung in den Hopfenbaubetrieben geworden und nach der neuen Düngeverordnung Pflicht für Betriebe, die im Herbst 2020 die Ausnahmeregelungen von der Düngeverordnung für die Rückführung der Rebenhäcksel in Anspruch genommen haben oder Hopfenflächen in den „Roten Gebieten“ bewirtschaften.

2020 beteiligten sich in den bayerischen Anbaugebieten Hallertau und Spalt mehr als 2/3 der Hopfenbaubetriebe an der DSN-Untersuchung. Dabei wurden 3 782 Hopfengärten (2019: 4 078 Proben) auf den N_{\min} -Gehalt untersucht. Der durchschnittliche N_{\min} -Gehalt der bayerischen Hopfenböden war mit 59 kg N/ha 2020 etwas niedriger als im Vorjahr (66 kg N/ha). Eine Erklärung dafür könnten die hohen Erträge der Ernte 2019 und damit verbundenen hohen N-Entzüge sein. 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 2020 in den Landkreisen bzw. Anbauregionen

Landkreis/Anbaugebiet	Anzahl Untersuchungen	Vorläufiger N_{\min} -Wert (Stand 24.03.2020)	Endgültiger N_{\min} -Wert
Eichstätt (inkl. Kinding)	243	56	58
Freising	416	63	63
Hersbruck	67	65	50
Kelheim	1407	55	57
Landshut	239	73	71
Pfaffenhofen (u. Neuburg-Schrobenhausen)	1312	58	58
Spalt	98	69	69
Bayern	3782	59	59

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. 2020 traf dies in keinem Landkreis bzw. Anbaugbiet zu, wurde aber für die Anbauregion Hersbruck empfohlen, da der endgültige N_{\min} -Wert 15 kg/ha niedriger lag.

Betriebe mit Hopfenanbau in den **roten Gebieten** mussten 2020 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.

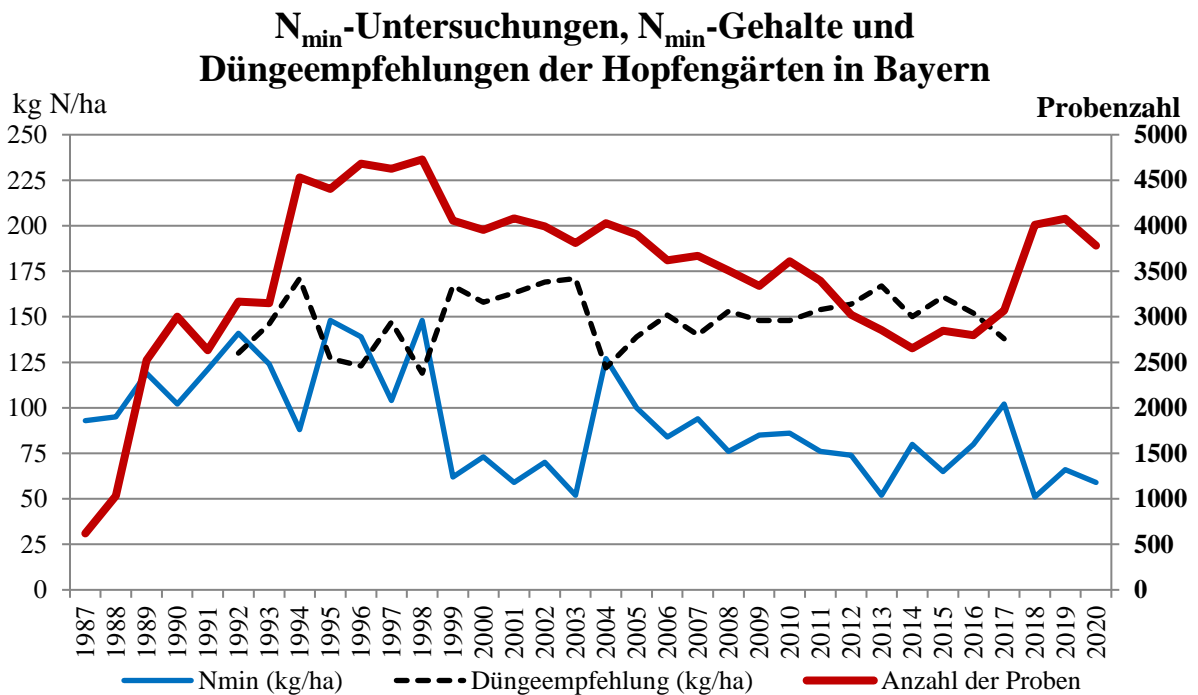


Abb. 4.1: N_{\min} -Untersuchungen, N_{\min} -Gehalte und Düngeempfehlungen (bis 2017) der Hopfengärten in Bayern im Verlauf der Jahre

4.2 Verbesserung der Nährstoffeffizienz von Hopfen durch Düngesysteme mit Fertigation (ID 5612)

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

Für ein stabiles Ertrags- und Qualitätsniveau stellt die Hopfenpflanze hohe Ansprüche an die Wasserversorgung. Erfolgt der Anbau in klimatisch humiden Gebieten, ist dabei sowohl die absolute Niederschlagsmenge als auch die zeitliche Verteilung der Niederschläge von Bedeutung. Der weltweit prognostizierte Klimawandel führt jedoch bereits jetzt zu einem messbaren Temperaturanstieg und einer Zunahme der Häufigkeit von Wetterextremen wie Trockenperioden und Starkniederschlägen. Diese Effekte zeigten sich in den vergangenen Jahren auch in den deutschen Hopfenanbaugebieten verstärkt. Infolge der verschlechterten Wasserversorgung wird die Produktion von Hopfen in ausreichender Quantität und hoher Qualität zunehmend erschwert, wodurch die Planungssicherheit in der Wertschöpfungskette abnimmt. Neben der Züchtung neuer Hopfensorten mit einer höheren Toleranz gegenüber Hitze- und Trockenperioden, stellt vor allem die zusätzliche Bewässerung mit wassersparenden Tropfbewässerungssystemen eine mögliche Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels dar.



Abb. 4.2: Tropfbewässerung im Hopfen

Grundsätzlich bieten Bewässerungssysteme neben einer Sicherstellung der Wasserversorgung von Pflanzen auch die Möglichkeit, zusammen mit dem Wasser Pflanzennährstoffe gezielt auszubringen. Diese, als Fertigation bezeichnete Form der Düngung, ist hocheffizient und wird in der Landwirtschaft vor allem in klimatisch ariden und semiariden Regionen der Welt mit hohem Bewässerungsbedarf eingesetzt.

Im Hopfenanbau wurde Fertigation bisher vor allem im Yakima Valley in den USA genutzt. Während benötigte Pflanzennährstoffe dort über das Bewässerungswasser appliziert werden, wird der Nährstoffbedarf in deutschen Anbaugebieten größtenteils durch die Ausbringung von Düngemitteln in granulierter Form gedeckt. Vor allem unter trockenen Bedingungen ist die Pflanzenverfügbarkeit gestreut (granuliert) ausgebrachter Nährstoffe jedoch stark eingeschränkt.

Der mengenmäßig wichtigste und am stärksten ertragslimitierende Nährstoff ist auch bei Hopfen, wie bei vielen anderen landwirtschaftlichen Nutzpflanzen, Stickstoff (N). Aufgrund der zusätzlich hohen Umweltrelevanz von Stickstoff wird die maximale Höhe der N-Düngung im deutschen Hopfenbau jedoch zunehmend durch gesetzliche Regelungen begrenzt. Somit könnten auch in Deutschland neue Düngungsmethoden, wie etwa die gezielte und bedarfsgerechte Ausbringung von Stickstoff über das Bewässerungswasser (Fertigation) eingesetzt werden, um einen effizienteren Einsatz der noch zur Verfügung stehenden Stickstoffmengen zu erreichen. Sowohl die zusätzliche Bewässerung als auch die Nutzung von Fertigation als Düngemethode stellen einen potenziellen Lösungsansatz im Klimawandel dar und könnten damit einen Beitrag zur Sicherung des Hopfenanbaus in deutschen Anbaugebieten leisten. Die Auswirkungen von Bewässerung und Fertigation wurden seit dem Jahr 2017 an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft im Rahmen eines von der Erzeugergemeinschaft HVG finanzierten Forschungsprojekts untersucht.

Stickstoff-Düngesysteme mit Fertigation

Im Vordergrund der Untersuchungen stand zunächst die Entwicklung von Stickstoff-Düngesystemen mit Fertigation. Das Ziel dabei war eine exaktere Anpassung der N-Düngung an den N-Aufnahmeverlauf der Hopfenpflanze sowie an die N-Nachlieferung aus dem Boden zu erreichen. Als Grundlage für deren Konzeption dienten unterschiedliche in der Hallertau durchgeführte Feldversuche, in denen seit 2017 die Auswirkungen eines in Zeit und Höhe variierten N-Angebots analysiert wurden.



Abb. 4.3: Düngereinspeisevorrichtung zur Fertigation

Eine wesentliche Erkenntnis daraus war, dass über das Bewässerungswasser ausgebrachter Stickstoff von der Hopfenpflanze unmittelbar aufgenommen wird, wodurch ein kurzfristiges Eingreifen in die Stickstoffernährung der Pflanze möglich ist.

Im Gegensatz dazu ist die Pflanzenverfügbarkeit des ausgebrachten Stickstoffs bei ausschließlich granulierter N-Düngung stark von der Niederschlagsverteilung abhängig. Eine Beeinträchtigung kann sowohl durch Trockenperioden als auch Starkniederschläge stattfinden. Ein mögliches N-Düngesystem mit Fertigation wird in Abb. 4.4 einem System mit ausschließlich granulierter N-Düngung gegenübergestellt. Dabei werden zwei Drittel der gesamten auszubringenden N-Menge verteilt auf 6 Einzelgaben über einen 6-wöchigen Zeitraum ab Kalenderwoche 25, während der Hauptbiomassebildung der Hopfenpflanze, ausgebracht. Im Gegensatz zur ausschließlich gestreuten N-Düngung wird bei diesem System nur 1/3 des Stickstoffs in granulierter Form ausgebracht. Welcher N-Anteil in der Praxis tatsächlich über Fertigation appliziert werden kann, wird vor allem davon bestimmt, ob ein Betrieb organische Düngemittel ausbringt und ob für das Hopfenputzen stickstoffhaltige Nährstofflösungen eingesetzt werden.

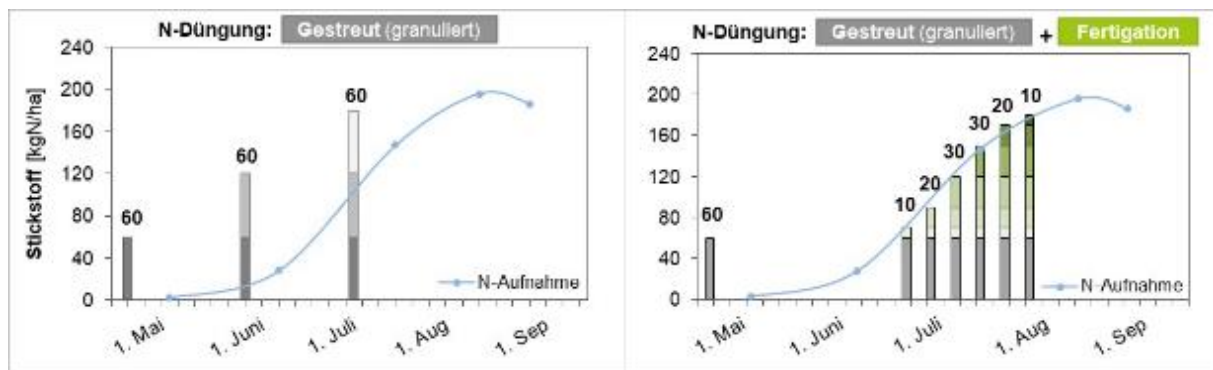


Abb. 4.4: Vergleich eines Düngesystems mit ausschließlich gestreuter N-Düngung (links) und eines kombinierten Systems mit Fertigation mit Ausbringung von 2/3 des Stickstoffs über das Bewässerungswasser (rechts).

Auswirkungen auf den Ertrag und die Qualität

An der Sorte Perle wurden im Rahmen eines dreijährigen statischen Feldversuchs auf einem sandigen Standort im Zeitraum von 2017 bis 2019 die Effekte zusätzlicher oberirdischer Tropfbewässerung sowie Fertigation auf den Ertrag und die Qualität untersucht (Abb. 4.5). Erfolgte bei einem N-Düngeniveau von 150 bis 180 kg N/ha mit Verteilung des Stickstoffs auf 3 Gaben in granulierter Form eine zusätzliche Bewässerung, führte dies im Mittel der 3 Jahre zu einer Ertragssteigerung um 7 % und Erhöhung des Alphasäuregehalts um 15 %. Wurde hingegen nur 1/3 der N-Düngung gestreut ausgebracht und 2/3 über Fertigation erhöhte sich der Doldenertrag durchschnittlich um 15 % und der Alphasäuregehalt um 23 %. Noch deutlicher werden die Unterschiede zwischen den Varianten bei Betrachtung des Alphaertrags. Neben den durchschnittlichen Effekten sind für den Hopfenbau jedoch vor allem die Auswirkungen in Trockenjahren von entscheidender Bedeutung. Im Anbaujahr 2017 herrschte im Zeitraum von Mitte Juni bis Ende Juli, während der Ausbildung der Ertragsanlagen, eine starke Trockenheit. Ertrag und Alphasäuregehalt wurden in diesem Jahr durch Bewässerung um 12 bzw. 17 % und durch Fertigation um 20 bzw. 27 % gesteigert.

Die positiven Effekte von N-Düngesystemen mit Fertigation im Vergleich zur ausschließlich gestreuten N-Düngung zeigten sich grundsätzlich in allen durchgeführten Feldversuchen. Somit kann festgehalten werden, dass durch Bewässerung eine effektive Stabilisierung des Ertrags und der Qualität möglich ist und die Nutzung von Fertigation zu einer Steigerung der Effizienz von Bewässerungssystemen führt.

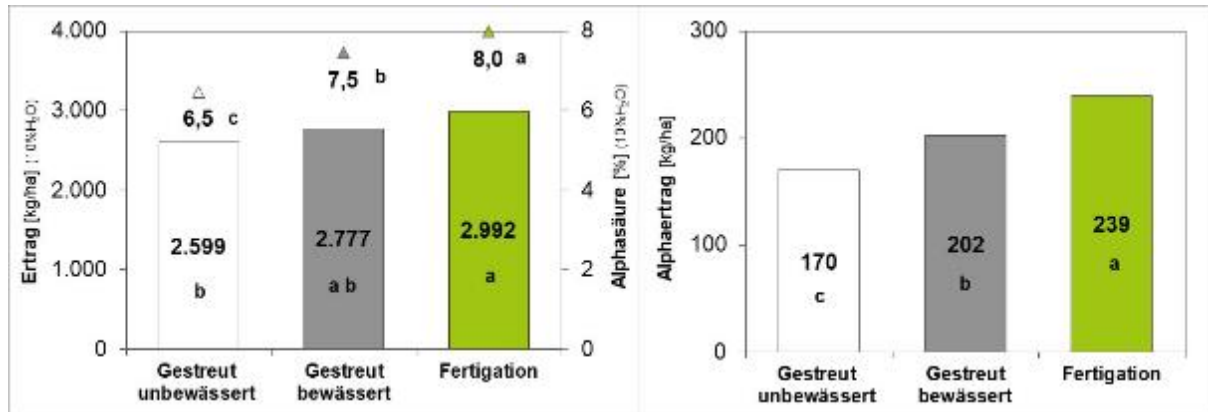


Abb. 4.5: Sorte Perle – sandiger Standort – 3-jährige Versuchsmittelwerte (2017 bis 2019); Doldenertrag, Alphasäuregehalt und Alphaertrag. Statistische Auswertung: Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

An der Sorte Herkules wurde im Rahmen der durchgeführten Bewässerungs- und Düngerversuche zusätzlich festgestellt, dass ein hohes N-Versorgungsniveau ab Anfang August, während der Phase der Alphasäuresynthese, zu einer signifikanten Reduktion des Alphasäuregehalts und Alphaertrags führen kann. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein hohes N-Versorgungsniveau nicht nur durch eine späte oder übermäßige N-Düngung zustande kommen kann, sondern auch durch einen hohen Vorrat an mineralischem Stickstoff im Boden (N_{\min}) oder einer hohen N-Nachlieferung. Erfolgte die Ausbringung des Stickstoffs ausschließlich in granulierter Form, führten Trockenperioden zu einer verzögerten Stickstoffwirkung und Erhöhung der Gefahr für eine hohe Pflanzenverfügbarkeit im Zeitraum der Alphasäuresynthese. Durch die gezielte N-Ausbringung über Fertigation konnte hingegen eine bedarfsgerechte Stickstoffernährung der Hopfenpflanze garantiert und eine Reduktion des Alphasäuregehalts effektiv verhindert werden.

Auswirkungen auf die Stickstoffausnutzung und Stickstoffeffizienz

Im Hinblick auf einen möglichst effizienten Einsatz der zur Verfügung stehenden Stickstoffmenge wurden weiterhin die Auswirkungen von Bewässerung und Fertigation auf den Stickstoffentzug bzw. die Stickstoffausnutzung und Stickstoffeffizienz analysiert. Dabei zeigte sich, dass eine zusätzliche oberirdische Bewässerung bei gleicher Höhe der N-Düngung und gestreuter Ausbringung des gesamten Stickstoffs durch eine verbesserte Biomassebildung zu einer Steigerung des N-Entzugs der Pflanze führt (Abb. 4.6).

Gleichzeitig wurden im Herbst nach der Ernte geringere N_{min} -Gehalte im Boden erfasst. Daraus resultiert, dass eine zusätzliche Bewässerung in Trockenperioden auch zu einer Verringerung des Risikos einer Nitratauswaschung ins Grundwasser führt.

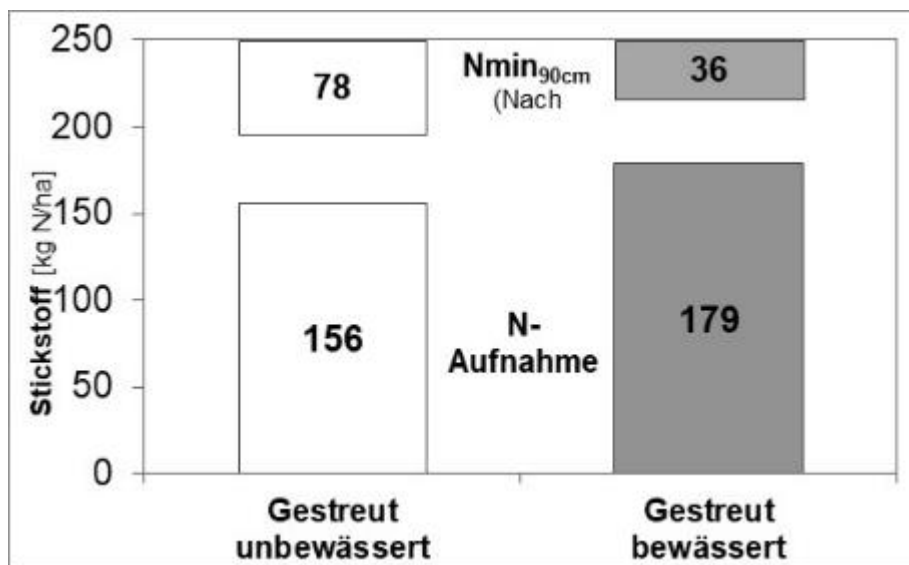


Abb. 4.6: Sorte Perle – sandiger Standort – Versuchsjahr 2017: Stickstoffaufnahme des Pflanzenbestands und N_{min} -Gehalt im Boden im Herbst nach der Ernte.

Des Weiteren wurde in unterschiedlichen Versuchsjahren an verschiedenen Standorten ermittelt, dass die Ausbringung eines Anteils der gesamten N-Düngung über das Bewässerungswasser vor allem unter Bedingungen eines limitierten N-Angebots zu einer deutlichen Steigerung der Effektivität der N-Düngung führt. Exemplarisch können die Effekte an der Sorte Perle im Anbaujahr 2018 an einem lehmigen Standort in der nachfolgenden Tabelle aufgezeigt werden. Dort führten N-Düngesysteme mit Fertigation sowohl zu einer Steigerung der prozentualen N-Ausnutzung (in Prozent der ausgebrachten N-Menge), als auch zu einer Verbesserung der Ertragsbildung je eingesetztem Kilogramm Stickstoff (agronomische N-Effizienz).

Tab. 4.2: Sorte Perle – lehmiger Standort – Versuchsjahr 2018: Vergleich der Auswirkungen von gestreuter N-Düngung und Fertigation auf agronomisch sowie ökologisch relevante Faktoren.

	Ertrag [kg/ha]	N-Entzug [kg N/ha]	N-Ausnutzung [%]	Agro. N-Effizienz [kg Dolden/kg N]
Gestreu bewässert	2.242	135	30	4,6
Fertigation	2.719	177	72	9,4

Zusammenfassend kann die Aussage getroffen werden, dass die Nutzung von Bewässerung und vor allem N-Düngesystemen mit Fertigation einen effektiven Lösungsansatz darstellen, um zukünftig den Auswirkungen des Klimawandels im deutschen Hopfenbau zu begegnen. Dabei können nicht nur agronomische Parameter wie der Doldenertrag und der Alphasäuregehalt stabilisiert, sondern auch ökologisch relevante Kennzahlen wie der N-Saldo verbessert und dadurch das Risiko einer Nitratauswaschung ins Grundwasser reduziert werden.

Detailliertere Informationen und weitergehende Hinweise zur „Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen“ finden Sie in den gleichnamigen Broschüren als LfL-Informationsschrift oder zusammengefasst in einem ALB-Beratungsblatt, die bei Redaktionsschluss des Jahresberichts noch nicht fertiggestellt und online verfügbar waren. Alle Forschungsergebnisse des vorgestellten Projekts können ausführlich in der Dissertation „Bedarfsgerechte Stickstoffernährung von Hopfen (*Humulus Lupulus* L.) durch Düngesysteme mit Fertigation“ von Johannes Stampfl ab dem Frühjahr 2021 nachgelesen werden.

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

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenbau, Produktionstechnik
Finanzierung:	Erzeugergemeinschaft HVG e. G.
Projektleiter:	J. Portner
Bearbeitung:	A. Schlagenhauser
Kooperation:	Hopfenbaubetriebe der Hallertau
Laufzeit:	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. Dazu kommt, dass gerade ältere Hopfensorten wenig stickstoffeffizient sind und nach der Ernte insbesondere in Trocken- und ertragsschwachen Jahren höhere Nitratgehalte nach der Ernte im Boden verbleiben und eine Gefahr für den Austrag in andere Ökosysteme darstellen.

Ziel

Im Rahmen des Projektes soll die Stickstoffdynamik in Hopfenböden von 21 Hopfenbaubetrieben untersucht werden. Dazu werden intensive N_{\min} -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 kann die Stickstoffverlagerung und das Verlustpotential im Vegetationsverlauf für verschiedene Betriebstypen, Düngesysteme und Bodenarten abgeschätzt werden 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 wider und umfassen verschiedenste Betriebs- und Düngesysteme. Die N_{\min} -Beprobung erfolgt zu Vegetationsbeginn im März, nach der Ernte im Oktober zur Erfassung der verbleibenden Stickstoffmengen im Boden und während der Vegetationsruhe im Winter, um eine Verlagerung im Winter 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 geteilt, um die Verlagerung in den Bodenschichten besser feststellen zu können. Jeder Betrieb erhält eine individuelle Beratung zu Fragen bei der Düngung. Alle Stickstoffdüngungen werden mengenmäßig und zeitlich erfasst. Bei der Ernte erfolgt eine Dolden- und Restpflanzenbearbeitung, um die exakte Stickstoffabfuhr zu berechnen. Dadurch kann eine flächenspezifische Nährstoffbilanz ermittelt und der Zusammenhang zu den N_{\min} -Gehalten im Boden hergestellt werden.



Abb. 4.7: N_{\min} -Bodenprobenehmer

Ergebnisse

Nach den Versuchsjahren 2018-2021 konnten erste Erkenntnisse zur Stickstoffdynamik im Hopfen gewonnen werden. Anhand der ersten neun Beprobungen lässt sich die Aufteilung der N_{\min} -Gehalte auf die jeweiligen Schichten in Abhängigkeit vom Probenahmeterrin darstellen (Abb. 4.8). Auffällig dabei sind die höheren N_{\min} -Gehalte im Herbst in den oberen 30 Zentimetern.

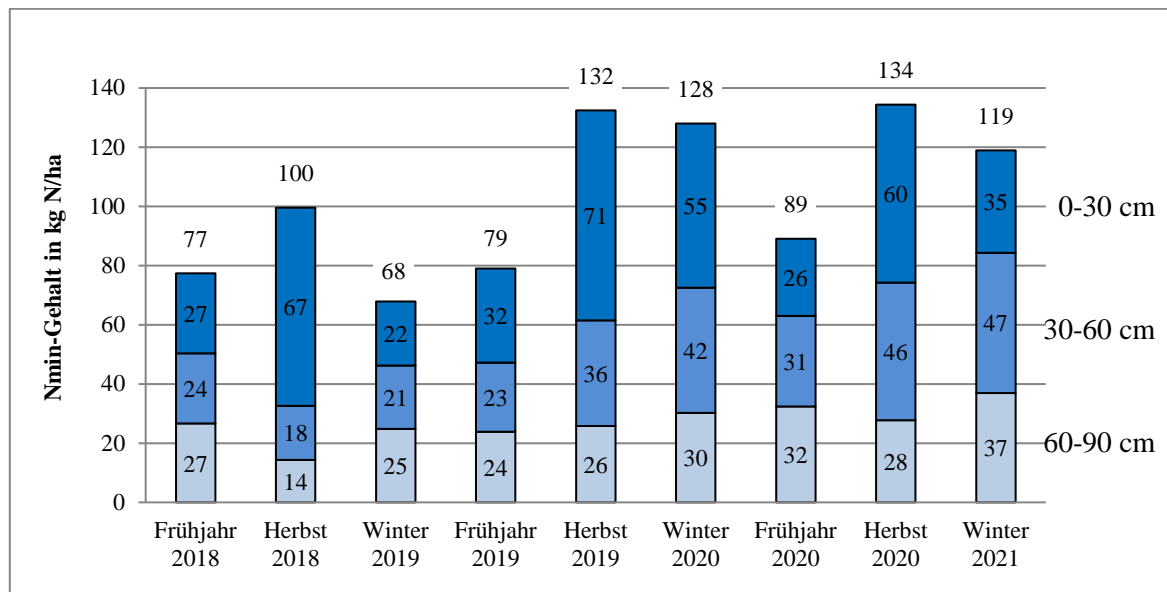


Abb. 4.8: N_{\min} -Gehalte im Verlauf von 9 Beprobungsterminen gegliedert in Bodenschichten ($n=62$)

Bei der differenzierten Betrachtung der N_{\min} -Gehalte in Abhängigkeit von der Sorte der jeweils beprobten Fläche, ist auffällig, dass die Aromasorten im Schnitt wesentlich höhere N_{\min} -Gehalte aufweisen (Abb. 4.9).

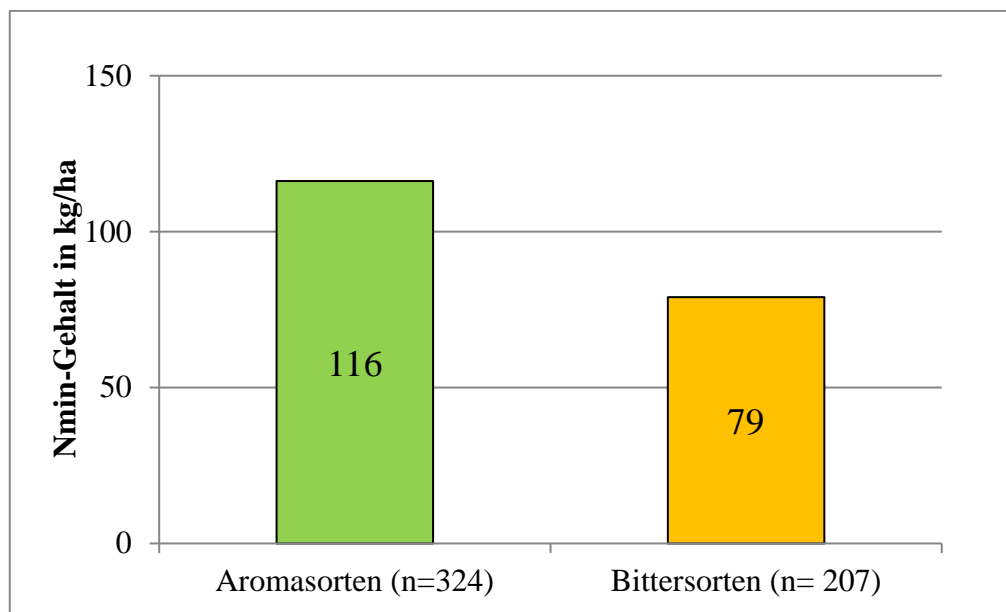


Abb. 4.9: N_{\min} -Gehalte im Mittel von 9 Beprobungsterminen gegliedert in Sortengruppen (2018-2020)

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

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenbau, Produktionstechnik
Finanzierung:	Erzeugergemeinschaft HVG e. G.
Projektleiter:	J. Portner
Bearbeitung:	A. Schlagenhauser, J. Stampfl, S. Fuß (LfL) Dr. Dieter Lohr (HSWT)
Kooperation:	Prof. Dr. Meinken, Institut für Gartenbau, HSWT Prof. Dr. Ebertseder, Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme, HSWT M. Stadler, Fachzentrum Agrarökologie, AELF Pfaffenhofen
Laufzeit:	01.09.2018 – 31.02.2022

Im Hopfenanbaugebiet Hallertau bewirtschaften 880 Betriebe 17 233 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 organische Dünger 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 Rebenhäcksel 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 Hopfenrebenhäcksel durchgeführt werden.

Projektziele

Risikoabschätzung einer erhöhten Nitratauswaschung durch die Ausbringung von Hopfenrebenhäcksel im Herbst entsprechend der derzeitigen Praxis

Entwicklung umweltverträglicher und praktikabler Kompostierungsverfahren mit Hopfenrebenhäcksel

Untersuchung der Stickstoffwirkung der verschiedenen Komposte/Substrate in Feldversuchen

Vergleich der verschiedenen Verfahren im Hinblick auf Ökonomie, Ökologie und Praktikabilität

Reduzierung von Stickstoffverlusten aus Rebenhäcksel

rechtskonforme, praktikable und umweltfreundliche Verwertung der Rebenhäcksel 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 m³) die grundlegenden Bedingungen für eine aerobe Kompostierung erarbeitet werden. Parallel wird in einem weiteren Versuch Rebenhäckselmaterial 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 Hopfenrebenhäcksel, 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 Hopfenrebenhäcksel durchgeführt. Diese werden im Rahmen dieses Projektes weitergeführt.



aerober Kompost



MC-Verfahren



Silage



klassische Lagerung



Ausbringung der generierten Substrate als organische Dünger auf Feldversuche und Gefäßversuche



Abb. 4.10: Darstellung Versuchsschema:
 oben: AP 2, praxisnaher Kompostierversuch
 unten links: AP 4, Feldversuch Hopfen, Rebenhäckselausbringung im Mai
 unten rechts: AP 3, Parzellenversuche mit Rebenhäcksel

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:

In den ersten Versuchsjahren 2018/19 und 2019/20 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.

Die Düngewirkung von Hopfenrebenhäcksel konnte anhand der N-Entzüge bei der Ernte des Parzellenversuchs im Getreide und im Feldversuch Hopfen festgestellt werden. Im Feldversuch Hopfen waren die N-Abfuhr der mit Rebenhäcksel gedüngten Parzellen sowohl im Jahr 2019 als auch im Jahr 2020 nur geringfügig höher als die der Kontrolle, was auf eine niedrige kurzfristige N-Düngewirkung hindeutet (Abb. 4.11). Für eine Aussage zur langjährigen N-Düngewirkung von Rebenhäcksel müssen noch die Ergebnisse der kommenden Versuchsjahre abgewartet werden.

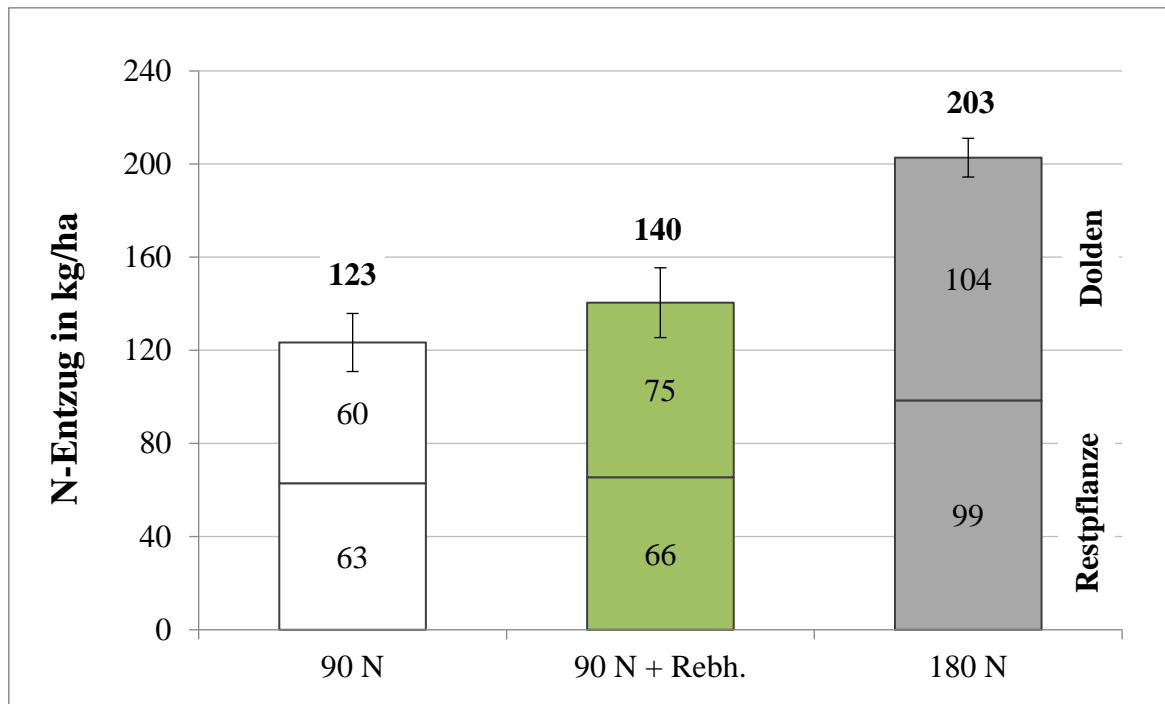


Abb. 4.11: Stickstoffentzüge bei der Ernte gegliedert in Dolden- und Restpflanzenentzug in kg/ha in Abhängigkeit der mineralischen bzw. organischen Düngung, Jahr 2020, Sorte Herkules, leichter Standort, drei Düngestufen: = 90 kg N mineralisch (Kontrolle), = 90 kg N mineralisch + 100 kg N organisch (Rebhäcksel), = 180 kg N mineralisch

4.5 Untersuchung der Wurzel und Nährstoffversorgung im Bodenprofil in Abhängigkeit von Bewässerung und Tropfschlauchposition

Bearbeitung: I. Riedl (Bachelorarbeit)
F. Weiß (Bachelorarbeit)
J. Stampfl

Kooperation: Dr. Sabine von Tucher,
Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Technische Universität München

Laufzeit: Mai 2019 - November 2019

Hintergrund und Ziel der Arbeit

Zwischen 2017 und 2019 fanden an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft umfangreiche N-Düngeversuche im Rahmen des Projektes „Verbesserung der Nährstoffeffizienz im Hopfen durch Düngesysteme mit Fertigation“ statt. Dabei wurden unter anderem die Effekte von Düngung, Bewässerung und der Tropfschlauchposition genauer untersucht. Die Tropfschlauchposition auf dem Bifang (AB) und die unterirdische Positionierung neben dem Bifang (NB) zeigten eine unterschiedliche Effektivität in Hinsicht auf Biomasse- und Ertragsbildung. Dahingehend wurden im Rahmen dieser beiden Abschlussarbeiten Bodenprofile auf die Wurzelverteilung, die Makronährstoffgehalte und die Bodeneigenschaften im bewässerten Bereich in Abhängigkeit des Bewässerungsverfahrens untersucht.

Methodik

Die Versuchsfläche liegt zentral in der Hallertau auf einem leichten Standort (IS) mit der Sorte Perle. Betrachtet wurden folgende Varianten:

Tab. 4.3: Versuchsvarianten des Bewässerungs- und Fertigungsversuchs

Variante	Bewässerung	Düngung
A	keine	keine
B	keine	Gestreut
C	AB	keine
D	AB	Gestreut
E	AB	Fertigation
F	NB	keine
G	NB	Gestreut
H	NB	Fertigation

Zur Untersuchung der Wurzelverteilung, wurden mithilfe eines Minibaggers Profile mit einer Breite von 2,0 Meter und einer Höhe von 1,0 Meter quer zu den verlaufenden Hopfenreihen exakt zwischen 2 Pflanzen ausgehoben. Anschließend wurden die Wände mit einem Spaten geglättet und darauf geachtet, dass auch im locker lagernden Bifangbereich eine gerade Profilwand erstellt werden konnte. Zum Freilegen der Feinwurzeln wurde Wasser bei 6 bar mit einer Düse an die Wand gesprüht. Dabei wurden noch 1,5 bis 2 cm der Profilwand nach unten abgetragen. An die Profilwand wurde ein Gitter mit einer Maschenweite von 5 x 5 cm angelegt, um die Wurzelzahl je Zählfeld ermitteln zu können (Abb. 4.12). Dabei wurden nur die freigelegten Wurzelspitzen gezählt. Zusätzlich wurden Bodenproben nach einem genau definiertem Beprobungsschema aus der Profilwand entnommen und auf Makro-Nährstoffgehalte (N_{\min} , P, K, Mg) und auf den TS-Gehalt untersucht. Mithilfe von Stechzylinderproben wurde unterhalb der jeweiligen Tropfschlauchposition die Lagerungsdichte des zu bewässernden Bodens bestimmt.



Abb. 4.12: Profilwand quer zur Hopfenreihe mit Zählraster

Ergebnisse

In allen untersuchten Versuchsvarianten zeigte sich, dass im Bifangbereich die Feinwurzel-dichte wesentlich höher als unterhalb der Bodenoberfläche war (Abb. 4.13). Allein im Bifang wurden im Schnitt zwischen 40 und 58 % der gesamten Feinwurzeln gezählt. In den ersten 20 cm unter der Bodenoberfläche wurden weitere 35-50 % gezählt. In tieferen Bodenschichten konnten somit kaum mehr Feinwurzeln gefunden werden.

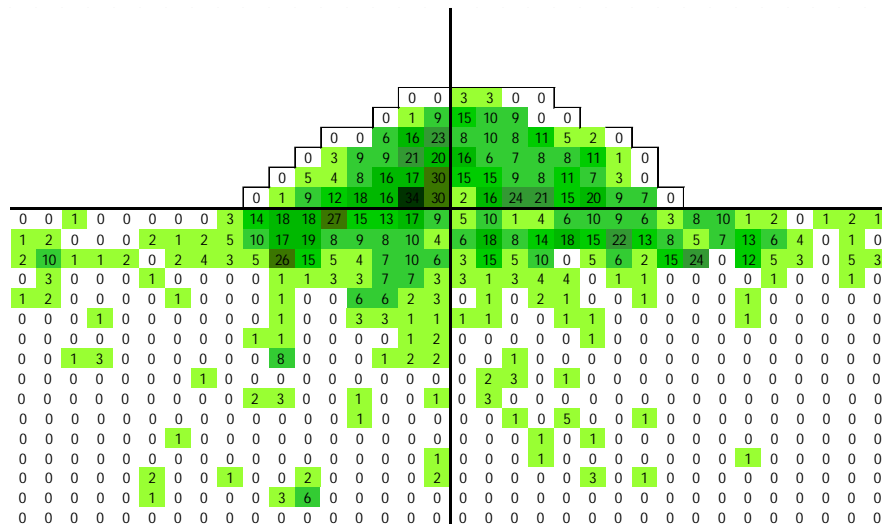


Abb. 4.13: Feinwurzelverteilung im Profil am Beispiel der oberirdisch fertigierten Variante (E), Sorte Perle, 2019 (je stärker die Grünfärbung, desto mehr Wurzeln pro Zählfeld, jedes Zählfeld misst 5 x 5 cm)

Bei Betrachtung des gesamten Profils in Abhängigkeit des Bewässerungsverfahrens zeigten sich bei oberirdisch bewässerten AB-Varianten höhere Wurzel-dichten als bei unterirdisch bewässerten Pflanzen. Vor allem im Dammbereich kam es bei den NB-Varianten zu einer Reduktion der Feinwurzelbildung. Im Vergleich zur unbewässerten Variante (B) lag die Wurzel-dichte im Damm bei unterirdisch bewässerten Varianten (F, G, H) um 24 % niedriger (Tab. 4.4).

Tab. 4.4: Feinwurzelverteilung im Bodenprofil abhängig des Bewässerungsverfahrens und der N-Düngung

	Variante		Feinwurzeln (Anzahl/m ² Profilwand)		
	Bewässerung	N-Düngung	Gesamtprofil	Damm	0 bis -70 cm
A	keine	keine	1250	3278	771
B	keine	Gestreut	1444	4573	741
C	AB	keine	1437	4116	829
D	AB	Gestreut	1566	4314	1101
E	AB	Fertigation	1400	4587	823
F	NB	keine	1191	3241	762
G	NB	Gestreut	1235	3799	757
H	NB	Fertigation	1241	3365	863

Die Untersuchungen der Makronährstoffe im Bodenprofil wiesen in keinem Bereich bedenklich niedrige Gehalte auf.

Bei der Analyse der Lagerungsdichten unterhalb der beiden Tropfschlauchpositionen wies der Boden unterhalb der oberirdischen Bewässerung im Mittel eine Lagerungsdichte von $1,3 \text{ g/cm}^3$ im Vergleich zu $1,7 \text{ g/cm}^3$ unterhalb der unterirdischen Bewässerung auf. Dieser messbare Unterschied war signifikant. Die Lagerungsdichte kann auch als Ursache herangezogen werden, dass durch die unterirdische Bewässerung die Wurzelndichte unterhalb der Bodenoberfläche nicht signifikant höher war als bei oberirdischer Bewässerung oder ohne Bewässerung. Im locker lagernden Bifangbereich hingegen konnte die oberirdische Bewässerung die Anzahl an Feinwurzeln im Bifangbereich positiv beeinflussen.

Ausblick

Die Profilwandmethode lieferte interessante Erkenntnisse, die zur Erklärung des Einflusses der Tropfschlauchposition und der Düngerapplikationsform auf Ertrag und Qualität beitragen. Die hohe Einzelpflanzenvariabilität im Hopfen ist jedoch bei der Bewertung der Ergebnisse zu beachten, da bei solch aufwendigen Methoden nicht 20 Aufleitungen je Wiederholung betrachtet werden konnten.

4.6 Untersuchung des Ertragsaufbaus von Hopfen in Abhängigkeit von Höhe und Zeitpunkt der Stickstoffdüngung

Bearbeitung: A. Baum (Bachelorarbeit)
S. Arnold (Bachelorarbeit)
J. Stampfl

Kooperation: Prof. Dr. T. Ebertseder, Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

Laufzeit: Juli 2019 - November 2019

Hintergrund und Ziel der Arbeit

Zwischen 2017 und 2019 fanden an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft umfangreiche N-Düngeversuche im Rahmen des Projektes „Verbesserung der Nährstoffeffizienz im Hopfen durch Düngesysteme mit Fertigation“ statt. Dabei zeigten Versuche, bei denen der Zeitpunkt und die Höhe der Stickstoffdüngung variiert wurden, Ertragsunterschiede. Um diese Ertragsunterschiede pflanzenphysiologisch besser nachvollziehen zu können, wurden im Versuchsjahr 2019 im Zuge zweier Bachelorarbeiten der Ertragsunterschied und vor allem der Ertragsaufbau abhängig von Düngezeitpunkt und -höhe bei den Sorten Perle und Herkules genauer untersucht.

Methodik

Die Untersuchungen wurden im Jahr 2019 an zwei Standorten an den Sorten Perle und Herkules durchgeführt. Abb. 4.14 zeigt den Düngeplan des Standortes mit der Sorte Perle, Abb. 4.15 zeigt den Düngeplan des Standortes mit der Sorte Herkules

An beiden Standorten gibt es eine Kontrollvariante ohne N-Düngung (A) und eine gestreute Referenzvariante, bei der der ermittelte Düngebedarf gedrittelt gestreut ausgebracht wird (B). Bei den Fertigungsvarianten (C bis F) wird jeweils 1 Drittel des Düngebedarfs gestreut und 2 Drittel über die Bewässerung ausgebracht. Die Fertigungsvarianten unterscheiden sich im Starttermin des 6-wöchigen Fertigungszeitraums.

Variante	KW	24.04				31.05				07.06				14.06				21.06				28.06				05.07				[kg N/ha]
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35							
A																														
B					33						33					33														
C					33						6	11	17	17	11	6														
D					33							6	11	17	17	11	6													
E					33								6	11	17	17	11	6												
F					33										6	11	17	17	11	6										

Abb. 4.14: Düngplan Sorte Perle, leichter Standort, 2019, gestreute Gaben sind grau eingefärbt, fertigierte Gaben sind grün eingefärbt

Bei der Sorte Herkules gab es zusätzlich zu den Varianten A bis F die Variante H, bei der die ausgebrachte gesamt N-Menge um 50 % höher lag.

Variante	KW	24.04				31.05				07.06				14.06				21.06				28.06				05.07				[kg N/ha]
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35							
A																														
B					40							40					40													
C					40						7	13	20	20	13	7														
D					40							7	13	20	20	13	7													
E					40								7	13	20	20	13	7												
F					40										7	13	20	20	13	7										
H					60																									

Abb. 4.15: Düngplan Sorte Herkules, mittlerer Standort, 2019, gestreute Gaben sind grau eingefärbt, fertigierte Gaben sind grün eingefärbt

Der Ertragsaufbau wurde bei allen oben aufgeführten Varianten mit Ausnahme der Kontrolle untersucht. Dazu wurde unmittelbar vor dem sortenspezifischen optimalen Erntetermin für jede Variante aus jeder der vier Wiederholungen je eine Rebe, die dem Durchschnitt der benachbarten Ernteparzelle im Habitus entsprach, aus dem Bestand geholt und nach folgendem Schema auf den Ertragsaufbau untersucht Abb. 4.16:

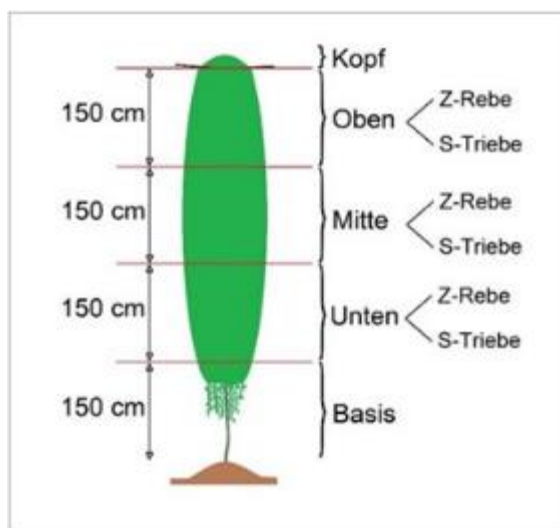


Abb. 4.16: Einteilung der Rebe in Abschnitte und Bereiche

1. Teilen der Rebe in die **Abschnitte**: Kopf, Oben, Mitte, Untern, Basis (Der Abschnitt „Kopf“ war der Teil der Rebe, der über die Gerüsthöhe hinausgewachsen ist)
2. Trennen der Abschnitte in die **Bereiche**: Zentralrebe und Seitentriebe (diese Trennung war nur in den Abschnitten Oben, Mitte und Unten möglich und sinnvoll; als Seitentriebe wurden die Triebe bezeichnet, die aus den Blattachseln entspringen und eine Länge von mind. 10 cm aufwiesen)
3. Die Dolden der **8 Rebenfraktionen** wurden **per Hand gepflückt** und in separate Behälter gegeben
4. Zur Ermittlung der **Doldengröße und Anzahl** je Fraktion wurde eine Teilprobe von ca. 150 bis 250 Dolden auf weiße Tablett ausgebreitet, erfasst und mithilfe eines Bildbearbeitungsprogramms die Doldenzahl und die mittlere Doldengröße ermittelt. Mit dem Gewicht der Teilprobe und dem Gewicht ganzen Fraktion konnte die Anzahl der Dolden auf die Fraktion hochgerechnet werden. Gleichzeitig wurde so das mittlere **Doldengewicht** ermittelt
5. Die **Länge und Anzahl** der abgepflückten **Seitentriebe** wurden ermittelt



Abb. 4.17: Abgepflückte Seitentriebe neben der Zentralrebe mit dem sog. "Irrenhopfen" eines Abschnittes

Ergebnisse

Als Referenz wurden zur Beurteilung des Ertragsaufbaus repräsentative Reben aus den gestreuten Varianten (B) herangezogen, um anschließend den Einfluss variierender Stickstoffdüngung untersuchen zu können. Bei beiden Sorten waren allein in den Abschnitten Kopf, Oben und Mitte mit 80 % bei Herkules und 82 % bei Perle der größte Teil des Doldenertrags in der oberen Pflanzenhälfte zu finden. Die Differenzierung in Zentralrebe (der sog. „Irrenhopfen“) und Seitentriebe zeigte, dass nur ein sehr kleiner Teil des Doldenertrags an der Zentralrebe (13% bzw. 10%) und der wesentlich größere Teil an den Seitentrieben gebildet wird (Tab. 4.5).

Tab. 4.5: Verteilung des Ertragsaufbaus am Beispiel der Sorten Herkules und Perle, gegliedert in verschiedene Rebenabschnitte und -bereiche (in % am Doldenertrag / Rebe in g)

Ab-schnitt	Herkules (in % von 928 g)				Perle (in % von 782 g)			
	Ge-samt-	Zent-ral-	Seiten-Triebe	Kopf	Ge-samt-	Zent-ral-	Seiten-Triebe	Kopf
Kopf	11			11	8			8
Oben	36	9	27		37	7	30	
Mitte	34	4	30		37	3	35	
Unten	18	1	17		17	1	16	
Basis	2	0	2		1	0	1	
Summe	100	13	76	11	100	10	82	8

Aufgrund der Bedeutung der Seitentriebe für die Ertragsbildung wurden diese genauer betrachtet. Aus der Länge und Anzahl der Seitentriebe je Abschnitt konnte die gesamte Seitentrieblänge je Abschnitt berechnet werden.

Tab. 4.6: Seitentrieblänge gegliedert in die Rebenabschnitte und prozentuale Veränderung je Abschnitt in Abhängigkeit der N-Düngung, Sorte Herkules, 2019

Abschnitt	Seitentrieblänge in m				
	Gestreut	Fertigation ab KW 25		Fertigation ab KW 26	
Oben	12,0	15,9	+32 %	13,7	+14 %
Mitte	16,9	17,9	+6 %	14,8	-12 %
Unten	24,4	22,0	-10 %	14,2	-42 %
Basis	22,9	16,0	-30 %	11,4	-50 %
Summe	76,2	71,8	-6 %	54,1	-29 %

In Tab. 4.6 kann man die Veränderung der Seitentrieblänge in den einzelnen Abschnitten in Abhängigkeit der Düngung am Beispiel der Sorte Herkules erkennen. Es zeigt sich, dass sich durch eine spätere Düngung (Fert. ab. KW 25) die Seitentrieblänge in die oberen Rebenabschnitte verlagerte, ohne dass die gesamte Seitentrieblänge stark abnahm. Bei noch späterem Beginn der Fertigation (Fert. ab KW 26) wurden im oberen Abschnitt zwar noch um 14 % mehr oder längere Seitentriebe gebildet, jedoch reduzierte sich die Seitentrieblänge in allen weiteren Abschnitten und die gesamte Seitentrieblänge der Referenzvariante konnte nicht mehr erreicht werden (- 29 %).

Anschließend wurde ermittelt, wie viel Gramm Dolden je Meter Seitentrieb im jeweiligen Abschnitt gebildet wurden. Durch diese Kennzahl kann die Ertragsrelevanz der Seitentrieblänge für die jeweiligen Abschnitte definiert werden. Die gestreute Referenzvariante wies folgende Werte auf:

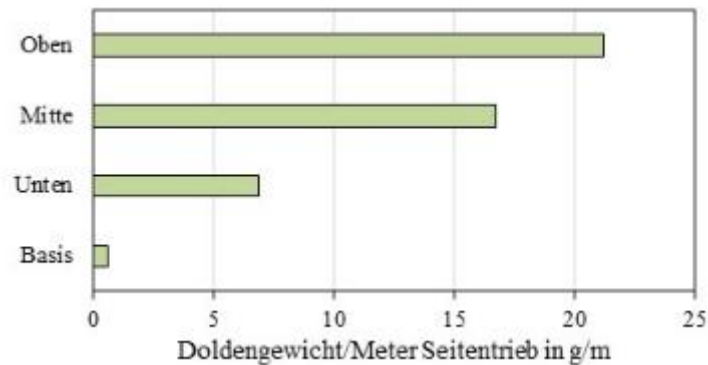


Abb. 4.18: Doldengewicht pro Meter Seitentrieb in g/m der gestreuten Referenzvariante gegliedert in die Rebenabschnitte

Die Ergebnisse zeigen, dass der Zeitpunkt der Stickstoffdüngung einen erheblichen Einfluss auf das Seitentriebwachstum und somit auf die Ertragsbildung hat. Je später die N-Düngung erfolgte, desto weiter nach oben verlagerte sich das Seitentriebwachstum. Ab einem gewissen Punkt führte eine zu späte N-Düngung zu einer insgesamt verringerten Seitentrieblänge, welche sich wiederum negativ auf den Ertrag auswirken kann.

4.7 Untersuchung von Aufnahmegeschwindigkeit und Verteilung von über Fertigation ausgebrachten markierten Stickstoff (^{15}N)

Bearbeitung: M. Waldinger (Masterarbeit), J. Stampfl

Kooperation: Prof. Dr. U. Schmidhalter, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TU München

Laufzeit: Mai 2019 - Oktober 2019

Hintergrund und Ziel der Arbeit

Der Stickstoff (N) stellt auch im Hopfen den am meisten ertragslimitierenden Nährstoff dar. Unter den enger werdenden gesetzlichen Rahmenbedingungen ist es vor allem bei Stickstoff entscheidend, dass der Nährstoff zur richtigen Zeit in der richtigen Menge vorliegt, da überschüssiger oder nicht von den Pflanzen aufgenommener Stickstoff verschiedenen Verlustprozessen unterliegt. Im Forschungsvorhabens „Verbesserung der Nährstoffeffizienz im Hopfen durch Düngesysteme mit Fertigation“ wurden von 2017-2019 verschiedene Düngesysteme in umfangreichen Feldversuchen getestet.

Um Aussagen hinsichtlich der Aufnahme, Verteilung und Einlagerung von fertigiertem Stickstoff treffen zu können, wurden in dieser Abschlussarbeit Versuche mit markiertem Stickstoff (^{15}N -Tracer-Methode) in den angelegten Feldversuchen angestellt.

Methodik

Die Untersuchungen wurden im Jahr 2019 an zwei Standorten mit sandigem Lehm an den Sorten Perle und Herkules durchgeführt. Abb. 4.19 zeigt den Düngesplan des Standortes mit der Sorte Perle, Abb. 4.20 zeigt den Düngesplan des Standortes mit der Sorte Herkules.

An beiden Standorten gab es eine Kontrollvariante ohne N-Düngung (A) und eine gestreute Referenzvariante, bei der der ermittelte Düngbedarf gedrittelt gestreut ausgebracht wurde (B). Bei den Fertigationsvarianten (C bis F) wurde jeweils 1 Drittel des Düngbedarfes gestreut und 2 Drittel über die Bewässerung ausgebracht. Die Fertigationsvarianten unterschieden sich im Starttermin des 6-wöchigen Fertigungszeitraums.

	KW	April				Mai				Juni				Juli				August				[kg N/ha]		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		34	35
					33						33								33					
					33							6	11	17	17	11	6							
					33						6	11	17	17	11	6								
					33									6	11	17	17	11	6					
					33									6	11	17	11	6						

Abb. 4.19: Düngeplan Sorte Perle, lehmiger Standort, 2019

Bei der Sorte Herkules gab es zusätzlich zu den Varianten A bis F die Variante H, bei der die ausgebrachte gesamt N-Menge um 50 % höher lag.

	Monat KW	April				Mai				Juni				Juli				August				Gesamt [kg N/ha]			
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		34	35	
A	Kontrolle																							0	
B	Gestreut				40						40				40									120	
C	Fert. KW 24				40							7	13	20	20	13	7							120	
D	Fert. KW 23				40						7	13	20	20	13	7								120	
E	Fert. KW 26				40									7	13	20	20	13	7						120
F	Fert. KW 25				40							7	13	20	20	13	7							120	
H	Fert. KW 25				60							10	20	30	30	20	10							180	

Abb. 4.20: Düngeplan Sorte Herkules, lehmiger Standort, 2019

Lediglich die **gelb markierten Teilgaben** (Abb. 4.19 und Abb. 4.20) wurden mit ¹⁵N-Isotopen angereichert. Stickstoff hat ein stabiles Isotopenverhältnis von ¹⁴N (99,634%) und ¹⁵N (0,366%). In diesen Versuchen wurde der ¹⁵N-Gehalt am gedüngten Stickstoff auf 2,55% erhöht. Dadurch kann man bei darauffolgenden Pflanzenanalysen im Vegetationsverlauf bzw. bei der Versuchsbeerntung den ¹⁵N-Gehalt ermitteln und somit die Verteilung und Aufnahme des mit ¹⁵N-angereicherten ausgebrachten Stickstoffs analysieren.

Nach der Düngung mit markiertem Stickstoff wurden im wöchentlichen Rhythmus bis zur Ernte Analysen von Blatt-, Blüten- und Doldenproben in drei Höhen (Unten: 1,5m, Mitte: 3,5m, Oben: 5,5m) und differenziert in Haupttrieb und Seittrieb vorgenommen. Zusätzlich wurde bei der jeweiligen Versuchsbeerntung der ¹⁵N-Gehalt im Restpflanzen- und Doldenmaterial bestimmt. Außerdem wurden nach der Ernte die Speicherwurzeln auf die ¹⁵N-Gehalte untersucht.

Die Wiederfindungsrate des markierten Stickstoffs wird als ¹⁵N-Recovery bezeichnet.

Ergebnisse

In allen Varianten und zu jedem Messtermin konnten bei beiden Sorten in allen untersuchten Fraktionen eine Erhöhung des ¹⁵N-Gehalts festgestellt werden. In den Blattproben konnten bereits 24 Stunden nach der Düngemaßnahme der eingespeiste markierte Stickstoff wiedergefunden werden.

An beiden Standorten konnten in der mittleren und oberen Messhöhe die höheren ^{15}N -Gehalte im Vergleich zur unteren Messhöhe ermittelt werden. Zusätzlich waren die Messwerte an den Seitentrieben meist höher als am Haupttrieb. Dies zeigt, dass der zu relativ späten Zeitpunkten ausgebrachte Stickstoff verstärkt in den jüngeren oberirdischen Pflanzenteilen wiedergefunden werden kann.

Bei der Ernte konnten in allen Varianten beider Sorten zwischen 65-67 % des markierten Stickstoffs in den oberirdischen Pflanzenteilen wiedergefunden werden, wobei die ^{15}N -Recovery bei der Sorte Herkules bei den Dolden im Vergleich zu Restpflanze auf einem höheren Niveau lagen. Bei der Sorte Perle hingegen war die Wiederfindungsrate des markierten Stickstoffs in Dolden und Restpflanze ähnlich hoch (Abb. 4.21).

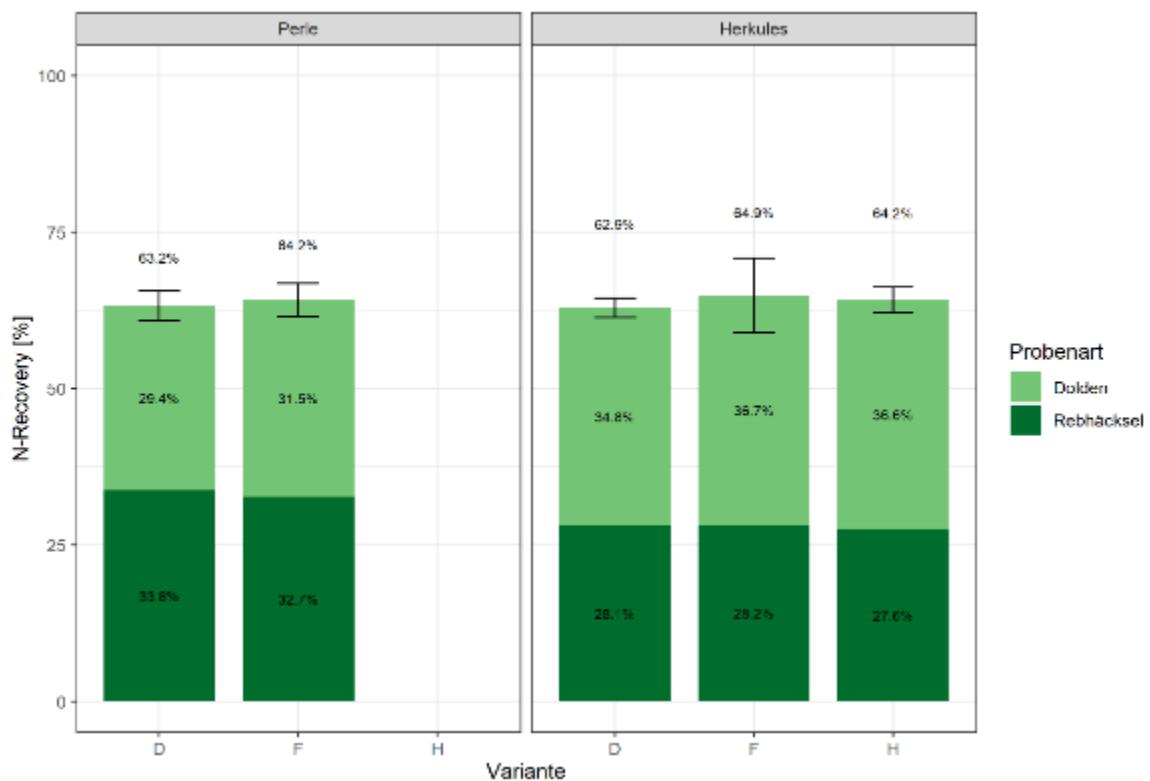


Abb. 4.21: N-Recovery [%] von Dolden, Restpflanze und Gesamtpflanze beider Sorten (Perle, Herkules) am Termin der regulären Beerntung. Die Fehlerbalken stellen die Standardabweichung der Gesamt-N-Recovery aus Dolden und Restpflanze dar

Bei der Untersuchung der Speicherwurzeln konnten unabhängig von Variante und Sorte erhöhte ^{15}N -Gehalte festgestellt werden. Da die Wurzelrockenmasse nicht erfasst werden konnte, kann keine Aussage zur exakten N-Effizienz durch Fertigation gemacht werden. Es bleibt ungewiss, welche Nährstoffmengen in den unterirdischen Pflanzenteilen gespeichert werden.

4.8 LfL-Projekte im Rahmen der Produktions- und Qualitätsinitiative

Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft lässt im Zeitraum von 2019-2023 im Rahmen einer Produktions- und Qualitätsoffensive für die Landwirtschaft in Bayern repräsentative Ertrags- und Qualitätsdaten ausgewählter landwirtschaftlicher Kulturen erheben, erfassen und auswerten. Für den IPZ-Arbeitsbereich Hopfen führte diese Tätigkeiten der Verbundpartner Hopfenring e.V. durch. Nachfolgend werden die Zielsetzungen der Hopfenprojekte kurz beschrieben und die Ergebnisse für 2020 zusammengefasst.

4.8.1 TS- und Alphasäurenmonitoring

In der Zeit vom 18.08. - 29.09.2020 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.

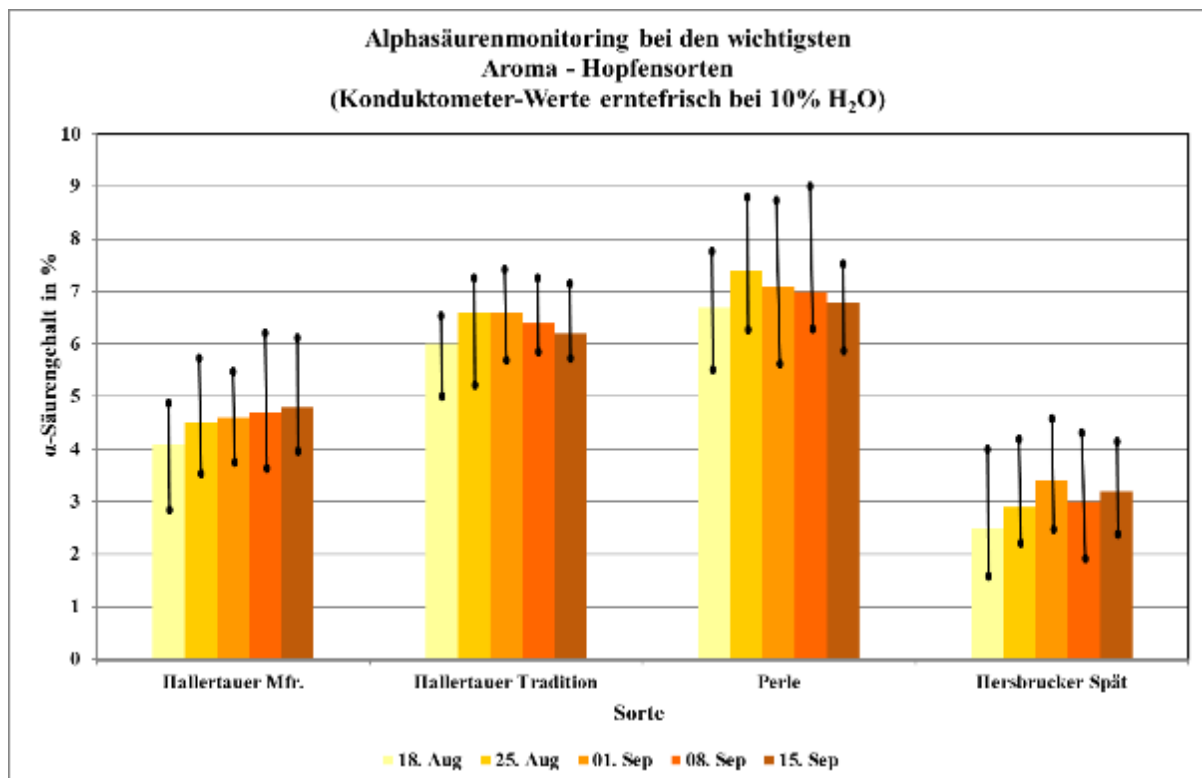


Abb. 4.22: Monitoring zur Entwicklung der Alphasäuregehalte 2020 bei den wichtigsten Aromasorten

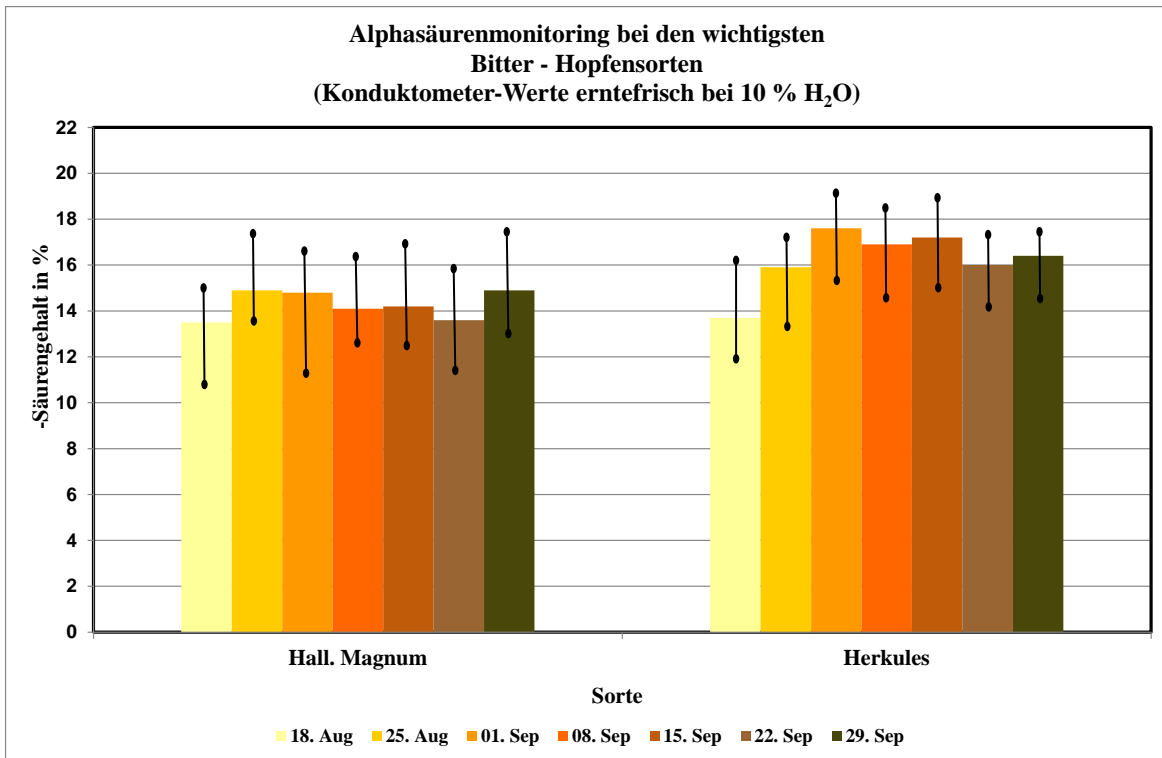


Abb. 4.23: Monitoring zur Entwicklung der Alphasäuregehalte 2020 bei den Hochalphasorten

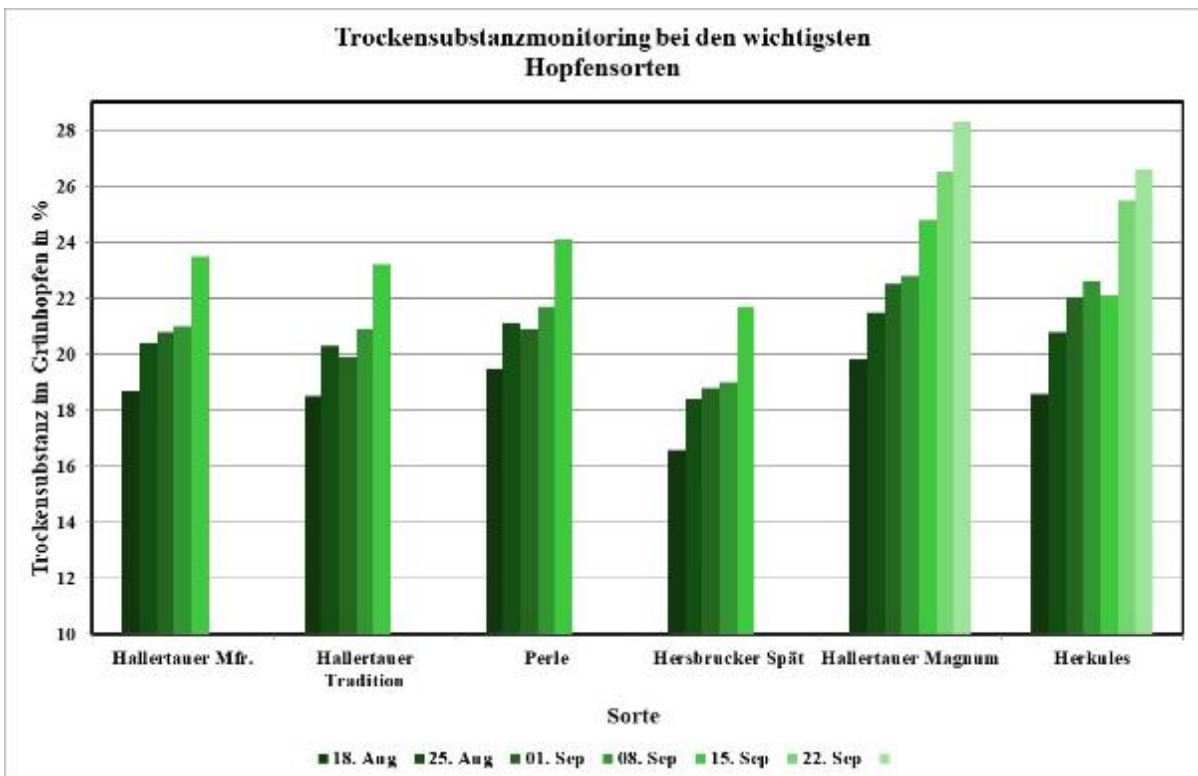


Abb. 4.24: Monitoring zur Entwicklung der Trockensubstanzgehalte 2020 der wichtigsten Hopfensorten

4.8.2 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 Befallssituation in Praxisgärten notwendig.

Dazu wurden in der Zeit vom 18. Mai bis 3. August 2020 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.

4.8.3 Chlorophyllmessungen an Hopfenblättern zur Einschätzung der Stickstoffversorgung und des Düngebedarfs

Zielsetzung

Die Vorgaben und Einschränkungen der neuen Düngeverordnung stellen die Hopfenbaubetriebe 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 Ende Mai bis Mitte August werden 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 erfolgen je 20 Messungen je Sorte an mehreren Pflanzen in 2 unterschiedlichen Höhen. Um eine Aussage zum aktuellen N-Versorgungszustand zu erhalten, müssen die 20 gemessenen Blätter abgetrennt, gesammelt, getrocknet und zusammen auf Gesamt-N-Gehalt (Dumas-Methode) untersucht werden. Je Sorte und Standort werden für jede Höhe die SPAD-Werte einzeln dargestellt und ein Mittelwert errechnet. Somit kann anschließend mit linearen Regressionsmodellen die Beziehung zwischen gemessenen Chlorophyllwerten und tatsächlichen N-Gehalten untersucht werden.

2019 konnte das Chlorophyllmessgerät auf diese Weise N-Versorgungsunterschiede in einem Mineraldüngerversuch klar identifizieren (Jahresbericht 2019).

Im Versuchsjahr 2020 wurden die Messungen erstmals in Feldversuchen des Projektes „Versuche zur Kompostierung und Verwertung von Hopfenrebenhäcksel“ durchgeführt und getestet, ob das Analysengerät die N-Versorgungsunterschiede erkennen kann, die unter anderem durch die Düngung mit Hopfenrebenhäcksel hervorgerufen wurden (Abb. 4.25).

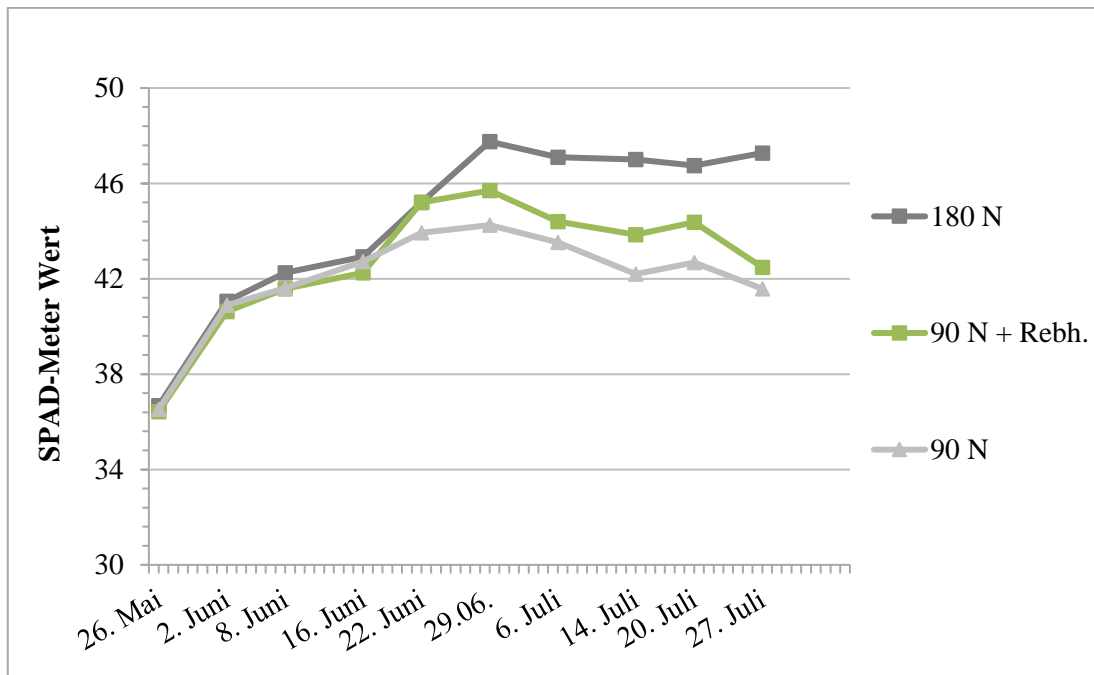


Abb. 4.25: SPAD-Werte im Jahresverlauf 2020 der Sorte Herkules auf leichtem Standort bei drei Düngenniveaus: = 180 kg N mineralisch, = 90 kg N mineralisch + 100 kg N organisch (Rebhäcksel), = 90 kg N mineralisch (Kontrolle)

4.8.4 Ringanalysen zur Qualitätssicherung bei der Alphasäurenbestimmung für Hopfenlieferverträge

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 (Probenentnahme, 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 Alphasäureanalytik 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 insg. 60 zufällig ausgewählten Hopfenpartien an 9-10 Terminen in der Hallertau durchzuführen und dem Labor der LfL in Hüll bereitzustellen.

4.9 Beratungs- und Schulungstätigkeit

Neben der angewandten Forschung im Bereich der Produktionstechnik des Hopfenbaues hat die Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik (IPZ 5a) die Aufgabe, die Versuchsergebnisse für die Verbundberatung und die Praxis aufzubereiten und so den Hopfenpflanzer 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:

4.9.1 Informationen in schriftlicher Form

- Das „Grüne Heft“ Hopfen 2020 – 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 2 200 Stück von der LfL an die ÄELF und Forschungseinrichtungen und vom Hopfenring Hallertau an die Hopfenpflanzer verteilt.
- In der 96-seitigen LfL-Informationsschrift „Trocknung und Konditionierung von Hopfen“ wurden langjährige Versuchsergebnisse und Praxiserfahrungen in ein umfassendes Nachschlagewerk zur Nacherntebehandlung des Hopfens zusammengefasst und über die Erzeugergemeinschaft HVG allen Hopfenpflanzern zur Verfügung gestellt.
- Über das Ringfax des Hopfenrings (2020: 73 Faxe in der Hallertau, Spalt und Hersbruck mit 970 Abonnenten) wurden in 30 Faxen aktuelle Hopfenbauhinweise und Warndienstaufrufe der LfL an die Hopfenpflanzer verschickt.
- In 2 ER-Rundschreiben des Hopfenrings, 8 Monatsausgaben der Hopfen-Rundschau und 4 Artikeln in der Hopfenrundschau international wurden Beratungshinweise und Fachbeiträge für die Hopfenpflanzer und Brauwirtschaft veröffentlicht.

4.9.2 Internet und Intranet

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

4.9.3 Telefonberatung, Ansagedienste

- Der Peronospora-Warndienst wurde in der Zeit vom 13.05. - 31.08.2020 von der Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik in Wolnzach in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Pflanzenschutz in Hüll erstellt und zur Abfrage über den Anrufbeantworter (Tel. 08442/9257-60 u. -61) oder das Internet 75 Mal aktualisiert.
- Zu Spezialfragen des Hopfenbaus erteilten die Fachberater der Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik in ca. 1 300 Fällen telefonische Auskunft oder führten Beratungen in Einzelgesprächen oder vor Ort durch.

4.9.4 Vorträge, Tagungen, Führungen, Schulungen und Versammlungen

- wöchentlicher Erfahrungsaustausch während der Vegetationszeit mit den Ringfachberatern
- 9 Hopfenbauversammlungen in Zusammenarbeit mit den ÄELF
- 27 Fachvorträge
- 8 Tagungen, Fachveranstaltungen, Seminare oder Workshops

4.9.5 Aus- und Fortbildung

- Themenstellung von 4 und Prüfung von 4 Arbeitsprojekten im Rahmen der Meisterprüfung
- 13 Unterrichtsstunden an der Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen für die Studierenden im Fach Hopfenbau
- 1 Schultag des Sommersemesters der Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen
- 1 Informationsveranstaltung für Berufsschüler von Pfaffenhofen
- 3 Treffen des Arbeitskreises „Unternehmensführung Hopfen“

5 Pflanzenschutz im Hopfen

Simon Euringer, M.Sc. Agrarmanagement

5.1 Schädlinge und Krankheiten des Hopfens

5.1.1 Peronospora Warndienst 2020

Im Anbaujahr 2020 waren insgesamt sieben Spritzaufrufe gegen die Peronospora Sekundärinfektion notwendig. Davon war in vier Fällen auch eine Behandlung von toleranten Sorten erforderlich.

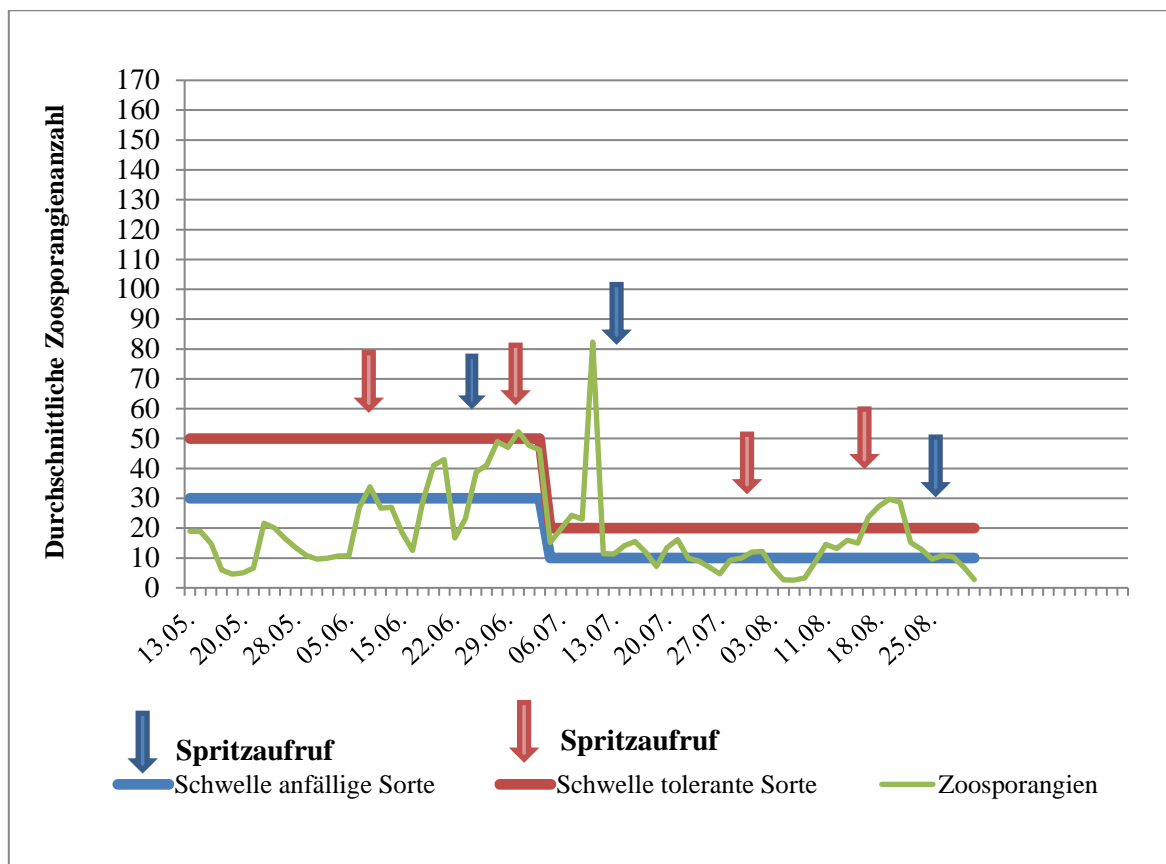


Abb. 5.1: Darstellung des Peronospora-Warndienst 2020

5.1.2 Zuflug der Aphisfliege 2020

Beim Aphisfliegenzuflug im Anbaujahr 2020 am Standort Hüll wurden keine Besonderheiten festgestellt. Die ersten Aphisfliegen wurden im April auf den Winterwirten entdeckt. Bis Ende Mai nahm der Zuflug zu und klang anschließend bis Mitte Ende Juni ab.

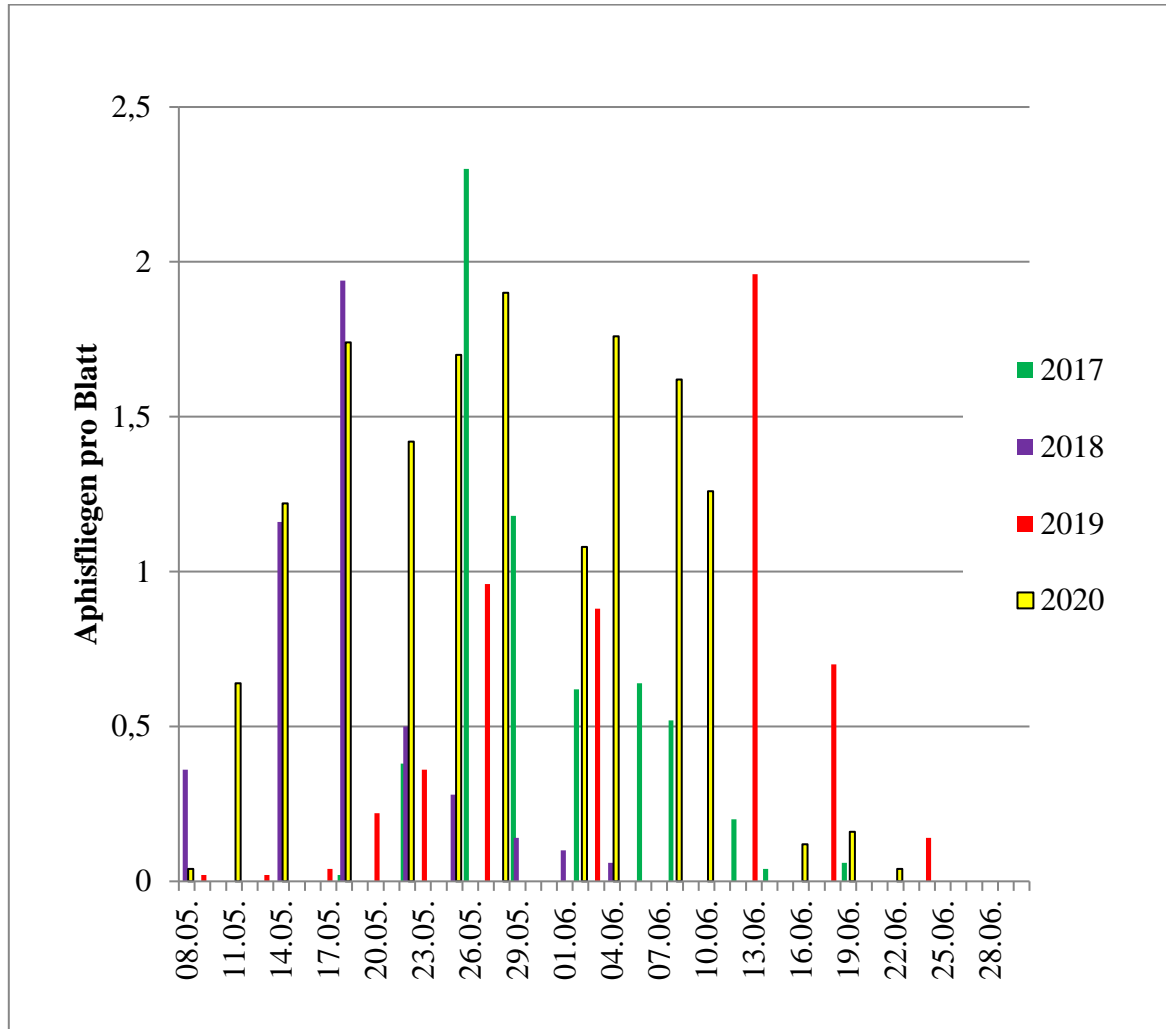


Abb. 5.2: Blattlauszuflug am Standort Hüll der Jahre 2017-2020

5.2 Amtliche Mittelprüfung

Leitung: S. Euringer

Bearbeitung: R. Obster, A. Baumgartner, M. Felsl, K. Kaindl

K. Lutz, M. Mühlbauer, M. Obermaier (IPZ 5e), J. Weiher

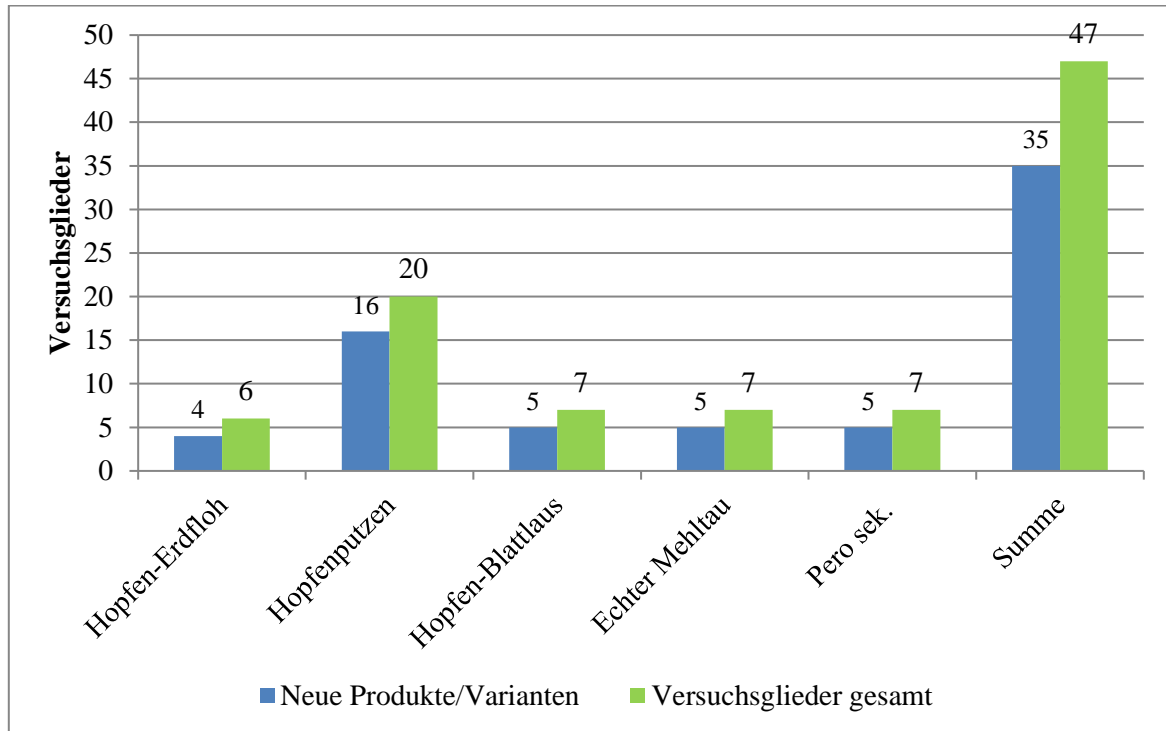


Abb. 5.3: Amtliche Mittelprüfung 2020

Im Versuchsjahr 2020 wurden in der Amtlichen Mittelprüfung 6 AMP-Versuche nach GEP-Norm durchgeführt. Dabei wurden 5 Indikationen abgedeckt. Insgesamt wurden 35 neue Produkte oder Kombinationen in 47 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 bzgl. 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 2020 wurden 15 Wirkstoffe 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.

Tab. 5.1: Ergebnis der ELISA-Tests im Jahr 2020

	Untersuchung Pflanzmaterial für 2020						
	Anzahl Pflanzen gesamt	ApMV		HpMV		Summe Pflanzen	
		n.n.	positiv	n.n.	positiv	n.n.	positiv
Mutterpflanzen Hopfenvermehrter - Teil 2	150	149	1	141	9	141	9
Zuchtmaterial IPZ 5c	511	497	14	501	10	487	24
Untersuchung Pflanzmaterial für 2021							
Mutterpflanzen Hopfenvermehrter - Teil 1	258	258	0	256	2	256	2
Zuchtmaterial IPZ 5c	Frühjahr 2021						

* n.n. = nicht nachweisbar

Proben, mit einem Ergebnis an der Nachweisgrenze, werden als positiv bewertet, um das Risiko, dass möglicherweise infiziertes Material in die Vermehrung gelangt, zu minimieren.

Von 919 getesteten Pflanzen wurden 35 verworfen. Die gesunden Pflanzen wurden als Zuchtmaterial und als Mutterpflanzen für Hopfenvermehrter bereitgestellt (Tab. 5.1).

5.5 GfH-Projekt zur -Forschung

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Finanzierung:	Förderung aus Mitteln der Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH) und der Erzeugergemeinschaft HVG
Projektleitung:	S. Euringer
Bearbeitung:	K. Lutz, Team IPZ 5b
Kooperation:	AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c): Dr. E. Seigner, P. Hager, R. Enders, A. Lutz, J. Kneidl Dr. S. Radišek, Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Slowenien
Laufzeit:	01.06.2017 - 29.10.2023

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. Es handelt sich dabei um einen im Boden lebenden Pilz, der ein breites Wirtsspektrum besitzt. Dieser kann bis zu 5 Jahre in Form eines Dauermyzels im Boden überdauern und ist nicht direkt bekämpfbar. Zum Management des Krankheitsbefalls soll ein integrierter Ansatz bestehend aus Hygienemaßnahmen, Züchtungsanstrengungen, angepasster Kulturtechnik und Sanierungskonzepten umgesetzt werden. Ein schneller und regelmäßiger Wissenstransfer 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 Hopfenbaubetrieben mit Welkebefall 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 das empfindliche Zeigerpflanzensystem mit Auberginen. Mit diesem Biotest kann die Wirkung von Gesundungsmaßnahmen, das Infektionspotential von Böden und Rebenhäckseln, sowie die Auswirkungen einzelner Parameter (z. B. Nährstoffversorgung) auf den Krankheitsverlauf beurteilt werden.

Kooperation mit Praxisbetrieben

Begleitend zu den optischen Bonituren im Feld wurden in diesem Jahr 606 Hopfenpflanzen (entspricht 2.822 PCR-Reaktionen) aus dem Hüller Zuchtgarten, den Selektionsgärten in Niederlauterbach, Engelbrechtsmünster und Gebrontshausen sowie von 147 Praxisflächen mittels Realtime-PCR auf *Verticillium* analysiert. Diese Analysen werden von der AG Züchtungsforschung (siehe 6.7) durchgeführt und sind für die Validierung der optischen Bonituren unerlässlich.

Die Ergebnisse der qPCR-Analysen bestätigten zudem, dass die Ausbreitung von letalen *Verticillium*-Rassen zunimmt. In 140 der getesteten 147 Hopfengärten wurde eine Mischung aus milden und letalen Stämmen nachgewiesen. Der hohe Anteil an aggressiven *Verticillium*-Stämmen liegt zum einen darin begründet, dass diese Flächen gezielt für eine Beprobung ausgesucht wurden, zum anderen lässt sich eine Aggressivitätssteigerung des Pilzes beobachten. Dies kann sowohl durch die fehlende Sanierung als auch den Anbau zunehmend toleranterer Sorten, der zu einer Selektion des Pilzes führt, begründet werden. Die milderen Formen wurden durch die neuen toleranten Sorten verdrängt und lassen sich so immer seltener in den Hopfengärten finden.

Selektionsgarten Niederlauterbach

Die Welke-Toleranz der angebauten Sorten und Zuchtstämme wird in Selektionsgärten geprüft. Diese Praxisflächen sind nachweislich mit der letalen Form der Welke befallen und wurden aufgrund dessen zur Selektion ausgewählt. In der Saison 2020 wurde das Zuchtmaterial auf drei Standorten in der Hallertau getestet.

Ab Mitte Mai werden dort in zwei-wöchigem Abstand Bonituren durchgeführt. Dabei wird jede Rebe auf die typischen Welke-Symptome hin überprüft und bewertet. Am Ende der Saison kann so ein Welke-Index für jede Sorte ermittelt werden. Dieser zeigt die Widerstandsfähigkeit der Sorten und Zuchtstämme gegenüber der Hopfenwelke. Diese Toleranz kann sich je nach Standort und Einlegejahr leicht unterscheiden und bildet wiederum die Grundlage für weitere Forschungs- bzw. Züchtungsarbeiten.

Der Selektionsgarten Niederlauterbach wurde im Frühjahr 2015 mit 37 Sorten bzw. Zuchtstämmen in dreifacher Wiederholung bepflanzt. 2016 wurde der Hopfengarten um weitere 14 Sorten und Zuchtstämme ergänzt. Dies führt dazu, dass nicht alle Boniturergebnisse des Selektionsgartens direkt miteinander verglichen werden können. Während es sich 2015 witterungsbedingt um ein ungünstiges Junghopfenjahr handelte, konnte der 2016 gepflanzte Hopfen sich in der ersten Saison deutlich besser etablieren und zeigt die Welke-Symptome meist erst später und in geringerer Ausprägung.

Nach der Saison 2020 wurde der Hopfengarten in Niederlauterbach gerodet, da die fünfjährige Welke-Prüfung an diesem Standort abgeschlossen ist. Einen Ausschnitt der Auswertung zeigt Tab. 5.2. Um die verschiedenen Jahre und Standorte besser vergleichen zu können, wurde die als tolerant geltende Sorte Herkules als Referenzsorte bestimmt. Diese erhält nach jeder Saison den Welke-Index 1,0. Die anderen Sorten und Zuchtstämme werden dann im Verhältnis zu dieser Referenzsorte beurteilt. Hat eine Sorte einen Welke-Index von unter 1,0 erreicht, so besitzt sie eine höhere *Verticillium*-Toleranz als die Referenzsorte Herkules an diesem Standort in diesem Jahr.

Tab. 5.2: Auswertung des Selektionsgartens Niederlauterbach für die Jahre 2017, 2019 und 2020; die Tabelle zeigt die Welke-Toleranz der einzelnen Sorten im Verhältnis zur toleranten Referenzsorte Herkules an, deren Bewertung mit 1,0 festgelegt wird; Sorten mit einem Wert kleiner gleich 1,0 haben eine gute *Verticillium*-Toleranz und sind grün gekennzeichnet

Sorte	Referenz 2017	Referenz 2019	Referenz 2020
Northern Brewer	5,0	*	*
Hallertauer Mittelfrüh	4,5	*	*
Hallertauer Tradition	3,8	*	*
Hallertauer Magnum	1,2	1,9	1,6
Herkules	1,0	1,0	1,0
Polaris	0,3	1,0	0,4
Target	0,3	1,0	0,5
Callista	2,0	1,9	1,8
Ariana	0,2	0,7	0,3
Cascade	0,2	1,3	0,6
Mandarina Bavaria	0,3	1,0	1,1
Hallertauer Blanc	0,7	1,8	0,9
Huell Melon	0,2	1,2	0,4
Opal	0,3	1,3	1,3
Smaragd	0,8	2,2	2,4
Spalter Select	1,5	2,9	2,2

* im Herbst 2018 aufgrund des starken Befalls gerodet

Ausblick

Die Prüfung der Sorten und Zuchtstämme auf deren *Verticillium*-Toleranz soll beibehalten werden. Die Bonitur der beiden Selektionsgärten in Engelbrechtsmünster und Gebrontshausen wird auch in der Saison 2021 fortgeführt, wobei die Bonituren in Gebrontshausen ihre volle Aussagekraft erst ab 2021 besitzen, da es sich in 2020 um Junghopfen handelte. Des Weiteren werden diese Hopfengärten um einige Neuzüchtungen ergänzt. Dies dient der frühzeitigen Datensammlung, welche wiederum Rückschlüsse für künftige Züchtungsvorhaben zulässt.

Im Frühjahr 2020 wurde der neue Selektionsgarten Gebrontshausen angelegt. Dieser ersetzt ab der Saison 2021 den Selektionsgarten Niederlauterbach als Standort mit „schwerem Boden“. Die Anlage bietet nicht nur Platz für 26 Versuchsglieder mit jeweils 3 Wiederholungen, sondern auch für einen Sanierungsversuch, einen Zwischenfruchtversuch und Versuche zur Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln gegenüber der Hopfenwelke. Valide Ergebnisse zu diesen Versuchen werden frühestens nach der Saison 2022 erwartet.

Sanierungsversuche

Im Rahmen des Projekts Forschung zur *Verticillium*-Welke sollen praxistaugliche Methoden zur Sanierung von mit *Verticillium* befallenen Hopfengärten erprobt und weiterentwickelt werden. Deshalb wurde in einem Hopfengarten bei Engelbrechtsmünster ein Sanierungsversuch gestartet. Die Fläche wurde im Herbst 2016 gerodet und im Folgejahr als Stilllegung sich selbst überlassen.

Seit 2017 wurde in einigen Parzellen Roggen und in anderen Parzellen abwechselnd Roggen und Mais angebaut. Im Frühjahr 2020 wurde der Hopfengarten wieder mit der Welkeanfälligen Ausgangssorte Hallertauer Tradition bepflanzt, um zu sehen, welchen Einfluss die Sanierungsmaßnahmen auf den Infektionsdruck haben.

In der Saison 2021 sollen die Sanierungsversuche auf anderen Praxisflächen ausgeweitet werden und diese Versuche bis Ende 2023 wissenschaftlich betreut werden.

Biotest mithilfe der Zeigerpflanze Aubergine: Thermische Hygienisierung von Rebenhäcksel

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 beispielsweise mögliche Hygienisierungsmaßnahmen unter standardisierten Bedingungen auf ihre Wirksamkeit gegenüber dem *Verticillium*-Pilz vergleichsweise rasch und mit diversen Varianten getestet werden.

Durch wiederholte Versuche konnte mithilfe des Biotests an der Aubergine die Beobachtung des Vorjahres bestätigt werden, dass sich durch eine vierwöchige Heißrotte das Infektionspotential von Rebenhäcksel deutlich senken lässt. Wichtig bei der thermischen Hygienisierung von Rebenhäcksel ist das Wenden des Haufens, um auch die äußeren Schichten in den wärmeren Kernbereich zu bringen. Darüber hinaus sollte vor der Ausbringung die volle Ablagerungszeit bei anfälligen Sorten genutzt werden. Die Düngeverordnung muss dabei beachtet werden.

Abb. 5.4 zeigt die Temperaturverläufe einer Heißrotte im Jahr 2020. Dabei unterscheiden sich die Varianten in der Länge der Rebenhäcksel-Strünke und beim Verdichtungsgrad der Rebenhäcksel. Durch die lange Ablagerung und die hohen Temperaturen kommt es zu einem ausreichenden Abbau des Pilzes und somit zu einer deutlichen Reduzierung des Infektionspotentials.

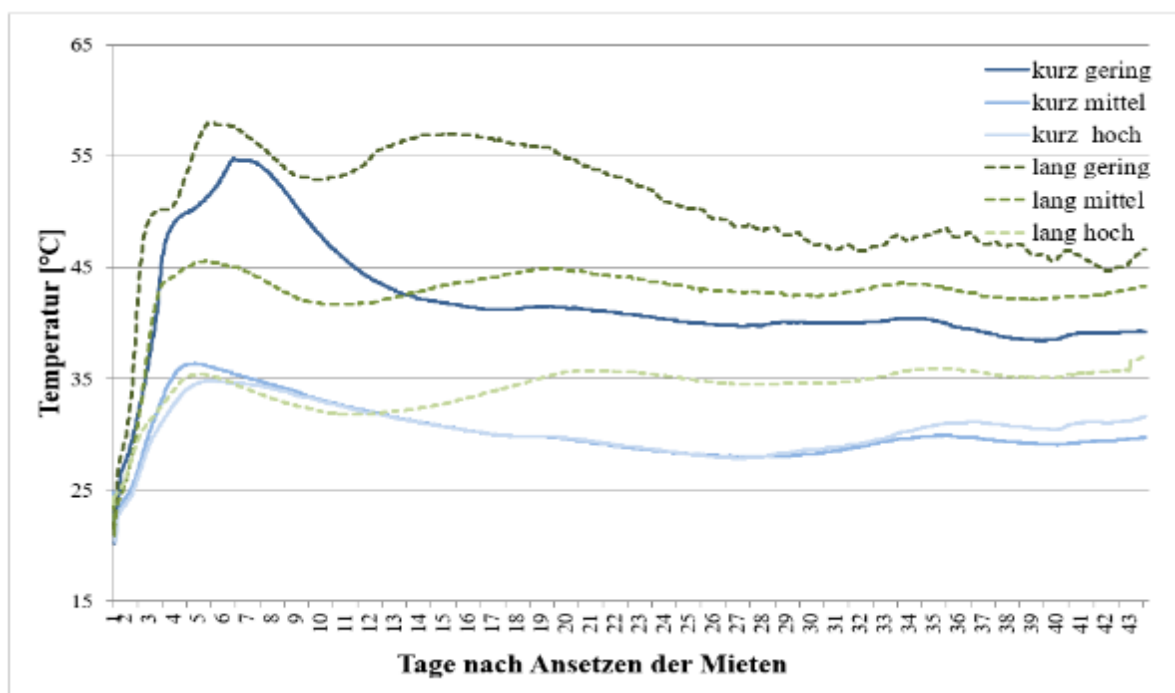


Abb. 5.4: Temperaturverlauf des Rebenhäcksel bei vierwöchiger Ablagerung in den Kompostmieten der HSWT in Freising; unterschiedliche Länge der Rebenhäcksel (kurz/lang) und Verdichtung der Kompostmieten (gering/mittel/hoch) beeinflussen den Temperaturverlauf der Heißrotte

Fernerkundung im Hopfen als objektive Bewertung der Hopfengärten

-Ausbreitung in

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, wurden mithilfe der Luftbilder des BayernAtlasPlus, einer Onlineanwendung der Bayerischen Vermessungsverwaltung, für die Jahre 2016 und 2018 *Verticillium*-Befallskarten über das gesamte Anbauggebiet der Hallertau erstellt. Ein fortgeschrittener *Verticillium*-Befall kann mithilfe der Luftbilder relativ sicher als Unregelmäßigkeit in Hopfengärten identifiziert werden. Eine fehlerfreie Diagnose bedarf der Besichtigung und einer Probenahme des Hopfengarten. Der Zeitpunkt der Aufnahmen im Mai 2020 war für die Ergänzung dieser Karten ungeeignet, da die *Verticillium*-Schäden in einem so frühen Stadium nicht erkennbar sind. Um dennoch einen Eindruck über die Ausbreitung von *Verticillium* zu gewinnen, wurden in der Saison 2020 deutlich mehr Praxisflächen als üblich beprobt und im Labor der Züchtungsgruppe mithilfe der qPCR-Analyse bewertet. Anhand dieser Daten ließ sich die Befallskarte für das Jahr 2020 erstellen.

Biologische Bodenentseuchung als mögliche alternative Sanierungsmaßnahme

Eine mögliche Gesundungsmaßnahme kann die biologische Bodenentseuchung darstellen. Dabei soll der *Verticillium*-Pilz mittels Sauerstoffabschluss und der Zugabe eines Proteinhaltigen Granulats mithilfe von im Boden lebenden anaeroben Mikroorganismen abgebaut werden. Um eine schnelle Entseuchung des Hopfengartens zu generieren, wird im Sommer zunächst ein eiweißreiches Granulat in den Boden eingearbeitet. Anschließend wird die Fläche stark gewässert und mit einer speziellen Folie, die dem Luftabschluss dient, abgedeckt. Während der vier- bis sechswöchigen Ablagerung sollen anaerobe Mikroorganismen den Pilz abbauen. Zudem schaden dem Welke-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 (< 3%), um ein erfolgsversprechendes Ergebnis zu erhalten.

Im Versuchsgarten Bruckbach wurde eine solche Entseuchung im Sommer 2018 durchgeführt und die Fläche im Frühjahr 2019 mit der Sorte Hallertauer Tradition bepflanzt. Zum Vergleich dient die direkt anliegende Bestandsfläche mit der anfälligen Sorte Hallertauer Mittelfrüh und eine Parzelle mit der toleranten Sorte Herkules, die ohne Sanierungszeit angepflanzt wurde. Des Weiteren wurde auf einem Teil der Fläche für ein Jahr Roggen angesät und ein anderer Teil ohne das Granulat mit Folie bedeckt, um eine Bodensolarisation durchzuführen.

Im Jahr 2019 wurden zudem in Kooperation mit der Firma Hopsteiner vier weitere Standorte in der Hallertau dieser Entseuchungsmaßnahme unterzogen. Die Neubepflanzung der Hopfengärten erfolgte im Frühjahr 2020. Alle Standorte werden in den nächsten Jahren intensiven optischen Bonituren unterzogen.

Ausblick

Sollte sich die untersuchte Methode zur schnellen, effizienten und erfolgreichen Entseuchung von Teilflächen in Befallsgärten bewähren, so müssen weitere Versuche zur wirtschaftlichen Anwendung folgen. In den bisher durchgeführten Versuchen wurde das Konzept der biologischen Bodenentseuchung überprüft. Versuche zur Wirtschaftlichkeit wurden noch nicht durchgeführt. Auf den Flächen kann bereits nach einer Vegetationsperiode die Bewirtschaftung mit Hopfen wieder aufgenommen werden, jedoch entstehen durch den Kauf des Granulats und der Folie sowie durch die vergleichsweise aufwendige Anwendung hohe Kosten für den Landwirt. Bestätigt sich eine gute Wirksamkeit der Entseuchungsmethode, soll der Einsatz des Granulats reduziert werden.

5.6 CBCVd-Monitoring 2020

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Finanzierung:	Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF), Erzeugergenossenschaft HVG e.G.
Projektleitung:	S. Euringer, Dr. D. Kaemmerer (IPS 4b)
Bearbeitung:	IPZ 5b, IPZ 5a, IPS 4b, IPS 2c
Laufzeit:	2020
Beprobungszeitraum:	06.2020 – 09.2020

Im Anbaujahr 2020 wurde in allen deutschen Anbaugebieten ein CBCVd-Monitoring durchgeführt. Die Durchführung und Intensität wurden den Anbaugebietsgrößen und Begebenheiten vor Ort angepasst. In Spalt, Tettang, Elbe-Saale wurde kein Befall festgestellt. Im Folgenden werden die Ergebnisse des bayerischen CBCVd-Monitoring 2020 dargestellt.

Tab. 5.3: Einteilung des CBCVd-Monitoring 2020

Einteilung CBCVd-Monitoring 2020		Feldstücke	Proben	Betriebe
Anbaugebietsmonitoring mit Befallsregion	Risikobasiert	422	~ 1760	
	Raster	117		
	Summe	539		
HVG Biogasmonitoring		65	195	
Freiwilliges Monitoring (HVG)		~ 15	~ 45	
Flächen der neuen Befallsbetriebe (2020)		~ 40	~ 300	
Summe		~ 656	~ 2300	~ 400

Tab. 5.4: Einteilung des CBCVd-Monitoring 2020

Betriebe	Befallsgebiet	Befall festgestellt [Jahr]	Befallsstärke
5	Hallertau Zentral	2019	gering – sehr hoch
1	Hallertau Süden 1	2020	hoch
1	Hallertau Süden 2	2020	gering

Folgende Erkenntnisse konnte aus dem CBCVd-Monitoring 2020 gewonnen werden:

- Trotz risikobasiertem Ansatz und massivem Aufwand konnten „nur“ vier zusätzliche Betriebe in drei Befallsgebieten ermittelt werden Hallertau ist (noch) nicht durchsucht!
- Befallsstärke in den betroffenen Betrieben reicht von gering bis hoch
- Innerhalb eines Betriebes kann die Ausbreitung (ohne Hygienekonzept) sehr rasch fortschreiten

- Zwischen benachbarten Feldstücken von zwei verschiedenen Betrieben ist die Übertragung geringer (Voraussetzung: keine gemeinsame Maschinennutzung/ Austausch von Pflanzgut)
- Hohe Unsicherheit bei negativ getesteten Flächen von Befallsbetrieben
- Es gibt Hinweise, dass die Infektion mit CBCVd bereits seit mehreren Jahren im Anbaugebiet Hallertau besteht
- Heterogene Bestände (Boden, Bewirtschaftung, Sorte) erschweren die optische Bonitur – Nachweis im Labor ist zwingend erforderlich

Ausblick 2021

- Erarbeitung und Umsetzung der CBCVd-Kriterien für den Pflanzenpass
- Monitoring wird 2021 und 2022 fortgesetzt

Das Hopfenforschungszentrum Hüll (LfL IPZ) wird finanziell und personell unterstützt durch StMELF, LfL IPS, GfH e.V. und Erzeugergemeinschaft HVG e.G.

Andere Forschungstätigkeiten sowie die Amtliche Mittelprüfung werden nur geringfügig beeinflusst.

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 Aromausprägungen,
- die Züchtung von Aromasorten mit breitem Braupotenzial und entscheidend gesteigerter Klimatoleranz und Nährstoffeffizienz
- die Schaffung robuster, leistungsstarker Hochalphasorten.
- Biotechnologische und genomanalytische Techniken begleiten seit Jahren die klassischen Züchtungsschritte.

6.1 Kreuzungen 2020

Im Jahr 2020 wurden insgesamt 95 Kreuzungen durchgeführt.

6.2 Aurum – Hüller Grünes Gold für Hopfenpflanzer und Brauer

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

Versuchsbrauerei St. Johann, A. Gahr

Nationale und internationale Braupartner

Partner aus dem Bereich Hopfenhandel und -verarbeitung

Verband Deutscher Hopfenpflanzer

Hopfenpflanzer

Aurum ist der neuste Edelhopfen aus dem Hopfenforschungszentrum Hüll, der mit seinem dezenten, sehr feinen Hopfenaroma, das er von seiner Tettninger Mutter in die Dolden „gelegt bekommen“ hat, klassischen Bieren ihren so geschätzten hopfen-würzigen Geschmack verleihen kann. Im Anbau überzeugt Aurum vor allem durch verbesserte Pflanzengesundheit und gesteigerte Klimatoleranz verknüpft mit stabil höheren Erträgen.

Mit dieser Aroma-Neuzüchtung ist es dem ehemaligen Hüller Züchter Herbert Ehrmaier gelungen, Hopfenaroma der Extraklasse mit wettbewerbsfähiger und umweltfreundlicher Hopfenproduktion in idealerweise zu kombinieren. Gesteigerte agronomische Leistungsmerkmale wie auch breitere Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten wurden selbst unter klimatischen Stressbedingungen in langjährigen Anbauprüfungen auf LfL-eigenen Flächen und auf Praxisflächen deutlich.

Durch den seit 2016 laufenden Großflächenversuchsanbau auf verschiedenen Standorten wurden der Züchtungsfortschritt und die Praxistauglichkeit der Hüller Aroma-Neuzüchtung bestätigt.

Durch den auf Hektarbasis durchgeführten Großflächenanbau wurden nicht nur umfassende Erfahrungen zur Produktion gesammelt, es konnte ebenso ausreichend Erntegut für Brauversuche zur Verfügung gestellt werden.

Tab. 6.1: Agronomische Merkmale und brauwertbestimmende Inhaltsstoffe

Ertragspotenzial	2.000 kg/ha, deutlich höher als bei Landsorten und auf dem Niveau von Hallertauer Tradition
Resistenzen / Toleranzen	mittlere Resistenz bzw. Toleranz gegenüber Krankheiten und Schädlingen
Stress- und Klimatoleranz	keine Frühblüte, mittel
Reife	mittelfrüh
Alphasäuren (%)	5 (4 – 7)
Betasäuren (%)	6 (5 – 8)
Cohumulon (rel. in % der Alphasäuren)	20 (18 – 22)
Xanthohumol (%)	0,4 (0,3 – 0,6)
Gesamtöl (ml/ 100 g Hopfen)	1,5 (1,7 – 2,4)
Farnesengehalt (mg/ 100 g Hopfen)	< 10
Linaloolgehalt (mg/ 100 g Hopfen)	12



Abb. 6.1 Die neue Hüller Aromasorte Aurum - Doldensträußchen und Dolden-Längsschnitt

Hopfenaroma im Bier

Beim Zerreiben der Dolden entfaltet Aurum ein besonders feines, klassisches Hopfenaroma, das geprägt ist von hopfig und krautigen Aromenoten begleitet von einer frischen Zitrusnuance. Bei Brauversuchen mit Aurum zeigte sich sein beeindruckend hohes Aromapotenzial, das auf den hohen Gehalt an ätherischen Ölen zurückzuführen ist. Insbesondere Linalool als Schlüsselaromakomponente verleiht dem Bier ein klassisches Hopfenaroma.

Je nach Zeitpunkt und Menge der Hopfengabe entwickelt Aurum in den Bieren ein hopfig-würziges bis dezent zitrus-frisches Aromaspektrum in Kombination mit einer fein, angenehm milden Bittere.



Abb. 6.2: Aromaprofil von Aurum als Rohhopfen



Abb. 6.3: Aromaprofil von Aurum im Bier

Referenzen

Seigner, E., Lutz, A., Kamhuber, K und König, W. (2020): Aurum – Grünes Gold für klassische Bierstile. Brauwelt – Wissen Rohstoffe Nr. 46-47, 1232-1235.

Gesellschaft für Hopfenforschung und Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2020): Aurum - Feinwürziger Hüller Aromahopfen der Extraklasse. Flyer: <https://www.hopfenforschung.de/sorte/aurum/>

6.3 Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettnanger

Ziel

Die Landsorte Tettnanger mit ihrem fein-würzigen Hopfenaroma ist nach wie vor bei Brauern, die Wert auf klassische Bieraromen legen, sehr gefragt. Aber für die Pflanze wird der Anbau dieser Landsorte schwieriger, insbesondere weil ein geringeres Ertragsniveau, instabilere Alphasäuregehalte, Frühblüte als Folge der steigenden Temperaturen (Mozny et al., 2009) und geringere Krankheitsresistenzen einen wirtschaftlichen Anbau erschweren. Eine deutliche Verbesserung konnte in den letzten Jahrzehnten über reine Auslesezüchtung innerhalb der natürlichen Variabilität der Tettnanger Landsorte nicht erreicht werden.

Daher wurde 2011 mit dem Kreuzungsprogramm zur Verbesserung des Tettnangers begonnen. Es sollte eine Sorte entwickelt werden, die die typische oder eine sehr ähnliche Aromausprägung wie die Landsorte Tettnanger aufweist, aber im Vergleich zum ursprünglichen Tettnanger in ihrem Ertragspotenzial, ihren Pilzresistenzen und Klimaanpassung deutlich verbessert ist. Durch eine bessere Klimaanpassung sollte das Problem der Frühblüte im Zusammenhang mit den höheren Temperaturen gelöst werden. Außerdem wird von einer modernen Sorte optimierte Nährstoffeffizienz verlangt, die im Kontext der neuen Düngeverordnung von größter Bedeutung ist. In einem einzigen Kreuzungsschritt mit Tettnanger als Mutter alle relevanten Verbesserungen unter Beibehaltung des Tettnanger Aromas zu realisieren, ist verständlicherweise eine sehr schwierige Zielsetzung.

Methode

Klassische Kreuzungen mit Tettnanger und vorselektierten Hüller Aromaliniern

Mehltauresistenztestung der Sämlinge bzw. Zuchtstämme im Gewächshaus und Labor (siehe 6.5)

Sämlingsprüfung mit Einzelpflanzen im Gewächshaus

Anbauprüfungen bei reduziertem Pflanzenschutz- und Düngemiteleinsatz

3-jährige Anbauprüfung in Hüll

4-jährige Stammesprüfung in Wiederholungen an zwei Standorten in der Hallertau sowie in Tettnang

chemische Analyse der Doldeninhaltsstoffe (IPZ 5d)

organoleptische Aromabonituren durch das Züchtungsteam und mit Unterstützung des GfH-Expertengremiums

Testung auf Viren mit der DASELISA (Double Antibody Sandwich Enzyme Linked Immunosorbent Assay)-Technik (IPZ 5b und IPS 2c, Seigner et al., 2014)

Untersuchung auf *Verticillium*befall mit der Realtime-PCR-Technik (Maurer et al., 2013; Seigner et al., 2017; siehe 6.7).

Pathogeneliminierung über Meristemkultur (Seigner et al., 2017; siehe 6.8)

Ergebnis

Sämlingsprüfung

Seit 2010 wurden 41 gezielte Kreuzungen durchgeführt. Über 1.600 im Gewächshaus auf Krankheitsresistenz vorselektierte Sämlinge wurden im Zuchtgarten in Hüll ausgepflanzt und über drei Jahre geprüft.

Durch minimalen Pflanzenschutzmitteleinsatz und reduzierte Stickstoffgaben bei der Sämlingsprüfung in unseren Zuchtgärten, wie später auch bei der nachfolgenden Stammesprüfung, wurde auf die robustesten, widerstandsfähigsten und nährstoffeffizientesten Hopfen hin selektiert.

Stammesprüfung

Elf erfolgversprechende Sämlinge wurden nachfolgend über 4 Jahre in zwei Wiederholungen an zwei Standorten in der Hallertau angebaut und neun aus dieser kleinen Auswahl auch im Versuchsgut Straß geprüft. Alle (11 bzw. 9) Zuchtstämme aus den Stammesprüfungen 2015, 2016 und 2017 konnten aus unterschiedlichen Gründen (Frühblüte, zu geringe/schwankende Alphasäuregehalte, Peronospora- bzw. Welkeanfälligkeit, ...) weder in der Hallertau noch in Straß/Tettngang überzeugen. Daher werden bzw. wurden sie gerodet.

Fünf Stämme sind nun seit 2019 in der 4-jährigen Stammesprüfphase in der Hallertau und die drei vielversprechendsten wurden 2020 in Straß ausgepflanzt. Erste Ergebnisse von den drei Standorten liegen nun zum Projektende vor. Zwei Stämme werden aktuell als besonders erfolgversprechend beurteilt. Mit ihrem fein geprägten Aroma und leicht erhöhten Bittersäuregehalten sowie mit ihren positiven agronomischen Eigenschaften kommen diese beiden Zuchtstämme den gesetzten Zuchtzielen nahe. Zuverlässige Aussagen zu Wüchsigkeit, Ertrag, Resistenzen, Inhaltsstoffen und Aroma stehen erst in 2 bis 3 Jahren zur Verfügung.

Weitere sechs Sämlinge wurden nach der Sämlingernte 2019 (Einzelergebnisse aus 2 Ernten) als Kandidaten für die Stammesprüfung 2020 bzw. 2021 ausgewählt. Nach Bestätigung ihres virus- und *verticillium*-freien Zustands wurden diese Sämlinge vermehrt. Drei Zuchtstämme wurden in Wiederholungen in der Hallertau an den Standorten Hüll und Stadelhof ausgepflanzt, die anderen drei sind für die Stammesprüfung 2021 vorgesehen. In Straß werden 2021 bzw. 2022 nur die aussichtsreichsten Kandidaten in die Stammesprüfung aufgenommen.

Ausblick

Auch wenn die Förderung dieses Züchtungsprojektes zum 31.12.2020 endete, sollen die erfolgversprechendsten Zuchtstämme noch in den weiterführenden Stammesprüfungen zu Ende geprüft werden.

Nach der Stammesprüfung folgt die Hauptprüfung und darüber hinaus muss sich ein Stamm in den Parzellenprüfungen auf Praxisbetrieben (Reihenbau und Großflächenversuchsanbau) bewähren. Aktuell laufen keine Praxisanbauversuche mit erfolgversprechenden Kandidaten. Frühestens 2023/2024 könnte mit dem Start der Reihenbauprüfung mit den ersten Neuzüchtungen aus diesem Kreuzungsprogramm gerechnet werden.

Wirtschaftliche und züchterische Bedeutung der Projektergebnisse

Durch dieses Projekt sollten leistungsfähige und zugleich klimatolerante und damit stabile Aroma-Zuchtstämme entwickelt werden, die an die speziellen Anbaubedingungen der Tettnganger Hopfenbauregion angepasst sind.

Die künftigen neuen modernen Aroma-Sorten mit Tettnganger Aromaprofil sollten mit all ihren Vorteilen (stabilere Alphasäureerträge, breite Krankheitsresistenzen v.a. verbesserte Mehltauresistenz, Klimatoleranz, Stickstoffeffizienz) die Wettbewerbsfähigkeit des Tettnganger Hopfenbaus auf dem Weltmarkt langfristig sichern. Zugleich sollten diese Sorten eine umweltverträglichere und kostengünstigere Produktion mit weniger Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Dünger ermöglichen.

Innerhalb des Förderzeitraums 2011-2020 konnten bislang noch nicht alle gesetzten Zuchtziele in erfolgversprechenden Stämmen umgesetzt werden. In einem einzigen Kreuzungsschritt mit Tettninger als Mutter alle relevanten Verbesserungen unter Beibehaltung des Tettninger Aromas zu realisieren, ist verständlicherweise eine sehr schwierige Zielsetzung.

Aber die neuen Aromasorten Diamant (Lutz et al., 2019) und Aurum (Seigner et al., 2020) als direkte Nachkommen der Landsorten Spalter und Tettninger aus früheren Hüller Züchtungsprogrammen beweisen, dass eine deutliche Verbesserung (Ertragssteigerung, keine Frühblüte, Ölgehalt verdoppelt, bessere Krankheitsresistenz) möglich ist.

Auch wenn die bislang entwickelten Aromalinen mit Tettninger Background aus diesem Forschungsvorhaben nicht alle ökonomischen Zielsetzungen erfüllen, so sehen wir doch in einzelnen Stämmen entscheidende züchterische Fortschritte. Unter den extremen Klimabedingungen der letzten Jahre haben wir die robustesten Stämme ausgewählt, die mit höheren Frühjahrstemperaturen, extremen Hitze- und Trockenheitsphasen im Sommer sowie mit nur 2/3 des praxisüblichen Stickstoffdüngenniveaus zurechtkommen. Des Weiteren wurden die Stämme unter hohem *Verticillium*-Welke-Druck und unter besonders hohen Mehltauinfektionsbedingungen geprüft und nur mit den besten Sämlingen bzw. Stämmen weitergearbeitet. Für unsere Hüller Aromazüchtung haben wir damit wertvolle genetische Ressourcen geschaffen.

Besonders hervorzuheben ist darüber hinaus, dass durch dieses Projekt zwischen Bayern und Baden-Württemberg im Bereich Züchtung eine fruchtbare Kooperation entstanden ist. Seit 2011 werden aus den laufenden Züchtungsprogrammen der LfL-Hopfenforschung acht neue Hüller Aromasorten, eine neue Hochalphasorte sowie drei Aroma- und vier Hochalphastämme mit sehr hohem Erfolgspotenzial im Reihenversuchsanbau am Versuchsgut Straß geprüft. Straß hat sich als aussagekräftiger Prüfstandort bei der Entwicklung neuer Hopfensorten bewährt, um deren Eignung für die Tettninger Hopfenbauregion zu erproben. Dieser Aspekt bekommt für die Tettninger Pflanzler zunehmende Bedeutung, weil im Jahr 2020 schon auf über 600 ha Hüller Zuchtsorten (301 ha Aroma und 302 ha Hochalphasorten) angebaut werden. Dies entspricht einem Flächenanteil von 40,8 %.

Schlagnworte: Tettninger-Ersatz, Aromaqualität, Resistenzen, Klimaadaptation, wettbewerbsfähige Produktion, Züchtungs Kooperation Bayern – Baden-Württemberg

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.

Lutz, A., Seigner, E., Kammhuber, K und König, W. (2019): Diamant – neue hochfeine Hüller Aromasorte. *Brauwelt – Wissen Rohstoffe* Nr. 45, 1279-1283. <https://issuu.com/hopfenforschung/docs/diamant>

Mozny, M., Nekovar, J., Sparks, T. (2009): The impact of climate change on the harvest and quality of Saaz hops in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology* 149(6):913-919.

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.

Seigner, E., Lutz, A., Kammhuber, K und König, W. (2020): Aurum – Grünes Gold für klassische Bierstile. *Brauwelt – Wissen Rohstoffe* Nr. 46-47, 1232-1235.

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 39,8 % reduzierte und sich das Sortenspektrum merklich ausgeweitet hat. Ab

im Vergleich zur Hüller Hochalphasorte Herkules mit über 50 renzfähig. Der Umstieg im Anbau auf die Sorte Herkules ist in den Elbe-Saale-Hopfenanlagen aufgrund seiner hohen Stockfäuleanfälligkeit 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 Krankheitsresistenzen, insbesondere gegenüber Stockfäuleerregern, auch unter den speziellen Klima- und Bodenbedingungen des Anbaugebietes Elbe-Saale wirtschaftlich und zugleich umweltschonend produziert werden können. Des Weiteren werden von modernen Hochalphasorten eine verbesserte Klimaadaptation und Nährstoffeffizienz erwartet. Letzteres ist vor allem im Kontext der neuen Düngeverordnung von Bedeutung.

Diese Aufgabe wurde wegen seiner weltweit bekannten Züchtungskompetenz an das Hopfenforschungszentrum Hüll der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft vergeben. Die Landwirtschaftsministerien der drei Hopfenbauländer Thüringen, Sachsen-Anhalt und Sachsen unterstützen finanziell diese Arbeiten.

Durchführung und Methoden

Kreuzungsteil

Gezielte Kreuzungen mit vorselektiertem Hüller Zuchtmaterial

Mehltauresistenztestung der Sämlinge bzw. Zuchtstämme im Gewächshaus und Labor (siehe 6.5)

Sämlingsprüfung mit Einzelpflanzen im Gewächshaus

Anbauprüfungen bei reduziertem Pflanzenschutzmittel- und Düngereinsatz

3-jährige Anbauprüfung in Hüll

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 durch das Züchtungsteam sowie mit Unterstützung des GfH-Expertengremiums

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; siehe 6.7).

Pathogeneliminierung über Meristemkultur (siehe 6.8)

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

Aussichtsreiche Zuchtstämme aus dem Hochalpha-Züchtungsprogrammen der LfL werden seit 2014 bzw. 2018 im Anbaugebiet Elbe-Saale unter Praxisbedingungen getestet.

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

Ergebnisse

Kreuzungspart

Seit Projektbeginn 2016 wurden über 200 gezielte Kreuzungen mit speziell ausgewählten Kreuzungseltern aus dem Hüller Zuchtmaterial zur Umsetzung der gesetzten Ziele durchgeführt. Allein im Juli 2020 waren es mehr als vierzig.

Sämlingsvorselektion

Über 57.000 Sämlinge aus diesem Züchtungsprogramm wurden im Frühjahr 2020 zuallererst auf Pilzresistenz im Gewächshaus in Hüll geprüft. Ab Mai 2020 standen dann über 1.900 auf Krankheitsresistenz vorgetestete Sämlinge in der Vegetationshalle zur Begutachtung, um bis zum Herbst Wüchsigkeit, Resistenz unter natürlichen Infektionsbedingungen und Windfähigkeit begutachten zu können. Hier wurde auch erstmals das Geschlecht festgestellt und bei den weiblichen Individuen der Doldenansatz beurteilt.

3-jährige Sämlingsprüfung

Wie jedes Jahr wurden weibliche Sämlinge aus den Kreuzungen des Vorjahres, die vom Züchter in der Vegetationshalle positiv bewertet worden waren, im Frühjahr 2020 in den Zuchtgarten in Hüll ausgepflanzt. Männliche Individuen werden im „Männer“-Zuchtgarten in Freising ihr Potenzial unter Beweis stellen.

Vielversprechende Sämlingskandidaten der Vorjahre durchlaufen aktuell die 3-jährige Sämlingsprüfung im Zuchtgarten in Hüll. Bei minimalem Pflanzenschutzaufwand und reduzierten Düngergaben im Zuchtgarten über die gesamte Vegetationsperiode wurden nur die robustesten und damit verheißungsvollsten Sämlinge unter Berücksichtigung von etwa 40 Selektionskriterien begutachtet. 71 Sämlinge der Jahrgänge 2017/2018/2019 wurden im Herbst beerntet.

Die Doldenmuster der jeweiligen Kandidaten wurden in Hüll von IPZ 5d chemisch analysiert.

4-jährige Stammesprüfung

Siebzehn vielversprechende Sämlinge, die über 2-3 Jahre im Zuchtgarten als Einzelpflanzen überzeugten, wurden für die Stammesprüfung 2020 mit Anbautestung an zwei Standorten (Zuchtgarten in Hüll und Stadelhof) mit zwei Wiederholungen ausgewählt. Vor der Vermehrung des Pflanzmaterials wurden die ausgewählten Hopfen auf Virus- und *Verticillium*-Infektionen untersucht. Die Virustestung erfolgte im Labor der AG Pflanzenschutz im Hopfenbau (IPZ 5b) in Hüll, ohne Befund. *Verticillium*-Freiheit des Hopfenstockes wurde vom züchtungeigenen Genomanalyse-Team in Freising unter Nutzung der hochsensitiven Realtime PCR-Technik bestätigt.

Um einen schnelleren Züchtungsfortschritt zu erreichen, wurden in den Stammesprüfungen S 2017 – S 2019 fast ausschließlich Sämlinge geprüft, die aus den vor Projektbeginn laufenden Hüller Hochalphazüchtungsprogrammen stammen. Aktuell stehen 54 Zuchtstämme in Hüll bzw. Stadelhof in Anbauprüfungen. 41 Kandidaten aus den Stammesprüfungen SP 2017, SP 2018 und SP 2019 wurden 2020 beerntet.

Eine zuverlässige Beurteilung aller Selektionskriterien, insbesondere belastbare Aussagen zu Ertrag, Inhaltsstoffe und Krankheitsresistenzen, vor allem gegen Stockfäuleerreger, ist erst nach Abschluss der 4-jährigen Anbauprüfung in der Hallertau möglich.

Zwei ertragsstarke Stämme mit hohen bis sehr hohen Alphasäuregehalten erwiesen sich als vielversprechende Kandidaten für den Reihenversuchsanbau auf Praxisbetrieben im Elbe-Saale-Gebiet.

Reihenversuchsanbau

Aus den bereits vor Projektbeginn laufenden Hüller Züchtungsprogrammen stehen aktuell vier Hüller Hochalpha-Zuchtstämme im Vergleich zu Hallertauer Magnum, Herkules, Polaris und Ariana praxisnah im Reihenversuchsanbau bei einem Pflanzler in Thüringen (siehe Tab. 6.2). Die LfL begleitet diesen Anbauversuch wissenschaftlich wie auch fachtechnisch gemeinsam mit der Thüringischen Landesanstalt. Darüber hinaus werden zwei Zuchtstämme auch auf je einem Betrieb in Sachsen und Sachsen-Anhalt auf ihre Standorteignung geprüft.

Klare Einschätzungen zu allen Hochalphazuchtstämmen, insbesondere auch zur geforderten Widerstandsfähigkeit gegenüber Stockfäule, werden in 2-3 Jahren erwartet.

Großflächenversuchsanbau mit dem Hochalphastamm 2011/071/19

Auch im aktuell laufenden Reihenversuchsanbau auf den Betrieben in Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt wie auch in der Hallertau kristallisierte sich bereits ein Hochalphastamm heraus, der sich durch sein sehr hohes, selbst unter Stressbedingungen stabiles Alphasäure- und Ertragspotenzial auszeichnet. Des Weiteren erfüllt er die Forderung nach weitreichenden Krankheitsresistenzen, insbesondere gegen Stockfäule und Mehltau. Inzwischen liegen außerdem vielversprechende Brauerkenntnisse aus Sudversuchen mit diesem Stamm vor.

Daher wurde dieser leistungsstarke Hochalphastamm (2011/071/019) Ende 2019 von der Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH) für die Praxistestung auf Hektarbasis frei gegeben. Im Sommer 2020 wurde auf einer Fläche von 5,4 ha der Stamm in der Hallertau eingelegt. 2021 wird auch im Elbe-Saale-Gebiet auf 0,5 ha dieser Zuchtstamm auf Hektarbasis getestet.

Der Probeanbau auf Großflächen über 2-3 Jahre soll zu gesicherten Anbau- und Resistenzkenntnissen an verschiedensten Standorten führen. Darüber hinaus soll seine bislang überzeugende Hitze- und Trockenheitstoleranz in der Hallertau auch im Elbe-Saale-Gebiet bestätigt werden.

Ausblick

Bei den Neuzüchtungen sind erfolgversprechende Ansätze erkennbar. Aussichtsreiche Kandidaten müssen sich aber nachfolgend erst im Reihenversuchsanbau auf Praxisbetrieben in der Elbe-Saale-Hopfenregion bewähren. Seit Beginn der Züchtungsarbeiten im Jahr 2016 war klar, dass innerhalb des ersten Projektabschnittes (Projektlaufzeit 2016 bis 2020) die begonnenen Züchtungsarbeiten und die Prüfung (siehe Abbildung) im Reihenversuchsanbau im Elbe-Saale Anbaugbiet verständlicherweise noch nicht mit Erfolg abgeschlossen sein können. Umso erfreulicher ist, dass das Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft, das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt und das Sächsische Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft diese verheißungsvollen Züchtungs- und Selektionsarbeiten der LfL-Hopfenzüchtung für weitere 5 Jahre finanziell unterstützen wird.

Wirtschaftliche Bedeutung der Projektergebnisse

Durch dieses Projekt werden leistungsfähige, gesunde Hochalpha-Zuchtstämme entwickelt, die alle Vorteile moderner Zukunftssorten vereinen: hohe stabile Alphasäureerträge, breite Widerstandsfähigkeit gegen Pathogene wie Mehltau, Peronospora und Stockfäuleerregern sowie hohe Stickstoffeffizienz. Sie machen die Hopfenproduktion Umwelt und Ressourcen schonender durch reduzierten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Dünger und helfen die Produktionskosten zu sparen. Zusätzlich sind diese Neuzüchtungen auf die speziellen Anbaubedingungen der Elbe-Saale-Region hin selektiert und erweisen sich als bestens gewappnet gegenüber klimatischen Veränderungen mit gehäuften Hitze- und Trockenheitsstressphasen.

Damit können diese Neuzüchtungen die Wettbewerbsfähigkeit der Elbe-Saale-Hopfenbauregion auf dem Weltmarkt entscheidend stärken und langfristig sichern.

Referenzen

Seigner, E. und Lutz, A. (2020): Zukunftsweisende Züchtungskoooperation zwischen Bayern und den Elbe-Saale-Hopfenbauländern – Leistungsstarke, robuste Hüller Hochalphasorten für die Elbe-Saale- Hopfenpflanzler. Hopfenrundschau International, Jahresausgabe 2020/2021, 28-31.

Seigner, E. und Lutz, A. (2020): Entwicklung von leistungsstarken, gesunden Hopfen mit hohen Alphasäuregehalten und besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet. 4. Sachbericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt

Tab. 6.2: Ergebnisse der Reihen-Anbauprüfung von Hüller Hochalphastämmen bei einem Elbe-Saale-Pflanzer mit Hallertauer Magnum, Herkules und Polaris als Referenzsorten; ¹ a-Säuregehalt in Gew.-% lfr. nach EBC 7.4

Eigenschaften	Hallertauer Magnum	Herkules	Polaris	Ariana	Stamm 2010/80/728	Stamm 2011/71/19	Stamm 2010/75/78	Stamm 2015/58/58
Pflanzjahr	1998	2001	2012	2016	Juni 2015	Juni 2015	Mai 2019	Mai 2019
Aromaeinschätzung	angenehm	angenehm	angenehm, frisch	angenehm, fruchtig	mittel	angenehm	angenehm	angenehm
Alphasäuren (%)	12,4 (10,6 – 14,5)	13,9 (13,5 – 14,5)	16,4 (13,7 – 18,2)	9,0 (8,2 – 10,2)	18,0 (17,1 – 20,2)	15,9 (14,3 - 17,2)	14,7	14,9
Ertrag (kg/ha)								
Erntejahr 2014	2 210	3 230	2 850					
Erntejahr 2015	1 640	1 640	1 900					
Erntejahr 2016	2 830	2 500	2 435	1 650 (Jungh.)	2 210	2 230		
Erntejahr 2017	2 925	1 950	2 785	4 490	3 375	2 930		
Erntejahr 2018	2 420	wg. Stockfäule	2 255	3 090	2 100	2 395		
Erntejahr 2019	2 740	nicht mehr im	2 555	3 175	2 145	2 335		
Erntejahr 2020	2 585	Anbau	2 515	3 930	1 815	1 955	2 700	3 890
-/ha	313 (174 – 410)	325 (221 – 453)	405 (309 – 507)	328 (272 – 376)	426 (274 – 637)	381 (280 – 466)	367	580
Stockgesundh.	sehr gut	gering	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut
Agromische Einschätzung	robust, wüchsig	Ertrag wegen Stockfäule re- duziert	robust, lang- sam wachsend	robust, breite Resistenz	Mehltauresis- tenz, geringe Behangstärke	Mehltaure- sistenz, gu- ter Habitus	robust, wüchsig,	guter Habitus, hohes Ertrags- potenzial

6.5 Mehltausolate und ihr Einsatz in der Mehltaresistenzzüchtung bei Hopfen

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c)
Finanzierung:	Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. (2013 – 2014; 2017-2021) Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G. (2015 - 2016)
Projektleitung:	Dr. E. Seigner, A. Lutz
Bearbeitung:	AG Züchtungsforschung Hopfen: A. Lutz, J. Kneidl EpiLogic: S. Hasyn
Kooperation:	Dr. F. Felsenstein, EpiLogic GmbH, Agrarbiologische Forschung und Beratung, Freising
Laufzeit:	01.01.2013 – 31.12.2021

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 zehn 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 Mehltairesistenz 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 Mehltausisolaten beimpft. Dabei kommen Mehltastämme zum Einsatz, die alle Virulenzen aufweisen, die in der Hallertau verbreitet vorkommen. Damit kann eine große Zahl an Sämlingen geprüft 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 in Hüll mit Sämlingsschalen und den dazwischen stehenden Inokulatorpflanzen

Prüfung auf Mehltairesistenz 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 Mehltausolat („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 Mehltausisolaten getestet. Dadurch ist es möglich, zu beurteilen, ob bestehende Resistenzen in aktuellen Sorten noch voll wirksam sind (wie z. B. bei der voll mehltairesistenten Hüller Aromasorte Hallertauer Blanc). Im letzten Jahr wurde bereits der Mehltastamm, der Herkules in immer mehr Regionen der Hallertau befallen kann, von EpiLogic auf seine Virulenzeigenschaften untersucht. Die altbekannten 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 Mehltäustämmen mit komplementärer v18-Virulenz gebrochen zu sein.

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

Phänotypische Daten zur Mehltäuresistenz des Hopfenreferenzsortiments für das GHop-Projekt als Beitrag zur Etablierung der Präzisionszüchtung

Seit Mitte 2015 wird in Kooperation mit der Universität Hohenheim und 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 Mehltäustämmen wurden entscheidende Erkenntnisse zur Mehltäuresistenz bzw. –anfälligkeit aller Individuen des Referenzhopfensortiments (bestehend aus 192 Sorten, weiblichen und männlichen Zuchtstämmen sowie Wildhopfen) gewonnen. Diese Mehltäutests des Referenzsortiments im Gewächshaus und im Labor (Blatt-Test) ermöglichen unter kontrollierten Bedingungen mit charakterisierten Mehltäustämmen 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 Mehltäustämme) zurückgeführt werden.

Tab. 6.3: Überblick zur Mehltäuresistenztestung 2020 mit Mehltäuisolaten definierter Virulenz

2020	Testung im Gewächshaus		Blatt-Test im Labor	
	Pflanzen	Boniturdaten	Pflanzen	Boniturdaten
Sämlinge aus 89 Kreuzungen	ca. 100.000 bei Massen-Selektion		-	-
Zuchtstämmen*	133	136	189	1455
Sorten*	22	39	23	81
Wildhopfen*	1	2	1	8
Virulenzen Mehltäuisolate	-	-	10	485
Gesamt (Einzeltestungen)	156	177	223	2.029

Massenselektion in Pflanzschalen; Einzeltestungen = Selektion als Einzelpflanzen in Töpfen

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

6.6 Blatt-Testsystem zur Beurteilung der Toleranz von Hopfen gegenüber Falschem Mehltau ()

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 Pflanze immer wieder vor große Herausforderungen. Neben dem seit annähernd drei 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 zu einem Pilzmyzel aus, falls keine Abwehrreaktion des Hopfens erfolgt. Anfällige Hopfen weisen daher auf dem Blatt als typisches Infektionssymptom sporulierendes Pilzmyzel auf.

Methode

Die Unterseite der Blätter von Hopfen wird mit der Peronospora-Sporangien-Suspension besprüht. Fünf bis zehn Tage nach der Beimpfung werden die Reaktionen der Blätter (keine sichtbaren Symptome, Chlorosen, Nekrosen, Sporulation) visuell 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).

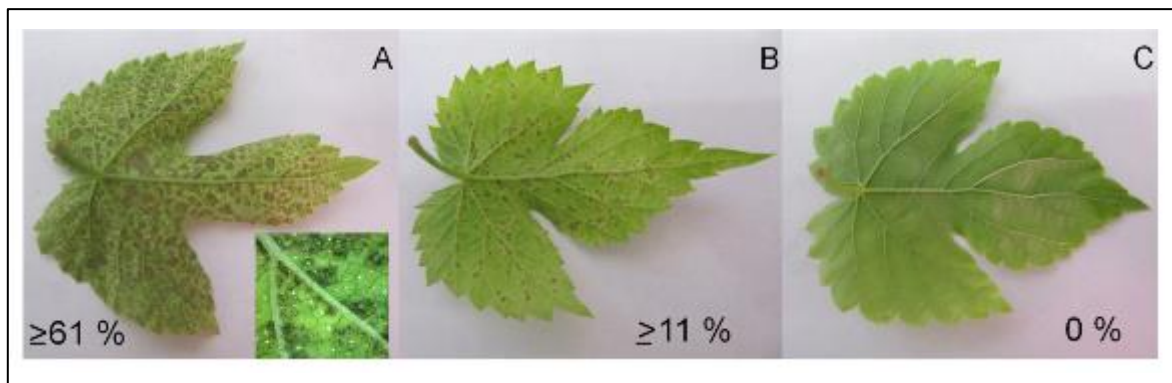


Abb. 6.5: Unterschiedliche Reaktionen von Hopfenblättern 6 Tage nach Inokulation mit *Peronospora*: anfällig (A), mittel tolerant (B) und hoch tolerant (C) gegenüber dem Pilz; % der infizierten Blattfläche = Sporulation; in Foto A zusätzlich eine Nahaufnahme des *Peronospora*-Befalls mit schwarzen Sporenarealen

Ergebnisse

An der Optimierung des Blatt-Testsystems wird seit 2015 gearbeitet: Inokulationsbedingungen, Vitalität der Zoosporen, Temperaturführung während der Blattinkubation im Brutschrank sowie die Anzucht der Testpflanzen wurden verbessert.

2020 begann die Testsaison Ende April. Bis Mitte September wurden 13 Versuchsreihen mit jeweils einer Sorte und fünf Zuchtstämmen durchgeführt. Als Referenzen für unterschiedliche *Peronospora*-Toleranz wurden bei jedem Versuch Blätter von Hallertauer Tradition (hohe Widerstandsfähigkeit) und Polaris (geringe Toleranz) mitgeführt. Lediglich Versuch 5, bei dem generell ein zu niedriger Blattbefall festgestellt wurde, wurde bei der statistischen Verrechnung nicht mit einbezogen. Mit Ausnahme von Aurum, der auch schon 2018 und 2019 mit dem Blatt-Testsystem untersucht worden war, standen 2020 die fünf Zuchtstämme zum ersten Mal zur Prüfung an. Daher sind in den Abbildungen nur 2020er-Ergebnisse zu finden.

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 in Jahr 2020 ergab sich folgendes Bild:

Für die Hüller Sorte Hallertauer Tradition konnte ihre hohe *Peronospora*-Toleranz statistisch erneut abgesichert werden. Als hoch anfällig gegenüber dem Falschen Mehltäupilz zeigten sich der Hochalphastamm 2010/075/078 sowie der Aromastamm 2015/21/35. Alle weiteren getesteten Stämme erwiesen sich im Vergleich zu Polaris als empfindlicher gegenüber *Peronospora* (Abb. 6.6). Alle Hopfen werden 2021 nochmals unter Nutzung dieses Blatt-Testsystems auf ihre Reaktion gegenüber *Peronospora* geprüft.

Im Großen und Ganzen konnten bei den bisher untersuchten Sorten und Zuchtstämmen die Toleranzeinschätzungen aus dem Blatt-Testsystem durch die Feldbonituren bestätigt werden. Aber der Aromastamm 2015/21/35 war bisher bei den Feldbonituren als nicht besonders *Peronospora*-anfällig aufgefallen. Die Wiederholung der Untersuchungen in der Testsaison 2021 soll zur Klärung beitragen.

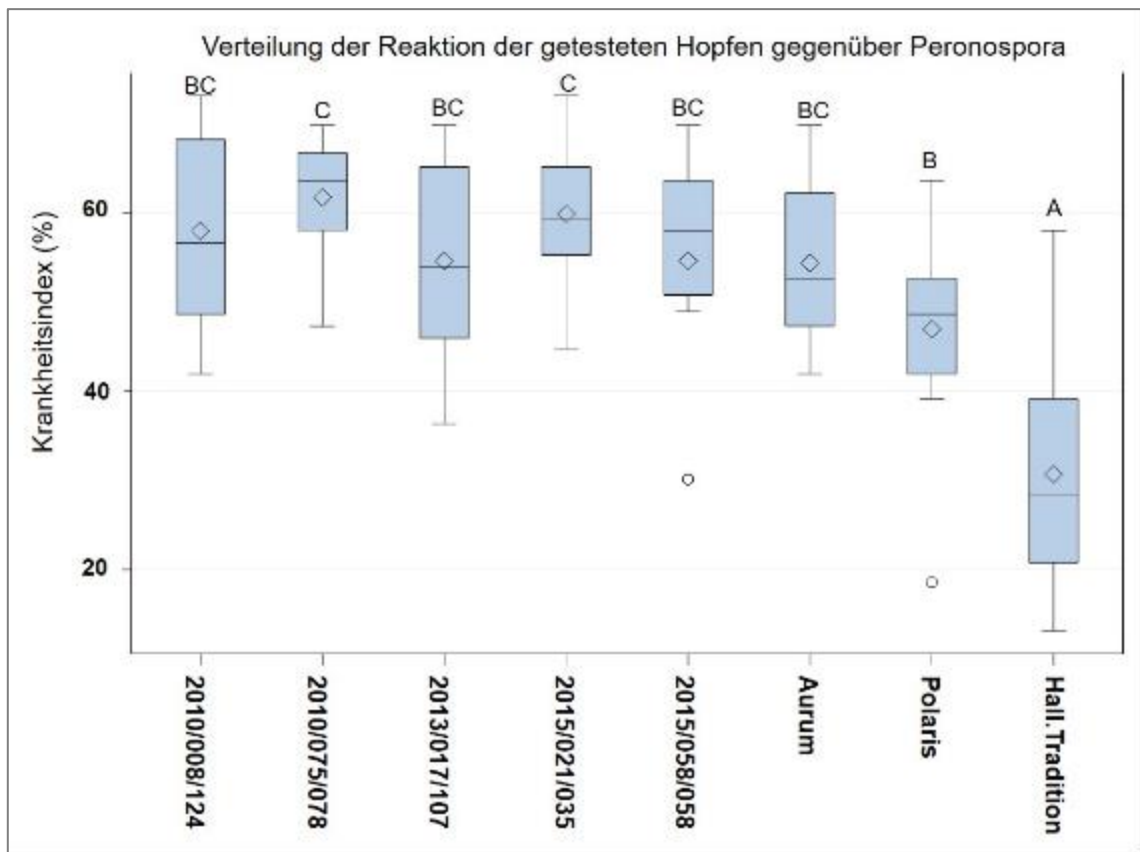


Abb. 6.6: Verteilung der Reaktionen der getesteten Hopfensorten /-stämme gegenüber *Peronospora* in der Saison 2020. Nur Hopfen mit unterschiedlichen Großbuchstaben zeigen statistisch signifikante Unterschiede in ihrem *Peronospora*-befall (Student-Newman-Keuls-Test mit $p < 0,05$).

In der Regel wird als Inokulationsmaterial bei der Blatttestung eine Suspension von Zoosporen eingesetzt, die von sog. Bubiköpfen (= aufgrund des *Peronospora*-befalls stark gestauchte Hopfentriebe) aus dem Hopfengarten stammen. In der laufenden Testsaison werden dann auch Zoosporen von künstlich infizierten Blättern verwendet, die im Brutschrank herangezogen werden. Der Vorteil dieses im Labor gewachsenen Inokulationsmaterials ist, dass es stets nur wenige Tage alt ist, also von frisch sporulierenden Zoosporangien stammt. Unsere Ergebnisse der Testsaison 2020 zeigen, dass diese Zoosporensuspensionen sich im Vergleich zu den Zoosporensuspensionen von Freiland-Bubiköpfen eine etwas höhere Infektionsfähigkeit aufweisen. Dieser positive Effekt wird in Abb. 6.7 beim Krankheitsindex bei Versuchsreihe 10-13 offensichtlich, wo alle getesteten Hopfen höhere *Peronospora*-befallraten aufweisen.

Seit einigen Jahren wird auch versucht, durch Einfrieren der Zoosporangien dafür zu sorgen, dass Inokulationsmaterial unabhängig von *Peronospora*-Befall im Freiland zur Verfügung steht, so dass z.B. die Blatttestungen bereits ab Mitte März beginnen kann. Seit 2018 wurden verschiedene Vorgehensweisen untersucht. So wurden Kryoschutzsubstanzen wie z.B. DMSO (Mitchell, 2010) bzw. Magermilch (Gulya et al., 1993) der Zoosporensuspension vor dem Einfrieren beigemischt.

Des Weiteren wurden Blätter mit frisch sporulierenden Zoosporangien als Ganzes eingefroren und die Zoosporen nach dem Auftauen als Inokulationsmaterial eingesetzt. Außerdem wurden beim Auftauen der eingefrorenen Zoosporensuspension unterschiedliche Protokolle (Mitchell, 2010; Gulya et al., 1993) überprüft.

Nach aktuellem Kenntnisstand zeigten sich nach dem Auftauen Zoosporen mit Magermilch als Kryoschutz, aber auch Zoosporen, die gemeinsam mit dem Blatt eingefroren worden waren, als recht vital und infektiös. Beim Auftauen der Sporensuspension bei Raumtemperatur bzw. durch kurzes Eintauchen in ein 40 °C-Wasserbad ergaben sich keine deutlichen Unterschiede in der Infektionsfähigkeit des Inokulationsmaterials.

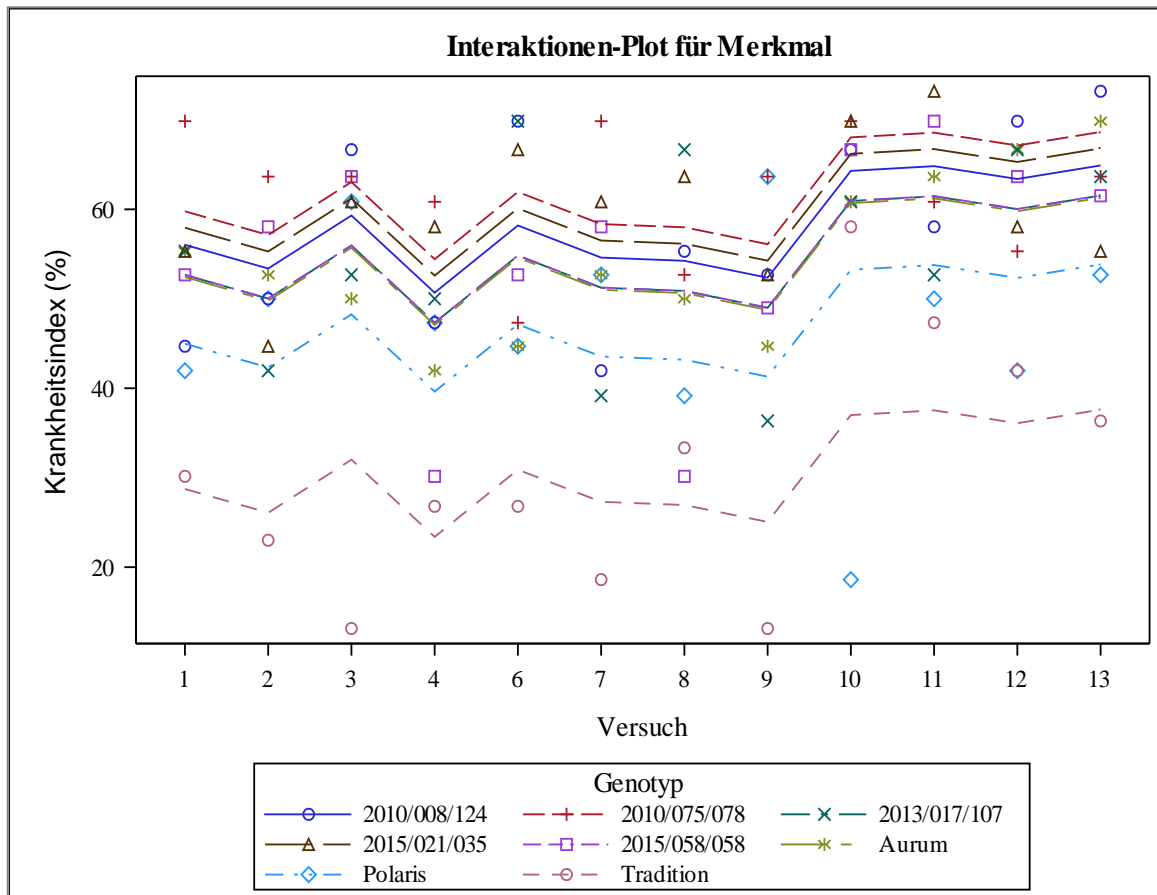


Abb. 6.7: Reaktionen der getesteten Hopfensorten /-stämme gegenüber *Peronospora* in der Saison 2020. Versuch 5 fehlt aufgrund der viel zu geringen Infektionsfähigkeit des eingesetzten Zoosporenmateri als.

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.

Das Peronospora-Blatt-Testsystem hat sich den letzten Jahren zu einem zuverlässigen Prüfsystem zur Toleranzeinschätzung herauskristallisiert, wodurch die Feldergebnisse bestätigt und untermauert werden können.

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.

Gulya, T.J., Masirevicz, S. and Thomas, E.E. (1993): Preservation of air-dried downy mildew without cryoprotectants or controlled freezing. *Mycol. Res.* 97 (2): 240-244.

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.

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

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Züchtungsforschung Hopfen und (IPZ 5c)
Finanzierung:	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
Projektleitung:	Dr. E. Seigner
Bearbeitung:	AG Züchtungsforschung Hopfen: P. Hager, R. Enders, A. Lutz, J. Kneidl
Kooperation:	AG Pflanzenschutz im Hopfenbau: S. Euringer, K. Lutz Dr. S. Radišek, Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Slowenien
Laufzeit:	seit 2008 – 31.10.2023

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 Welkepilzfreie 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).

Basierend auf systematischen Forschungsarbeiten konnte eine sehr zuverlässige und hochempfindliche molekulare Nachweisteknik für *Verticillium* direkt aus den Hopfenreben etabliert werden (Maurer et al., 2013).

Dieses Detektionssystem beruhend auf einer Multiplex TaqMan®-basierten Realtime-PCR ist seit 2014 im Praxiseinsatz. Zunächst wurde, wie bei Maurer et al. (2013) beschrieben, in einem Lauf auf *V. nonalfalfae* und *V. dahliae* getestet.

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* und *V. dahliae* spezifischen Primerpaare und der jeweiligen Sonde zeigt sich letztlich der Pilzbefall durch einen Fluoreszenzanstieg zwischen Vermehrungszyklus 18 bis ca. 35.

Ergebnisse

An einer Optimierung des Testsystems wurde und wird stetig gearbeitet. Da *Verticillium dahliae* nur sehr vereinzelt in den Hallertauer Hopfenproben nachgewiesen wurde, sollte das Augenmerk voll auf *V. nonalfalfae* gerichtet werden. Ziel dabei war es, in einem PCR-Lauf nicht nur auf *V. nonalfalfae* generell zu testen, sondern simultan dabei Mild- und Letalstämme von *V. nonalfalfae* zu differenzieren. Nur so sind Aussagen möglich, ob und wenn ja, welche Welkestämme die spezielle Hopfensorte /-stamm infizieren, die für die Züchtung, aber auch für Praxisgärten und das Hallertauer Anbaugebiet von entscheidender Bedeutung sind.

• Differenzierung von Mild- und Letal-Stämmen von *Verticillium nonalfalfae* über Realtime-PCR

Mit der Zielsetzung Mild- und Letal-Stämme von *Verticillium nonalfalfae* nicht nur über die konventionelle PCR wie bei Seefelder (2014), sondern über die viel sensitivere Realtime-PCR zu unterscheiden, wurden (Maurer et al., 2016) und das Primerpaar von Seefelder und Oberhollenzer (nicht veröffentlicht) zur Identifizierung von letalen Stämmen geprüft.

Da bislang alle Primerpaare nur in der konventionellen PCR (Seefelder) bzw. nur in einem SYBR Green basierten Realtime-PCR-System (Maurer et al., 2016) eingesetzt worden waren, mussten die für die Realtime-TaqMan-PCR nötigen entsprechenden Gensonden erst unter Einsatz eines Software-Pakets (CLC Genomics Workbench, Qiagen) kreiert und nachfolgend geprüft werden (B. Büttner, nicht veröffentlicht).

Seit 2017 werden routinemäßig mit den Primern von Seefelder und Oberhollenzer sowie der Sonde von Büttner mit unserem Realtime-System recht zuverlässige Differenzierungen zum Befall von Hopfen mit Letal- und/oder Mildstämmen von *V. nonalfalae* geführt, die mit den Symptombonituren (S. Euringer und K. Lutz) übereinstimmen.

· **Multiplex Realtime-PCR mit Interner Kontrolle**

Früher wurde in einer separaten konventionellen PCR auf Polyubiquitin (Maurer et al., 2013) als internes hopeneigenes Gen getestet. Seit 2016 im Rahmen dieses Projektes wurde in jedem Multiplex-Realtime-Ansatz eine interne Kontrolle eingeführt. Zunächst wurden Primer von et al. (2015) zu den Hopfen-eigenen Genen CAC (clathrin adaptor complexes medium subun.) und DRH1 (DEAD box RNA helicase) getestet. Besser zu standardisieren war der Einsatz von Cox-Primern und der Cox-spezifischen Sonde als interne Kontrolle (COX = Cytochromoxidase nach Weller et al., 2000 modifiziert). So wird heute routinemäßig durch den Nachweis von hopfen-eigener Cox-DNA als interne Kontrolle der störungsfreie Lauf einer PCR bestätigt, wodurch „falsch negative“ Ergebnisse ausgeschlossen werden können.

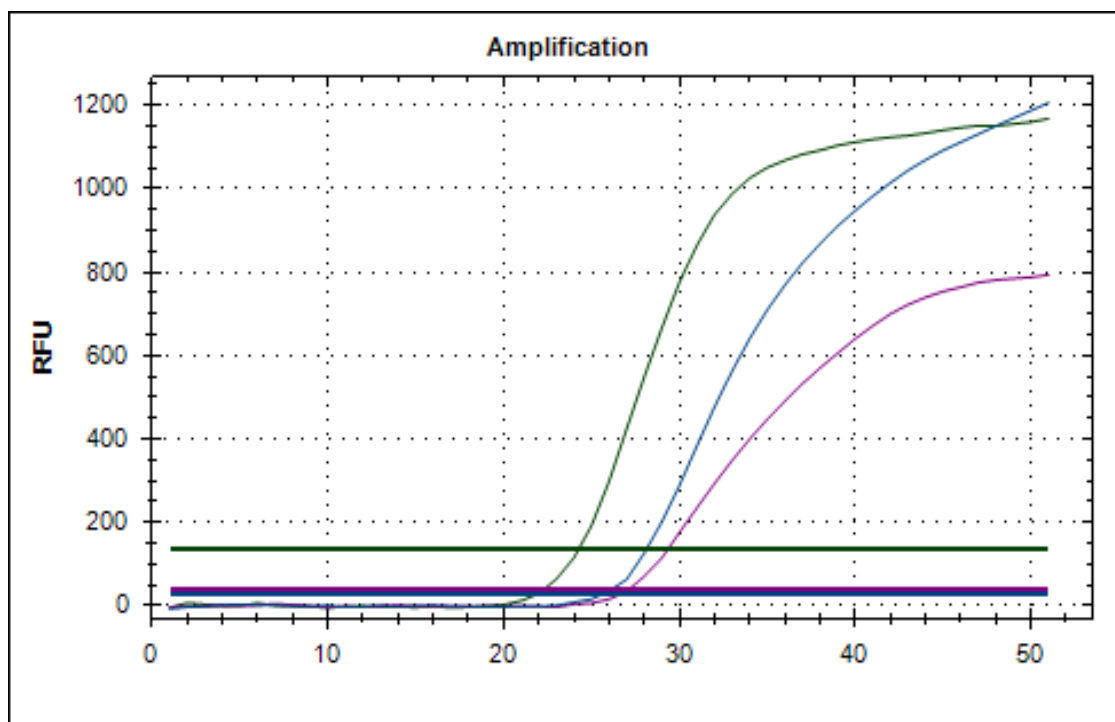


Abb. 6.8: Multiplex-Realtime-PCR einer Rebenprobe aus der Praxis

Erklärung zu Abb. 6.8

Der Fluoreszenzanstieg der blauen Kurve bedeutet, dass die für *V. nonalfalae* spezifischen Sequenzen im Probenextrakt vorhanden waren und vermehrt wurden, wobei der an die Sonde gekoppelte Fluoreszenzfarbstoff „FAM“ freigesetzt wurde. Die untersuchte Rebe ist also mit *Verticillium nonalfalae* infiziert. Da dieses Primerpaar nicht zwischen Mild- und Letalstamm differenziert, kann hier nur abgeleitet werden, dass *Verticillium*-befall vorliegt.

Zugleich werden in der PCR aber auch Primer und Sonde (Cy5-markiert) für Letalstämmen des Welkepilzes *V. nonalfalfae* angeboten. Mit dem Anstieg des Fluoreszenzsignals „Cy5“ (violette Kurve) wird der in der Probe festgestellte *Verticillium*-Befall spezifiziert, ob der Letalstamm des Welkepilzes *V. nonalfalfae* zu finden ist.

Die Amplifikationskurve des hopfeneigenen COX-Gens zum Nachweis eines störungsfreien Ablaufs der PCR-Reaktionen erscheint in der Abbildung in grün.

Die Ergebniskurven weiterer Proben, die in diesem Lauf untersucht wurden, sind in dieser Abbildung ausgeblendet, um den Überblick zu erleichtern.

· **Verbesserung des molekularen Nachweises und Validierung des Realtime-PCR-Detektionssystems**

Neben der Einführung einer ständigen internen Kontrolle (siehe 2.2) wurden 2016 und 2017 Testreihen zur Optimierung des Realtime-PCR-Systems durchgeführt. So wurden verschiedene von Gu ek et al. (2016) publizierte Primer zum Nachweis und zur Differenzierung von *V. nonalfalfae* Mild- und Letalstämmen in Kooperation mit Dr. B. Büttner, IPZ 1b, und Dr. L. Seigner, IPS 2c getestet. Des Weiteren wurde die Temperaturkurve der PCR-Reaktion überprüft und optimiert. Teil des Validierungsprozesses war auch die Überprüfung von verschiedenen Primer- und Sonden-Konzentrationen zur Verbesserung des Detektionssystems.

Ein nächster Schritt war die Erhöhung der Zahl der PCR-Zyklen von 40 auf 50. Da sich die Realtime-PCR im Vergleich zur konventionellen PCR viel robuster gegenüber Hemmstoffen im Pflanzenextrakt erwies, wurde der zu testende Hopfenextrakt nicht mehr wie bei Maurer et al. (2013) auf 20 ng DNA/µl (Hopfen-DNA und Pilz-DNA, wobei die Hopfeneigene DNA den Hauptanteil ausmacht) vorverdünnt, sondern als Rohextrakt stets unverdünnt und 1:10 verdünnt im Realtime-PCR-Ansatz getestet. Der entscheidende Vorteil dabei ist es, dass immer die höchstmögliche Konzentration des Welkepilzes erfasst wird und somit die Nachweisgrenze erniedrigt und der Test in seiner Empfindlichkeit deutlich erhöht wird.

Auch die Sensitivität der verschiedenen Nachweismethoden wie Pilzwachstum, Realtime-PCR und konventionelle PCR wurde in Kooperation mit S. Euringer, IPZ 5b, und Dr. P. Büttner, Mykologie, IPS 2a, verglichen.

Dabei zeigten sich insbesondere gegenüber dem Pilzwachstumstest die

Vorteile der Realtime-PCR-Nachweismethode:

- sehr spezifisch
- ohne Verwechslungsgefahr mit anderen Pilzinfektionen (Fusarien), die meistens schneller wachsen und daher den *Verticillium*-Pilz zum Teil überwuchern
- selbst geringste Pilmengen werden erfasst
- nur hier Unterscheidung von Mild- und Letalstämmen möglich
- Ergebnis liegt bereits nach 2 Tagen vor und nicht erst nach 7-tägigem Wachstum der Pilzpopulation

Nachteil der Realtime-PCR-Nachweismethode:

- Nachweis beruht auf der vorhandenen DNA, die auch während des Verrottungsvorgangs noch nachweisbar sein kann. Die Realtime-PCR gibt daher keine klare Aussage, ob der *Verticillium*-Pilz noch infektiös wäre oder bereits abgestorben ist.

Die Realtime-PCR erwies sich nicht nur im Vergleich zum Pilzwachstumstest als die sensitivere Methode, sondern auch gegenüber der konventionellen PCR.

Das Realtime-TaqMan®-PCR-Protokoll von Maurer et al. (2013) mit dem in einigen Punkten verbessertem Prozedere (siehe Beschreibung unter 2.2 und 2.3) wurde in das aktualisierte EPPO-Protokoll zur Diagnose von *Verticillium* aufgenommen (in der Abstimmungsphase seit Juni 2019).

Darüber hinaus wird - unterstützt von Dr. L. Seigner, IPS 2c, Virusdiagnostik - an einer systematischen Validierung des Realtime-PCR-Systems hinsichtlich Reproduzierbarkeit, Sensitivität etc. gearbeitet. Erste Erkenntnisse liegen bereits vor.

· Konventionelle PCR mit -spezifischen Primern

Neben der Realtime-TaqMan-PCR wird ergänzend und unterstützend bei einigen Fragestellungen auch die konventionelle PCR mit spezifischen Primern nach den EPPO-Guidelines (Down et al., 2007) zur Diagnostik von *Verticillium* eingesetzt. Bis Mitte des Jahres 2017 war dies die einzige Methode, um mit den von Seefelder und Oberhollenzer (nicht publiziert) entwickelten Primern Mild- und Letalstämme zu unterscheiden. Außerdem wurde die konventionelle PCR eingesetzt, um die mit der Realtime-PCR gewonnenen Ergebnisse zu bestätigen.

In letzter Zeit wurde die konventionelle PCR durch die sensitivere Realtime-PCR verdrängt, vor allem auch weil letztere wesentlich robuster in Gegenwart von Störfaktoren funktioniert. Sonst wirken sich oftmals insbesondere bei Dolden und älteren Blättern höhere Konzentrationen von polyphenolischen Stoffen als hemmend aus.

· Durchgeführte Untersuchungen auf

Jedes Jahr werden zwischen 600 und 1000 Pflanzen auf *Verticillium* getestet. Da von keiner homogenen Verteilung des Welkepilzes im Untersuchungsmaterial ausgegangen werden kann, werden 2-3 Proben pro Pflanze von verschiedenen Pflanzenteilen (Wurzeln oder basisnahe Rebstücke etc.) genommen. Anschließend wird von jeder Probe separat die DNA extrahiert und jeder DNA-Extrakt unverdünnt und 1:10 verdünnt in die Realtime-PCR eingesetzt und auf *Verticillium*-Befall generell sowie auf Mild- bzw. Letalstamm getestet. Bei nicht eindeutigen Ergebnissen wird der Realtime-PCR-Test wiederholt.

Untersucht werden Hopfenreben, -wurzeln/-fechser, -blätter, -dolden sowie Sprossspitzen und *in vitro*-Pflanzen mit nachfolgenden Zielen:

In den meisten Fällen soll durch Testung mit dieser hochempfindliche Realtime-PCR-Technik sichergestellt werden, dass ausschließlich *Verticillium*-freies Pflanzmaterial vom mit *Verticillium* kontaminierten Hüller Zuchtgarten für LfL-eigene Prüfstandorte (Zuchtgarten in Stadelhof) und für Praxisanbauversuche (Reihen- und Großparzellenversuchsanbau in der Hallertau, Tettang und Elbe-Saale) bereitgestellt werden kann.

Untersuchung der Mutterpflanzen auf *Verticillium*-Befall, die an den Vermehrungsbetrieb der GfH gehen, um die Abgabe von welkefreiem Fenchermaterial sicherzustellen.

Die Mutterpflanzen, die vom Vermehrungsbetrieb weiter vermehrt wurden, werden in regelmäßigen Abständen auf Welkepilzbefall untersucht. Somit wird gewährleistet, dass *Verticillium*-freies Pflanzgut für die Hopfenpflanzer bereitgestellt wird.

Untersuchung des Hüller Zuchtmaterials von den LfL-Zuchtgärten und *Verticillium*-Selektionsgärten, um Stämme/Sorten zu identifizieren, die generell nicht bzw. wenig von *Verticillium* befallen werden bzw. sich insbesondere gegenüber der Letalform als tolerant erweisen - in Kooperation mit A. Lutz.

Molekulare Verifizierung von Welkesymptombonituren in den Welkeselektionsgärten in Kooperation mit S. Euringer und K. Lutz, IPZ 5b, auch im Zusammenhang mit Maßnahmen zur Sanierung von mit *Verticillium* verseuchten Böden und zur Hygienisierung von Rebenhäckseln

Begleitende Realtime-Untersuchungen zu künstlichen *Verticillium*-Infektionsversuchen von Hopfen und Auberginen im Gewächshaus von K. Lutz, IPZ 5b

Untersuchung regenerierter Meristempflanzen nach „angestrebter“ Eliminierung von *Verticillium* aus infiziertem Pflanzgut über Meristemkultur

Studien zur Ausbreitung einer wurzelbürtigen *Verticillium*-Infektion in Seitenarme, Blätter und Dolden in verschiedenen Höhen

Studien zur Verbreitung von *Verticillium*-Infektionen in Praxisgärten der Hallertau, vor allem mit der Aussage, ob Letalstämme des Welkepilzes beteiligt sind

Untersuchung von Proben aus Welkesanierungsversuchen

· **Aufbau einer Referenzkollektion und Bereitstellung von Inokulationsmaterial**

Zu Beginn des Jahres 2017 wurde daran gearbeitet, ausgehend von Einzelsporisolen erneut eine *Verticillium*-Referenzsammlung aufzubauen, nachdem die von Dr. Seefelder aufgebaute Welkepilzkollektion durch Kontaminationen verloren gegangen war. Dabei wurden milde wie auch letale *Verticillium*-Stämme (Hüller Zuchtgarten, *Verticillium*-Selektionsflächen und auch von einzelnen Praxisflächen) isoliert, mit Realtime-PCR und konventioneller PCR charakterisiert und letztlich als Glycerin-Stammlösungen konserviert und bei 80 °C eingefroren, um deren Virulenzeigenschaften über lange Zeit erhalten zu können. Sie werden als Positiv-Kontrollproben bei allen PCR-Tests benötigt.

Diese Stamm-Sammlung steht auch für Forschungsansätze rund um das Thema *Verticillium* zur Verfügung, so z.B. auch bei Infektionstests mit Hopfenstämmen, deren Welketoleranz gegenüber milden bzw. aggressiven Stämmen geprüft wird oder auch beim Auberginen-Testsystem.

· **Unterstützung der Forschung rund um *Verticillium* durch zuverlässige molekulare Diagnostik**

Von der Gesellschaft für Hopfenforschung wird seit Juni 2017 ein Forschungsprojekt zur *Verticillium*-Problematik bei Hopfen durch die Finanzierung einer Wissenschaftler Stelle unterstützt. Dabei werden Fragen mit Praxisrelevanz rund um den Welkepilz in Angriff genommen.

- Entwicklung neuer *Verticillium*-toleranter Zuchtstämme und Sorten
- Sanierung *Verticillium*-infizierter Böden
- Auberginen als *Verticillium*-Zeigerpflanze
- thermischen Hygienisierung von Rebenhäckseln

Alle Ansätze werden durch dieses Projekt zur *Verticillium*-Welke mit Fokus auf die molekulare Detektion des Pilzes unterstützt. Denn nur so können visuell bonitierte Welkesymptome hinsichtlich des Pathogens verifiziert werden. Ganz entscheidend hierbei ist, dass nur über die PCR eine Unterscheidung zwischen Mild- und Letalstamm des Welke-Erregers getroffen werden kann.

Details zu allen hier kurz vorgestellten Forschungsansätzen zur *Verticillium*-Welke sind unter <https://www.lfl.bayern.de/ipz/hopfen/181766/index.php> abrufbar.

· **Bodentestung und Quantifizierung des *Verticillium* Befalls, falls nicht auf der Forschungsagenda**

Grundsätzlich ist es zwar möglich, selbst in einer so hoch komplexen Matrix wie Bodenproben *Verticillium* über die Realtime-PCR zu detektieren. Publikationen dazu gibt es zu *Verticillium dahliae*, dessen Mikrosklerotien meist über Sieben von Bodenproben angereichert werden können und nachfolgend sogar quantifiziert werden können (Wei et al., 2015; Borza et al., 2018). *V. nonalfalfae* bildet keine Mikrosklerotien aus und Anreicherungsschritte für *V. nonalfalfae*-Dauermyzelien in Bodenproben sind nicht möglich. Auch die Konidien lassen sich nicht anreichern, somit könnten mit der PCR stets nur im 100 mg-Bereich Boden auf *Verticillium* untersucht werden. Eine zuverlässige, seriöse Aussage, ob Boden *Verticillium*-frei ist, lässt sich selbst bei Untersuchung von Tausenden von 100 mg-Bodenproben (aus verschiedensten Tiefen und über ein Hektar verstreut) nicht machen. Daher steht die Erarbeitung eines PCR-basierten Bodentests auf *Verticillium* nicht auf unserer Agenda.

Des Weiteren sehen wir keine Notwendigkeit, die hoch sensitive Realtime-PCR zur Quantifizierung des Pilzbefalls zu nutzen, wie dies aus akademischem Interesse zum Teil in Publikationen gemacht wird. Durch die inhomogene Verbreitung von Konidien, Myzel und Dauermyzel in allen untersuchten Hopfenteilen macht die mengenmäßige Aussage zum *Verticillium*-Befall von einer oder sogar mehrerer 100 mg-Proben keinen Sinn. Viel entscheidender ist es, befallenes von nicht-infiziertem Material zu unterscheiden, wobei grundsätzlich gilt, je früher die Fluoreszenzstrahlung den Schwellenwert überschreitet (je kleiner der Cq-Wert ist), desto höher ist die Konzentration des Pathogens. Eine gewisse Aussage, ob viel oder wenig *Verticillium* in einer Probe vorhanden ist, ist über den Cq-Wert durchaus gegeben.

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

Borza, T., Beaton, B., Govindarajan, A., Gau, X., Liu, Y., Ganga, Z., Wang-Pruski, G. (2018): Incidence and abundance of *Verticillium dahliae* in soil from various agricultural fields in Prince Edward Island, Canada. Eur J Plant Pathol 151, 2825—2830. <https://doi.org/10.1007/310658—017—1408-1>

EPPO Bulletin (2020) PM 7/78 (2) *Verticillium nonalfalfae* and *V. dahliae*: 50 (3): 462-476.

Radišek, S. (2015): Quantification and detection of *Verticillium albo-atrum* in hop (*Humulus lupulus*) with real-time PCR. Hop Bulletin 22, 26-39.

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.

Wei, F., Fan, R., Dong, H.-T., Shang, W.-J., Xu, X.-M., Zhu, H.-Q., Yang, J.-R., and Hu, X.-P. (2015): Threshold microsclerotial inoculum for cotton *Verticillium* wilt determined through wet-sieving and real-time quantitative PCR. Phytopathology 105:220-229.

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 und Team der Virusdiagnostik, IPS 2c

Ziel

Verticillium-, Viren- und Viroidbefall können bei Hopfen zu drastischen Ertrags- und Qualitätseinbußen führen. Da diese Krankheiten mit Pflanzenschutzmitteln nicht zu bekämpfen sind, wird die Meristemkultur, eine biotechnologische Methode, zur Erzeugung von *verticillium*- und virusfreiem Material eingesetzt.

2020 lag das Hauptaugenmerk auf der Verbesserung der Methode zur Eliminierung von Apfelmosaikvirus (ApMV), das sich im Vergleich zum Hopfenmosaikvirus oftmals als hartnäckiger erweist und selbst nach dem Meristemkulturschritt in regenerierten Pflanzen noch nachzuweisen ist.

Methode

Zur Erzeugung von *Verticillium*- und Virus-freien Hopfenpflanzen werden die Sprossspitze von infizierten im Gewächshaus vorgezogenen Pflanzen oberflächensterilisiert und nachfolgend *in vitro* über mehrere Tage mit Hitze behandelt (siehe Abb. 6.9). Es wird angenommen, dass dabei vorhandene Viren und Pilzstrukturen im Meristem, der obersten Wachstumszone der Sprossspitze, inaktiviert werden. Nach der Hitzetherapie wird das Meristem unter dem Binokular herauspräpariert, auf spezielles Kulturmedium gesetzt und letztlich *in vitro* zu einer vollständigen Pflanze regeneriert (siehe Abb. Abb. 6.10 A-C). Zur Bestätigung der über den Meristemschritt gelungenen Eliminierung von Viren und *Verticillium*, werden die herangewachsenen Pflänzchen zum Abschluss der Gewebekulturphase auf Viren bzw. *Verticillium* untersucht.

Dabei werden die Blätter mit der DASELISA (Double Antibody Sandwich Enzyme Linked Immunosorbent Assay) -Technik bzw. mit der RT-PCR (Reverse Transkriptase Polymerasekettenreaktion) von der Arbeitsgruppe IPS 2c auf die verschiedenen hopfen-typischen Viren und zum Teil auch auf Viroide untersucht.

Nur gesunde Pflänzchen werden abschließend in Erde gebracht (Abb. 6.10 D).

Ergebnisse

2020 standen keine *Verticillium*-befallenen Hopfen zur Freimachung an, daher lag der Fokus auf der Virusfreimachung. Hierbei sollte auch die Methode zur Eliminierung von Viren, insbesondere von „hartnäckigen“ Viren wie dem Apfelmosaikvirus (ApMV) verbessert werden. Dabei wurden die Auswirkungen verschiedener Hitzetherapien und unterschiedlicher Größen der präparierten Meristeme auf die Eliminierungsrate von Viren und speziell von ApMV betrachtet.

Zur Virusfreimachung wurden die Sprossspitzen *in vitro* nach einer 3-tägigen Wärmeadaptationsphase bei 30 °C einer Hitzetherapie von 5 bis 11 Tagen mit 35 °C unterzogen. Je länger die Hitzephase dauerte, umso mehr stressbedingte Effekte (Vergilbungen, Verbräunungen) wurden bei den *in vitro*-behandelten Sprossspitzen sichtbar (Abb. 6.10), was sich letztlich auch auf die Regenerationsfähigkeit der Meristeme negativ auswirkte.

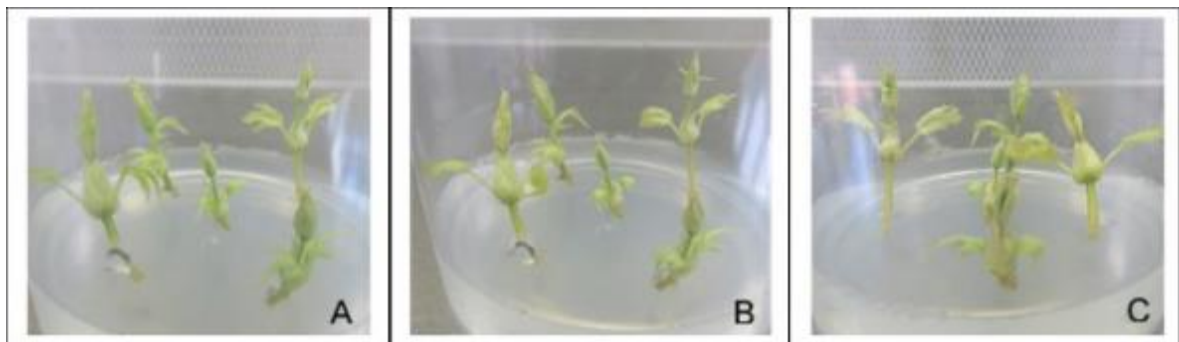


Abb. 6.9: Sprossspitzen von mit ApMV-infizierten Hopfen wurden 8 (A), 10 (B) bzw. 14 (C) Tage einer Hitzetherapie (3 d 30 °C plus 5, 7 bzw. 11 d 35 °C) unterzogen. Je länger die Wärme einwirkte, desto deutlicher zeigten sich Verbräunungen. Trotz des schlechten äußeren Erscheinungsbilds der Sprossspitzen nach 14 Tagen waren die Meristeme noch vital und regenerationsfähig

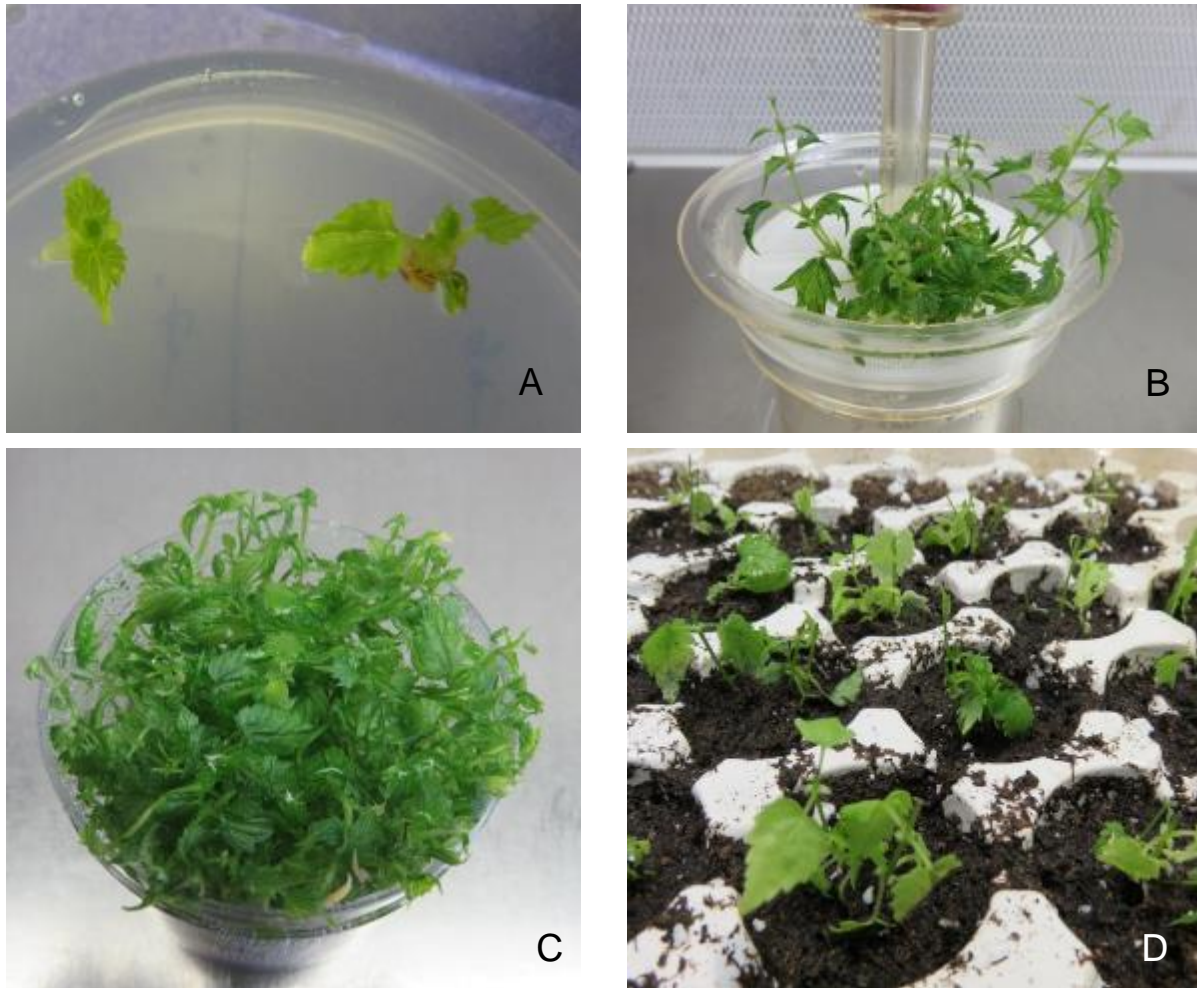


Abb. 6.10: Regeneration der aus den Meristemen entstandenen Pflänzchen A) 3 Wochen nach Präparation noch auf Festmedium in der Petrischale, B) 10 Wochen nach Präparation im RITA®-Flüssigkultursystem, C) nach einem in vitro-Verklonungsschritt fünf Monate nach Präparation der Meristeme in einer Kulturdose auf Festmedium und D) 9-10 Monate nach Start der Meristemkultur in Erde.

Andererseits brachte eine längere Hitzephase (10- und 14-tägige Hitzebehandlung) eine höhere Virus-Freimachungsrate. Die Ergebnisse aus 2020 belegten, dass durch die Verlängerung der 35-Gradphase von 3 (wie in den Jahren bis 2016) auf 7 bzw. 11 Tage die Eliminierungsrate von ApMV von vormals 55 % (Jahre 2010 bis 2016) auf 80 % (weitere Ergebnisse stehen noch aus) erhöht werden konnte.

In den Jahren 2018 und 2019 wurden verschiedenste Temperaturregime geprüft, die bei Hopfen bzw. anderen Kulturarten erfolgreich zur Virus- bzw. Viroideliminierung eingesetzt worden waren, wie zum Beispiel von Postman et al. (2005), Matoušek et al. (1995 und 2001), Faltus et al. (2011) and Kazemi et. (2020). Dabei war entweder kein erkennbarer Effekt bei der Eliminierung der Viren zu erkennen bzw. die Regeneration der Meristeme zu Pflänzchen wurde durch zu hohen Stress völlig unterbunden.

Bei der Größe der herauspräparierten Meristeme wurde mit Meristemen von 0,3 – 1,0 mm gearbeitet. Dabei erwiesen sich Präparate mit etwa 0,5 mm hinsichtlich der Regenerationsfähigkeit und Viruseliminierungsrate als optimal. Grundsätzlich gilt, je kleiner das Ausgangsmeristem (0,3 - 0,4 mm) desto höher die Viruseliminierungsrate, allerdings konnten aus den kleinsten Meristempräparaten nur sehr wenige Pflänzchen regeneriert werden.

Ausblick

An einer weiteren Steigerung der Viruseliminierungsrate durch Optimierung der Regeneration von Meristemen wird gearbeitet. Besonders Viroid-Befall stellt eine große Herausforderung dar, wirklich effiziente Methoden fehlen bislang. Neue Ansätze zur Viroideliminierung bzw. -inaktivierung werden daher verfolgt.

Referenzen

Faltus, M., Zamecnik, J., Svoboda, P., Patzak J. and Nesvadba, V. (2011): Progress in the Czech Hop Germplasm Cryoconservation. Acta Hort 908: 453-460.

Kazemi, N., Nahandi, F.Z., Habashi, A.A., Masoomi-Aladizgeh, F. (2020): Comparing the efficiency of conventional and novel methods of virus elimination using molecular techniques. European Journal of Plant Pathology 157 (4), 887-897.

viroid levels in hop mericlones following heat therapy. Biol. Chem. Hoppe-Seyler 376: 715–721.

Matousek, J., Patzak, J., Orctová, L., Schubert, J., Vrba, L., Steger, G., Riesner, D. (2001): The variability of hop latent viroid as induced upon heat treatment. Virology 287(2):349-358.

Postman, J., DeNoma, J. and Reed, B.M. (2005): Detection and Elimination of Viruses in USDA Hop (*Humulus lupulus*) germplasm collection. Acta Hort. 668:143-148.

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.

6.9 Präzisionszüchtung für Hopfen – Genombasierte Präzisionszüchtung für zukunftsweisende Qualitätshopfen

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Finanzierung:	Förderung aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank
Förderkennzeichen:	Landwirtschaftlichen Rentenbank: 837 150 BLE Aktenzeichen: 28RZ4IP025
Projektleitung:	Dr. M. H. Hagemann, Universität Hohenheim (Gesamtprojekt) Dr. E. Seigner (LfL)
Bearbeitung:	AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c): A. Lutz, J. Kneidl, Dr. E. Seigner und Züchtungsteam AG Hopfenqualität/Hopfenanalytik (IPZ 5d): Dr. K. Kammhuber, C. Petzina, B. Wyschkon, M. Hainzmaier und S. Weihrauch AG Genom-orientierte Züchtung (IPZ 1d), Prof. Dr. V. Mohler AG Züchtungsforschung Hafer und Gerste (IPZ 2c), Dr. T. Albrecht
Verbundpartner:	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
Laufzeit:	01.08.2017 - 30.04.2021

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 Hopfensorten und Zuchtstämme 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, allein anhand der genetischen Daten (= Genotyp) auf deren phänotypische Eigenschaften zu schließen.

Phase 2: August 2017 – April 2021

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

- 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 (LfL)
- Molekulare Studien zur Bittersäuresynthese und deren Regulation (UHOH)
- Assoziationskartierung: biostatistische Verknüpfung der phänotypischen (Resistenzen, agronomische Leistungsmerkmale, Doldeninhaltsstoffe) mit den genotypischen Daten des Referenzhopfensortiments zum Erkennen von einfachen bzw. komplexen Marker-Merkmal-Beziehungen (LfL)
- Entwicklung eines Vorhersagemodells zur Abschätzung des Zuchtwerts (genomische Selektion) (LfL)

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



Ergebnisse

Phänotypisierung – Erfassung von agronomischen und chemischen Daten

Zu Beginn des Projektes wurde das Referenzhopfensortiment zusammengestellt. 251 den gesamten Hüller Genpool repräsentierende Hopfensorten, Zuchtstämmen und Wildhopfen wurden für die Phänotypisierung ausgewählt. Bei der Auswahl kamen folgende Kriterien zum Tragen: breite genetische Streuung, zahlreiche bereits zur Verfügung stehende agronomische Daten von verschiedenen Jahren und Standorten, Genotypen mit besonderen Inhaltsstoffen (z. B. hohe Betasäuren, Xanthohumol bzw. spezielle Aromaprofile und -substanzen). Insbesondere bei den 52 Genotypen dieses Referenzsortiments, die in Wiederholungen (Wiederholung bestehend aus 4-24 Pflanzen bzw. in einigen Fällen aus bis zu 500 Pflanzen) auf mindestens zwei Standorten angebaut werden, können Genotyp x Umwelt-Interaktionen miterfasst werden.

Über 6 Jahre wurden bei der sehr umfangreichen und intensiven Phänotypisierung dieser Referenzkollektion mehr als 40 agronomische Merkmale sowie umfassende chemische Daten zu Bitter- und Aromastoffen erfasst.

Aufgrund der extrem heißen und trockenen Witterungsbedingungen im Sommer 2017 und 2018 war insbesondere bei weniger hitze- und /bzw. trockentolerante Hopfen eine deutliche Minderung des Alphasäure- und Ölgehalts zur Folge, oftmals kombiniert mit Ertragseinbrüchen, insbesondere weil all unsere Prüfstandorte nicht bewässert sind. Darüber hinaus führten die relativ langen Hitze- und Trockenperioden in beiden Jahren zu Stressreaktionen wie z. B. Blattabwurf, Reduktion der Seitenarme, Blütenreduktion bzw. Frühblüte, die wiederum die geringeren Ertragswerte erklären.

Um nach den beiden Extremjahren bei der Assoziationskartierung nochmals Datenreihen zur Verfügung zu haben, die unter „normaleren“ Witterungsbedingungen erhoben wurden, wurde die Phänotypisierungen mit etwas reduziertem Aufwand d.h. mit etwas reduziertem Hopfensortiment in der Saison 2019 und 2020 fortgeführt.

Die Merkmale umfassen agronomische Erhebungen wie Blühbeginn und Reifezeit etc. sowie Resistenzen und Toleranzen gegenüber den wichtigsten Krankheiten und Schädlingen im Feldanbau. Ergänzend kamen Resistenzdaten von den Mehltau- bzw. Peronospora-Blatt-Testsystemen hinzu. Die Beurteilungskriterien zu dieser Phänotypisierung basieren zum größten Teil auf dem Protokoll des EU-Sortenamtes zur Prüfung von Unterscheidbarkeit, Uniformität und Stabilität bei Hopfen (CPVO-TP/227/1, 2006) unter Berücksichtigung der BBCH-Wachstumsstadien (Rossbauer et al., 1995) sowie auf den Bewertungskriterien nach Weihrauch et al. (2010).

Die weiblichen Hopfen wurden beerntet und nach der Trocknung der Ertrag bestimmt. Zusätzlich wurden Bonituren an den getrockneten Dolden vorgenommen, die ergänzend zur Feldbonitur eine Einschätzung ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Peronospora, Echtem Mehltau, Botrytis und Blattlaus erlauben. Darüber hinaus brachten diese Doldenbonituren des Erntegutes Aussagen zu Doldenform, Farbe und Pflückeigenschaften.

Besonders wichtig war die Bestimmung der Inhaltstoffe der Dolden. Die chemischen Analysen zur quantitativen Erfassung von Bittersäuren erfolgten nach den von der European Brewery Convention (EBC) standardisierten Protokollen (EBC 7.4 = konduktometrische Methode, EBC 7.7 = HPLC-Technik und Nahinfrarotspektroskopie = NIRS). Zudem wurden aromarelevante Metabolite, meist aus der Gruppe der Terpene, mittels GC-MS detektiert und über 130 Komponenten relativ quantifiziert. Darüber hinaus wurde nach Wasserdestillation (EBC 7.10) der Gesamtölgehalt bestimmt.

Diese phänotypischen Daten zusammen mit historischen Phänotyp-Informationen aus über 30 Jahren Züchtungspraxis bieten den Ausgang für die Assoziationskartierung, um sie mit den Genotyp-Daten unter Nutzung biostatistischer Methoden zu verknüpfen.

Bereitstellung der Genotyp-Daten

Ein Teil der Daten war als Ergebnis der vorausgehenden Projektarbeiten noch vom Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie erstellt und aufbereitet worden. Die Sequenzdaten zu allen Genotypen des Referenzsortiments konnten dann erst mit deutlicher Verzögerung im April 2020 bereitgestellt werden, nachdem die Universität Hohenheim (UHOH) diesen Part ab 2019 übernommen hatte.

Eine vorherige Analyse einer F₁-Kartierungspopulation zur Erstellung einer genetischen Karte für den Hopfen führte nicht zu dem erwünschten Ergebnis. Somit stand für die Assoziationskartierung keine genetische Karte, d.h. die Abfolge der Marker im Genom, zur Verfügung. Dennoch konnten in der F₁-Kartierungspopulation genetische Marker für zwei Gene, die Resistenz gegenüber dem Echten Mehltau vermitteln, mittels Regressionsanalyse gefunden werden.

Assoziationskartierung

Der erste Teil der GBS-Rohdaten von 104 Sorten/Stämmen war noch vom MPI mit dem Teamaker-Referenzgenom, das erhebliche Lücken aufweist, abgeglichen worden. Ab 2019 wurden von der UHOH schließlich die Sequenzierdaten aller 242 Stämme mit dem neu zur Verfügung stehenden Referenzgenom der Sorte Cascade (Padgitt-Cobb et al., 2019) abgeglichen und im April 2020 der LfL zur Verfügung gestellt. Obwohl für den zweiten Genomabgleich mit Cascade mehr Stämme zur Verfügung standen, konnten weniger Marker mit guter Qualität gefiltert werden. Für eine erste Assoziationskartierung der hochheritablen Merkmale „Gehalt an Alpha- und Betasäure, Cohumulon und Xanthohumol“ wurden gewichtete Mittel des Standorts Hüll aus den Jahren 2014 bis 2019 verwendet. Anhand mathematischer Modelle wurden die genomweiten SNPs aus den Sequenzdaten mit allen verfügbaren phänotypischen Daten verknüpft (Assoziationskartierung). In den Modellen wurde die Zuchtrichtung (Hochalpha/Niedrigalpha) als Korrektur für die Populationsstruktur und die Verwandtschaft als Kovarianz berücksichtigt.

Für alle Merkmale konnten assoziierte Marker ($p < ,001$) identifiziert werden (siehe Tab. 6.4), wobei bei Verwendung des Datensatzes basierend auf dem Abgleich mit dem Teamaker-Genom mehr Marker mit den Hopfeninhaltsstoffen assoziiert vorlagen. Um die Ergebnisse beider Analysen ohne eine genetische Karte abzugleichen, wurde die Anzahl möglicher Genorte anhand der Korrelation zwischen den signifikanten Markern berechnet. Bei den Merkmalen konnten jeweils drei bis acht Korrelationscluster identifiziert werden. Auch die Übereinstimmung der assoziierten Marker zwischen den Ergebnissen beider Genom-Abgleiche war hoch, so dass davon ausgegangen werden kann, dass dieselben Genorte abgebildet werden. Eine vertiefende Assoziationskartierung der Hopfeninhaltsstoffe und weiterer Merkmale wird erfolgen, sobald die Auswertung der phänotypischen Daten durch die UHOH abgeschlossen ist.

Tab. 6.4: Übersicht über die Anzahl der verwendeten Stämme und Ergebnisse der Assoziationskartierung. Die Anzahl assoziierter Marker wurde bestimmt anhand eines Grenzwerts von $p=0,001$; die Anzahl möglicher Genorte entspricht der Anzahl gefundener Cluster in einer Korrelationsanalyse zwischen den Markern.

	Abgleich Teamaker-Genom	Abgleich Cascade-Genom
Anzahl genotypisierter Stämme	104	242
Anzahl phänotypisierter Stämme in Hüll	104	147
Anzahl verfügbarer Marker	532.116	83.243
Anzahl verwendeter Marker nach Bereinigung	8.8207	21.399
Genomweite Assoziationskartierung		
Alphasäure		
Anzahl assoziierter Marker	152	53
Anzahl möglicher Genorte über Korrelation	3	2
Betasäure		
Anzahl assoziierter Marker	155	34
Anzahl möglicher Genorte über Korrelation	3	2
Cohumulon		
Anzahl assoziierter Marker	277	35
Anzahl möglicher Genorte über Korrelation	2	4
Xanthohumol		
Anzahl assoziierter Marker	102	29
Anzahl möglicher Genorte über Korrelation	8	3-4

Kooperation mit der GfH bei der Bewertung der Bitterqualität von Hochalphastämmen in Bieren

Als Vorarbeit zu den Brauversuchen im Rahmen des GHop-Projekts waren im November 2019 zwei Hochalphazuchtstämme (2010/80/728) und (2011/71/19) vom GfH-Experten-gremium nach guten Aromabeurteilungen für die Sudversuche ausgewählt worden. Basierend auf einem standardisierten Sudprotokoll wurden in der Forschungsbrauerei der Technischen Universität München-Weihenstephan sowie in den Versuchsbrauereien St. Johann und der Bitburger Braugruppe die beiden Hochalphastämme im Vergleich zu Herkules verbraut. Die Bierverskostung mit der Bewertung der Bitterqualität wurde am 23.06.2020 in Wolnzach durchgeführt. Dabei bekamen beide Hochalphastämme Bitterqualitätsbewertungen, die denen von Herkules vergleichbar waren.

Beide Stämme stehen seit einigen Jahren auch auf Praxisflächen in der Hallertau, Tettang und im Elbe-Saale-Gebiet im Probeanbau. Seit Frühjahr 2020 wird der Zuchtstamm 2011/71/19, der von beiden Stämmen die agronomisch günstigsten Eigenschaften aufweist, im Großflächenversuchsanbau auf Praxisflächen geprüft.

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>

Weihrauch, F., Baumgartner, A., Felsl, M., Lutz, A., Schwarz, J. (2010): Richtlinien für die Bonitur getrockneter Hopfendolden auf Befall mit den wichtigsten Krankheiten und Schädlingen des Hopfens.

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 (siehe Abb. 7.2)

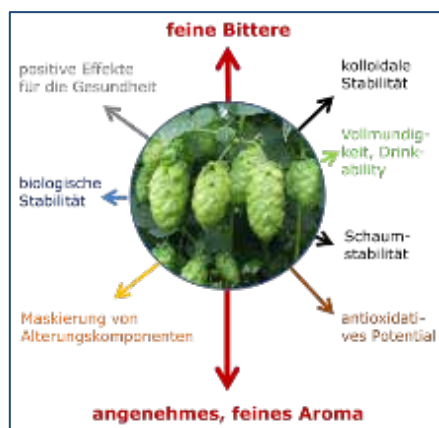


Abb. 7.2: Was bewirkt der Hopfen im Bier

7.2 Welche Ansprüche bezüglich seiner Inhaltsstoffe soll der Hopfen in Zukunft erfüllen?

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).

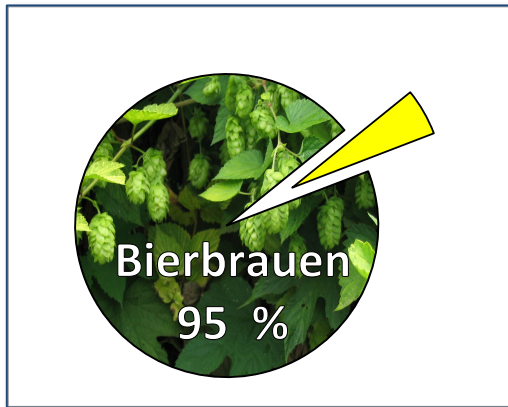


Abb. 7.3: Verwendung von Hopfen

7.2.1 Anforderungen der Brauindustrie

Bezüglich des Einsatzes des Hopfens in der Brauindustrie gibt es sehr unterschiedliche Philosophien. Manche haben nur Interesse an billiger alpha-Säure, andere wählen den Hopfen sehr bewusst nach Sorte und Anbaugebiet aus (Abb. 7.4), dazwischen gibt es fließende Übergänge.

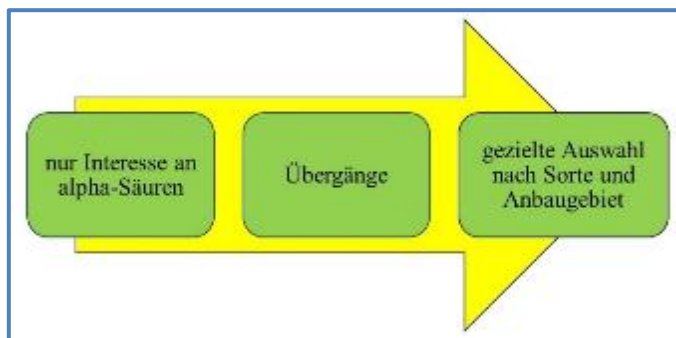


Abb. 7.4: Unterschiedliche Philosophien bezüglich des Einsatzes von Hopfen

Einig ist man sich jedoch darüber, dass Hopfensorten mit möglichst hohen α -Säuregehalten und hoher α -Säurestabilität in Bezug auf Jahrgangsschwankungen gezüchtet werden sollen. Der Klimawandel wird auch für den Hopfenanbau das größte Zukunftsproblem sein. Ein niedriger 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 speziellen Anforderungen der Craft Brewer

Die Craft Brewer Bewegung galt noch bis vor kurzem als die große Hoffnung für die Hopfenwirtschaft. Mittlerweile haben die Craft Brewer wegen der Coronakrise am meisten zu leiden, da Craft Biere vor allem in Lokalen und Restaurants verkauft werden und hier wegen der Lockdowns der Absatz besonders eingebrochen ist.

Die Anforderungen der Craft Brewer an den Hopfen bleiben jedoch erhalten. Sie wünschen Hopfen mit fruchtigen und blumigen Aromen, die nicht den klassischen Hopfenaromen entsprechen. Diese Hopfen werden unter dem Begriff „Special Flavour-Hops“ zusammengefasst.

7.2.1.2 Die Technik der 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. 7.5).



Abb. 7.5: 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 Aromanoten 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.

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- α -Säuren, α -Säuren und β -Säuren (Abb. 7.6).

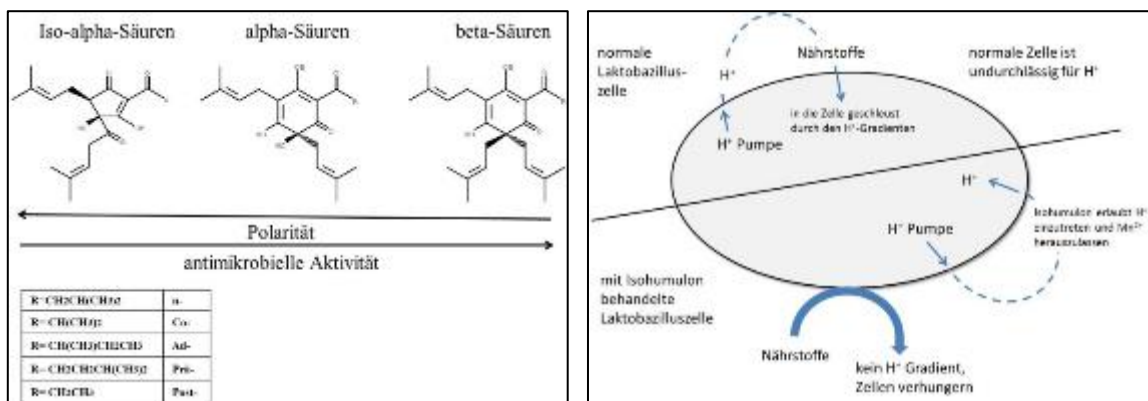


Abb. 7.6: Reihenfolge der antimikrobiellen Aktivität von Iso- α -Säuren, α -Säuren und β -Säuren und deren Wirkungsweise

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- α -Säuren hemmen Entzündungsprozesse und haben positive Effekte auf den Fett- und Zuckerstoffwechsel. Im Bier schützen sie sogar vor dem Magenkrebs auslösenden „Helicobacter pylori“. Die β -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 β -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 β -Säuregehalt zu erhöhen. Momentan liegt der Rekord bei einem Gehalt um etwa 20 %. Es gibt sogar einen Zuchtstamm, der nur β -Säuren produziert und keine α -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 (Abb. 7.7), am bedeutendsten ist jedoch, dass Xanthohumol gegen Krebs wirkt.

Während des Brauprozesses findet eine ständige Umwandlung der prenylierten Flavonoide statt (Abb. 7.7). 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.

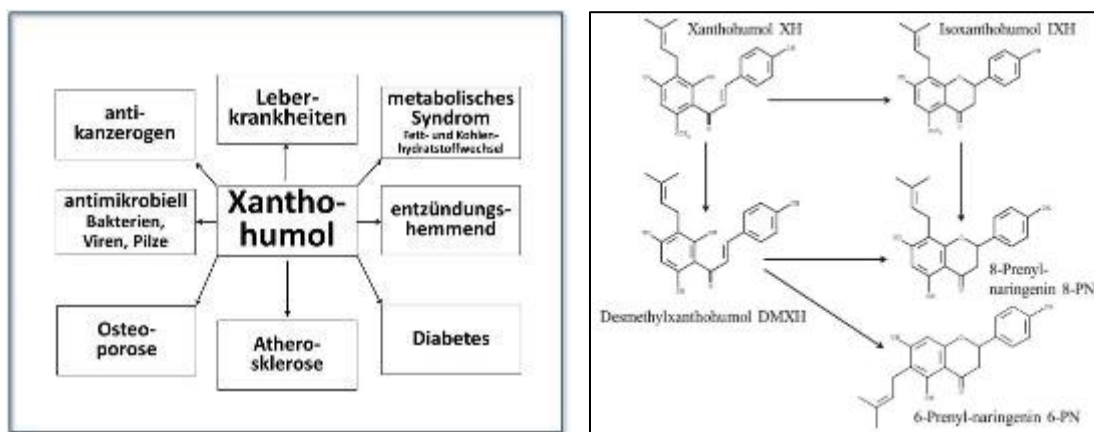


Abb. 7.7: Effekte von Xanthohumol und Transformationen im Brauprozess

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

7.3 Bitterintensität und Bitterqualität

Die alpha-Säuren sind zwar ein Maß für das Bitterpotential des Hopfens. Die Qualität der Bittere hängt jedoch nicht nur von der Konzentration der alpha-Säuren ab. Für eine angenehme, runde und harmonische Bittere tragen sicher noch viele andere Begleitstoffe bei (Abb. 7.8).

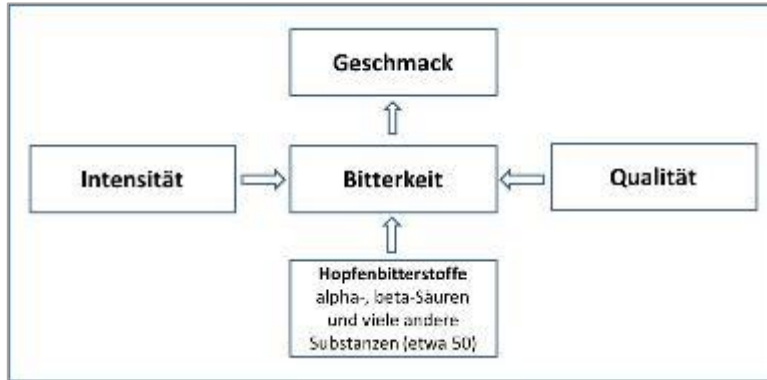


Abb. 7.8: Die Intensität und Qualität der Bittere werden durch eine Vielzahl von Substanzen bestimmt

Dr. Dresel hat in seiner Dissertation viele dieser Substanzen mit LC-MS aufgeklärt (Dissertation TUM 2013). Viele Begleitstoffe sind Abbau- und Umwandlungsprodukte der alpha- und beta-Säuren, wie Humulinsäuren, Humulinone, Allo-iso-humulone, Hulupone, Hulupinsäuren, Tricyclohumene, Tricyclopone, Dehydrotricyclopone und viele andere Substanzen (Abb. 7.9 und Abb. 7.10).

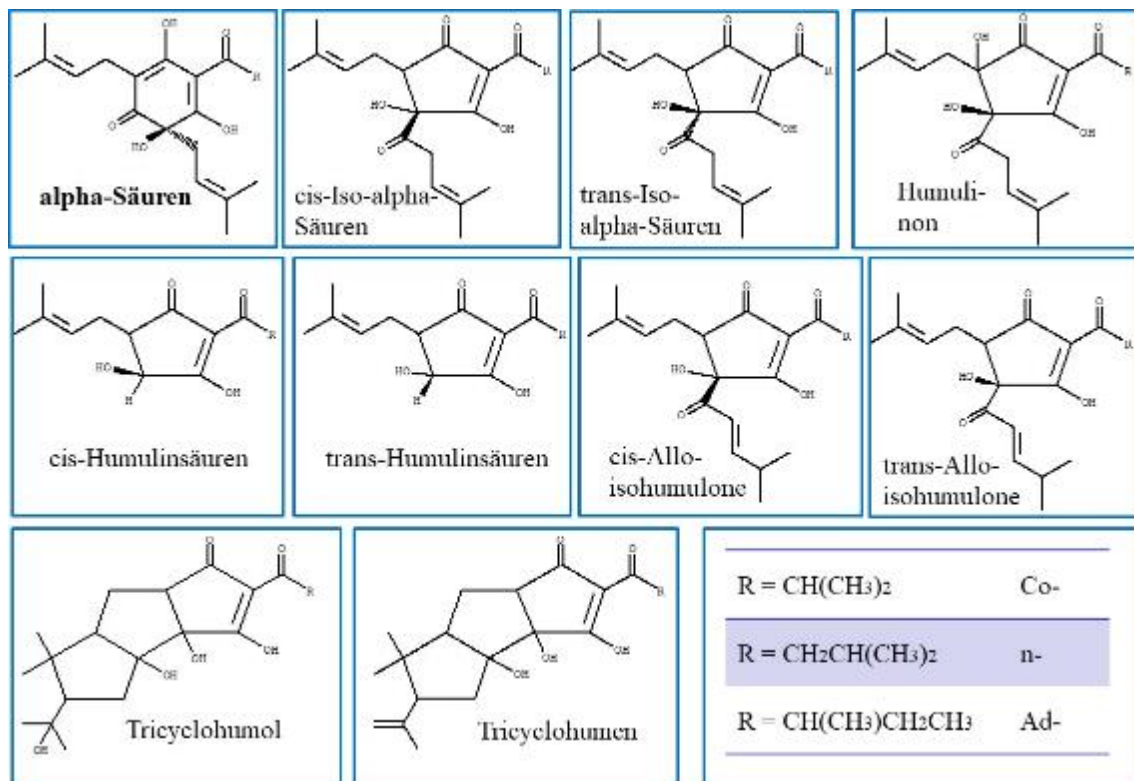


Abb. 7.9: Umlagerungs- und Oxidationsprodukte der alpha-Säuren

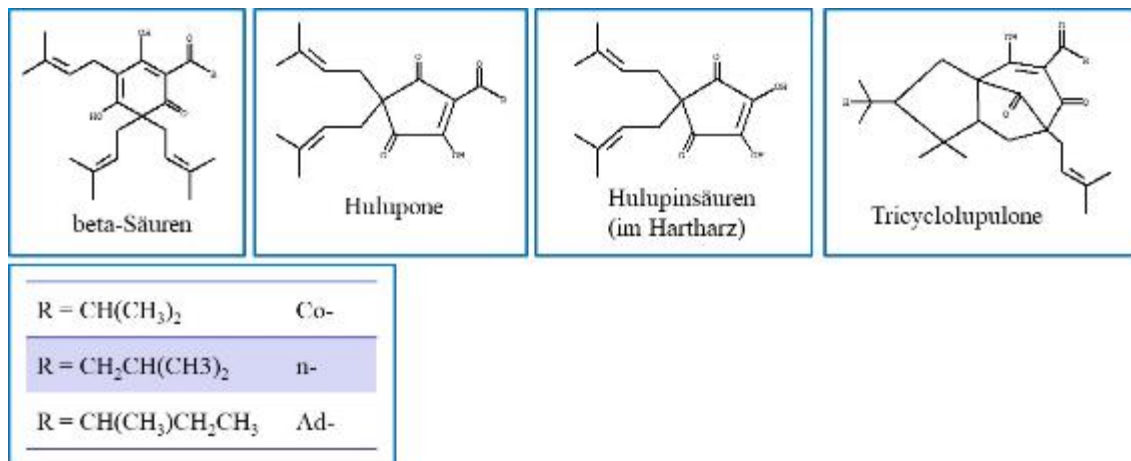


Abb. 7.10: Umlagerungs- und Oxidationsprodukte der beta-Säuren

Neben Xanthohumol als Hauptverbindung kommen im Hopfen in geringeren Konzentrationen auch noch viele von Xanthohumol abgeleitete Verbindungen vor (Abb. 7.11).

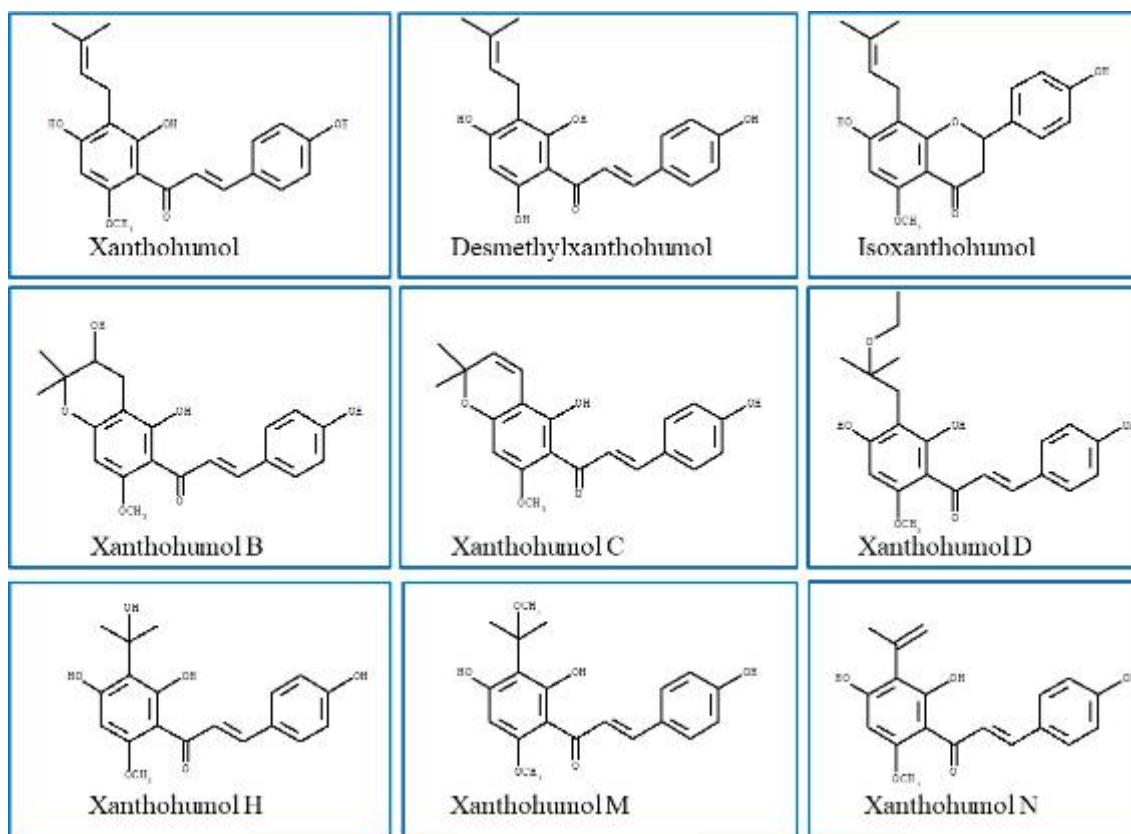


Abb. 7.11: Xanthohumol und von Xanthohumol abgeleitete Verbindungen

Wie gut sich diese Substanzen im Bier lösen hängt von ihrer Polarität ab. Das Humulnon ist z.B. sehr gut löslich, während die Xanthohumol-Derivate nicht gut löslich sind. Wegen ihrer hohen Polarität durch die glykosidische Bindung sind die Quercetin- und Kämpferolglykoside (Abb. 7.12) als auch die Multifidolglukoside (Abb. 7.13) im Bier gut löslich und gehen auch in vollem Umfang ins Bier über. Diese Substanzen sind auch sortenspezifisch genetisch festgelegt und zur Sortenunterscheidung geeignet.

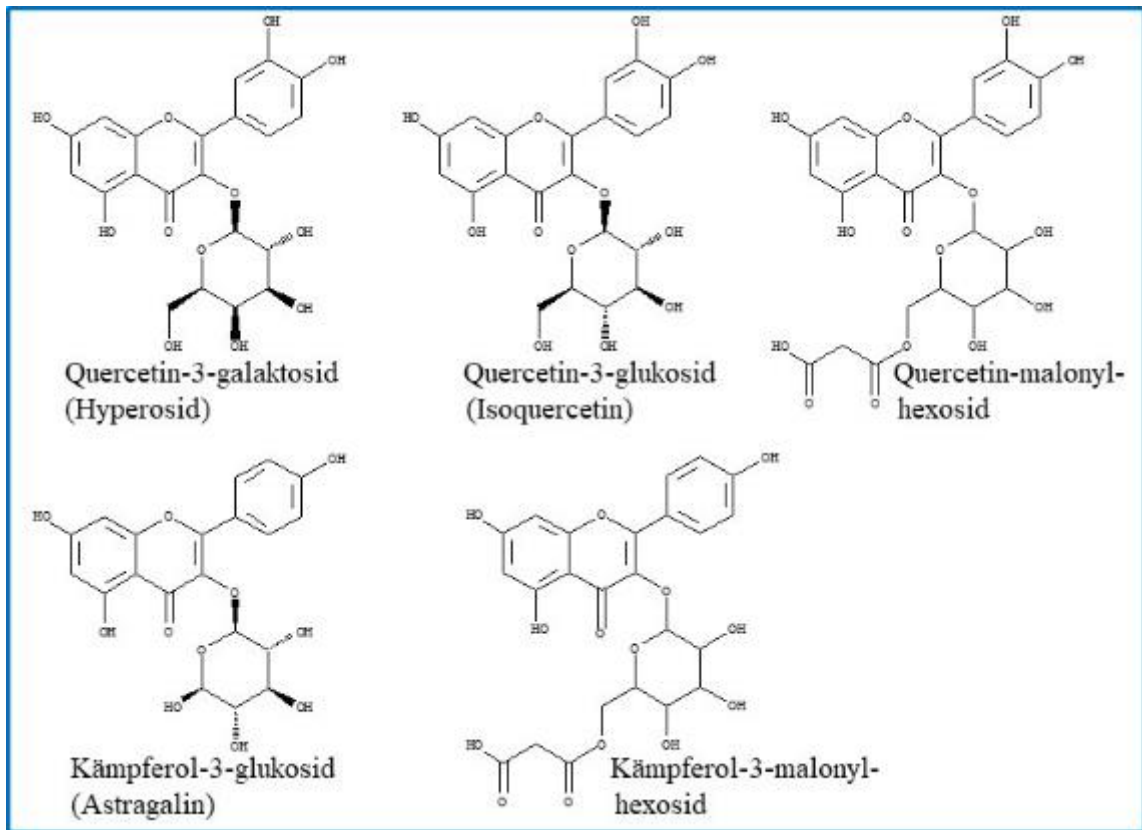


Abb. 7.12: Quercetin- und Kämpferolglykoside

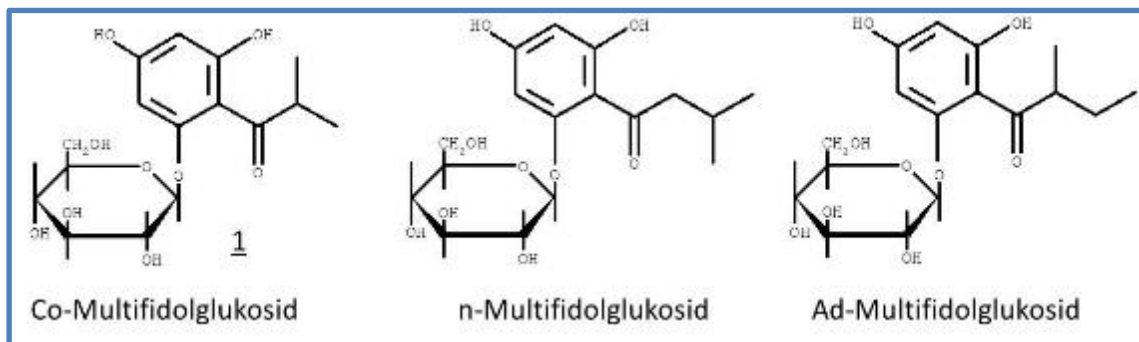


Abb. 7.13: Chemische Strukturen der Multifidolglukoside

Analog zum Co-, n- und Adhumulon gibt es das Co-, n- und Ad-Multifidolglukosid, da diese Verbindungen Nebenprodukte der Biosynthese der Bitterstoffe sind.

7.3.1 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.

Die Quercetin- und Kämpferolglykoside als auch die Multifidole kommen im Hopfen in relativ hohen Konzentrationen vor, sind wegen ihrer Polarität gut wasserlöslich und haben niedrige Geschmacksschwellenwerte. Die Tabelle 1 zeigt die Geschmacksschwellenwerte dieser Verbindungen nach Dr. M. Biendl und S. Cocuzza (Hartharze, Hopfenrundschau International, 2016/2017, 60 -68).

Tab. 7.1: Geschmacksschwellenwerte von niedermolekularen Polyphenolen des Hopfens und Prozentsatz der Biere, bei denen dieser überschritten wird.

niedermolekulare Polyphenole	Geschmacksschwellenwert in mg/l	Prozentsatz der Biere über den Geschmacksschwellenwert
Quercetin-3-glukosid	0,9	86
Kämpferol-3-glukosid	0,5	95
Kämpferol-3-(malonyl)hexosid	2,7	1
Co-Multifidolglukosid	1,8	54

Insgesamt wurden 88 Biere untersucht. Die Multifidolglukoside sind auch pharmakologisch interessant, da sie entzündungshemmende Eigenschaften besitzen (Bohr, G., Gerhäuser, C., Knauff, J., Zapp, J., Becker, H.: „Anti-inflammatory Acylphloroglucinol Derivatives from Hops (*Humulus lupulus*), J. Nat. Prod. 2005, 68, 1545-1548).

Das Ziel dieses Projektes war zunächst, eine geeignete Probenvorbereitung und Analyse-methode für die Multifidolglukoside zu erarbeiten. Dann sollten von den wichtigsten Hopfensorten quantitative Analysen durchgeführt werden.

Zur Extraktion der Multifidole hat sich eine Mischung von Methanol Wasser (90:10) bes-tens bewährt. 5 g gemahlener Hopfen werden mit 50 ml Lösungsmittel im Ultraschallbad 15 Min. extrahiert. Dann wird durch einen Faltenfilter filtriert und noch einmal mit einem Spritzenfilter Nylon, Porengröße 0,23 µm, ø 33 mm von der Firma Roth. 5 ml des Filtrats werden in einen 10 ml Messkolben gegeben, dann werden 1 ml Standard hinzugefügt und auf 10 ml aufgefüllt. Für die HPLC-Analyse werden die Proben in 1,5 ml Vials abgefüllt.

Die HPLC-Analytik wird mit dem HPLC-System Accela 10000 von der Firma Thermo Scientific durchgeführt. Als analytische Säule wird die Säule EC 125/2 Nucleodur 100-3 C18 von der Firma Macherey-Nagel verwendet.

Die Analytik erfolgt mit einem Gradientenprogramm:

Lösungsmittel A: H₂O:Methanol (90:10), Lösungsmittel B: Methanol

Gradientenprogramm:

Zeit in Min.	LM A	LM B	Fluss
0	100	0	900 µl/Min.
30	0	100	900 µl/Min.
31	100	0	900 µl/Min.

Die Detektionswellenlänge ist 280 nm. Das Co-Multifidolglukosid eluiert bei 6,4 Min. und Flavon bei 16,6 Min. (Abb. 7.14).

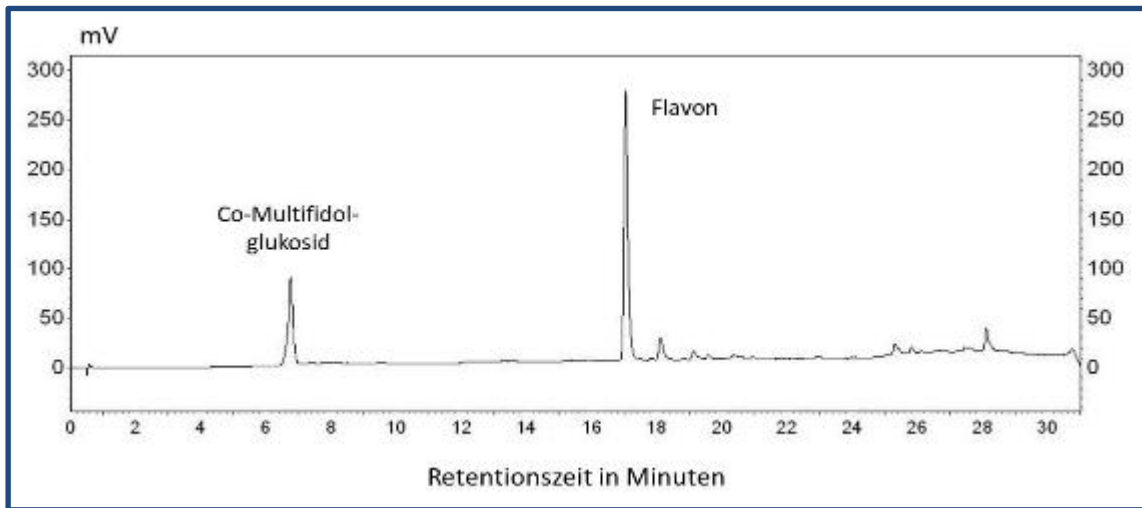


Abb. 7.14: Chromatogramm Co-Multifidolglukosid - Flavon

Die Abb. 7.15 zeigt die UV Spektren des Co-Multifidolglukosids und von Flavon.

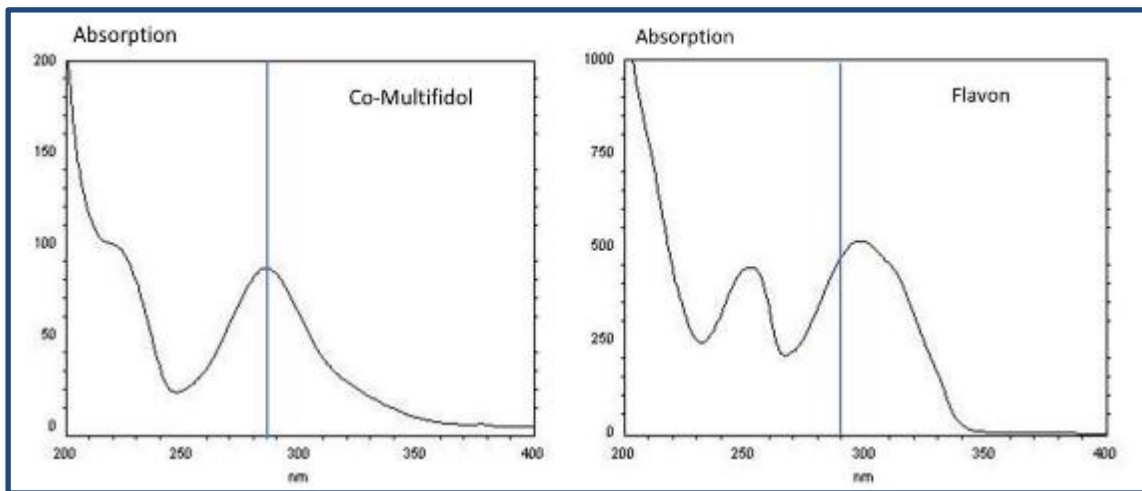


Abb. 7.15: UV-Spektren des Co-Multifidolglukosids und von Flavon

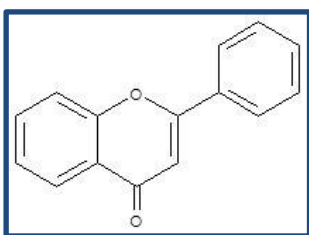


Abb. 7.16: chemische Struktur von Flavon

Das Co-Multifidolglukosid hat bei 280 nm ein Absorptionsmaximum und Flavon bei 300 nm. Flavon absorbiert jedoch auch bei 280 nm noch sehr gut und ist deshalb als Sekundärstandard geeignet. Auch kommt Flavon (Abb. 7.16) im Hopfen nicht natürlich vor und kann somit als interner oder externer Standard eingesetzt werden.

Dr. Wietstock von der TU Berlin hat das Co-Multifidolglukosid aus Hopfen mit präparativer HPLC in 96 % Reinheit isoliert. Dann wurden die Response-Faktoren bei der Wellenlänge 280 nm bestimmt. Das Verhältnis der Response-Faktoren von Co-Multifidolglukosid zu Flavon beträgt ziemlich genau 1:3.

Response – Faktor
Co-Multifidol-glukosid : Flavon 1:3

Für die Analytik werden 100 mg Flavon in 50 ml Methanol:Wasser (90:10) aufgelöst. Dann wird 1:10 verdünnt. Dieser Standard wird für die Analytik benutzt.

Die Abb. 7.17 zeigt Ergebnisse wichtiger Hopfensorten. Die Sorten haben sehr unterschiedliche Gehalte. Den größten Co-Multifidolglukosidgehalt weist Herkules auf und den kleinsten Hersbrucker Spät.

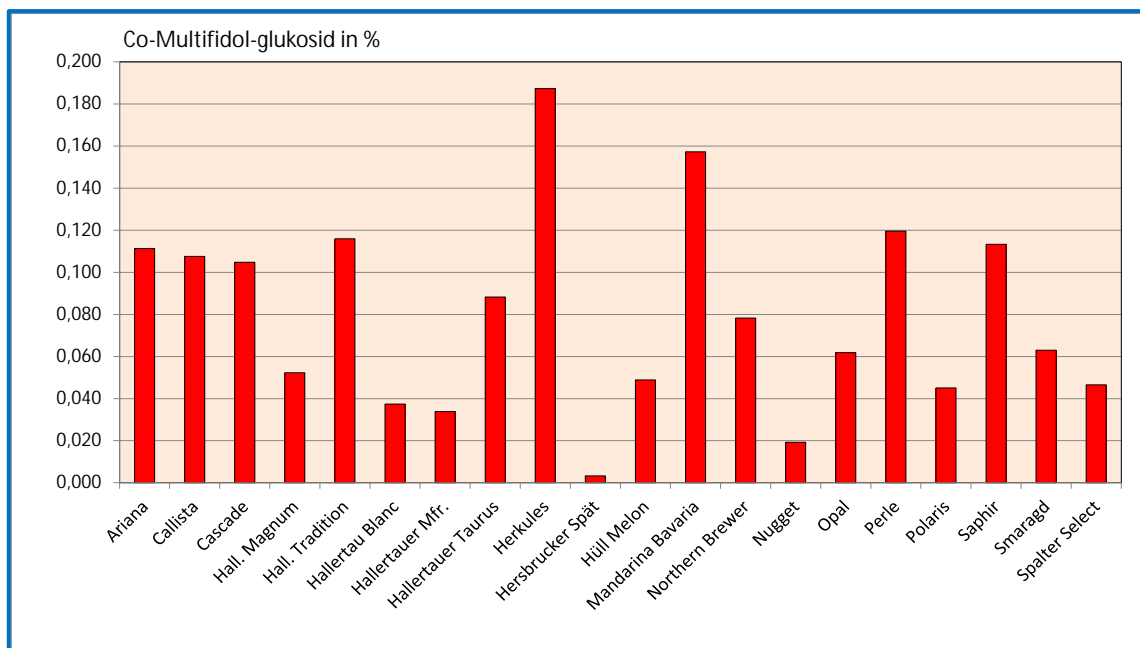


Abb. 7.17: Co-Multifidolglukosidgehalte wichtiger Hopfensorten

Es besteht jedoch keine Korrelation zu den alpha-Säuregehalten. Manche Sorten mit hohen alpha-Säuregehalten wie Herkules oder Polaris haben einen eher geringeren Co-Multifidolglukosidgehalt. Andere Sorten wie Saphir mit geringem alpha-Säuregehalt haben einen hohen Co-Multifidolglukosidgehalt. Die Abb. 7.18 zeigt eine Auswertung zur Korrelation alpha-Säuregehalt und Multifidolglukosidgehalt. Wie man sieht, ist keine Korrelation vorhanden.

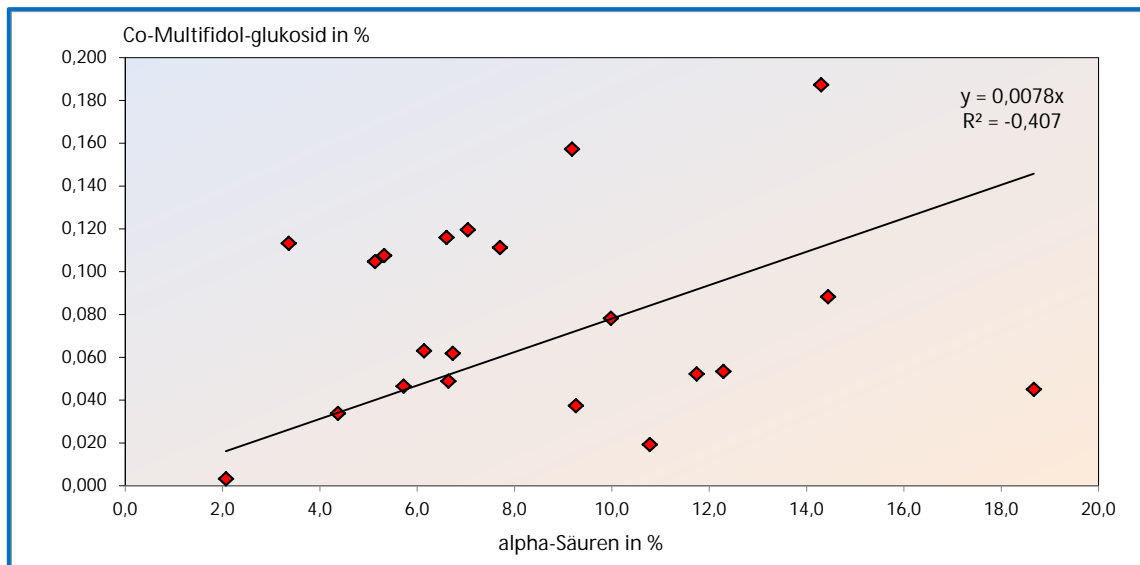


Abb. 7.18: Korrelation zwischen alpha-Säuren- und Co-Multifidolglukosidgehalten

In weiteren Arbeiten sollen noch mehr Daten erhoben werden, ob die Sortenunterschiede auch bestätigt werden. Im Jahr 2021 soll das ganze Analysenprogramm noch einmal durchgearbeitet werden. So werden dann auch Jahrgangsunterschiede erfasst. Abschließend ist eine Veröffentlichung in einer Fachzeitschrift geplant.

7.4 Welthopfensortiment (Ernte 2019)

Vom Welthopfensortiment werden jedes Jahr die ätherischen Öle mit Headspace-Gaschromatographie und die Bitterstoffe mit HPLC analysiert. Die Tab. 7.2 zeigt die Ergebnisse des Erntejahres 2019. Sie kann als Hilfsmittel dienen, um unbekannte Hopfensorten einem bestimmten Sortentyp zuzuordnen.

Die Inhaltsstoffe des Hopfens sind sortentypisch über die DNA festgelegt, wobei jedoch sehr viele äußere Faktoren bei der Ausprägung der morphologischen Erscheinung als auch der Inhaltsstoffe (Metabolom) eine Rolle spielen (Abb. 7.19).



Abb. 7.19: Die Morphologie und das Metabolom des Hopfens werden durch viele Faktoren festgelegt

Tab. 7.2: Welthopfensortiment (Ernte 2019)

Sorte	Myrcen	2-Methylbutylisobutyrat	Methylisoheptanoat	β -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	β -Farnesen	γ -Muurolen	β -Selinen	α -Selinen	β/γ -Cadinen	3,7-Selinadien	Geraniol	α -Säuren	β -Säuren	β/a	Co-humolon	Co-lupulon
Admiral	5476	1828	1	259	94	0	1	688	0	20	2	5	44	0	0	14,2	5,5	0,38	43,5	71,5
Agnus	812	113	0	24	20	0	8	161	0	23	4	8	45	0	11	9,8	4,6	0,47	32,9	58,1
Ahil	5932	1167	111	41	54	0	14	134	64	17	7	14	38	1	17	7,5	3,6	0,47	35,9	59,2
Alliance	1649	318	0	11	37	0	13	439	0	19	2	3	47	0	0	3,1	2,1	0,66	29,4	45,0
Aquila	4390	424	1	677	48	37	30	54	2	28	45	93	28	145	9	5,3	3,8	0,73	49,0	60,6
Ariana	3795	656	292	481	34	0	44	548	0	24	30	57	37	0	2	8,0	5,1	0,64	40,3	58,0
Atlas	4948	1227	76	57	45	0	0	164	94	17	6	13	38	1	26	6,3	3,6	0,57	38,2	58,0
Aurora	3903	564	1	395	97	0	82	108	49	17	2	3	41	1	3	7,8	3,3	0,42	23,9	51,1
Backa	3540	1167	1	177	57	0	17	192	18	20	2	3	43	0	0	7,2	4,5	0,62	47,8	63,5
Belgisch Spalter	2262	420	0	101	53	9	34	342	0	22	19	41	32	77	0	4,6	3,2	0,69	19,2	44,1
Blisk	2884	550	59	51	48	0	3	74	93	19	5	9	48	0	18	5,6	3,1	0,56	33,1	54,5
Bobek	7577	835	38	708	158	0	69	176	13	19	2	4	44	0	11	4,4	4,4	1,01	26,3	47,9
Bor	2822	382	1	439	23	0	19	501	0	16	2	3	40	0	3	6,8	3,9	0,58	27,6	49,2
Bramling Cross	4808	768	0	29	71	0	30	660	0	15	2	3	35	0	0	3,2	3,2	1,00	40,5	52,7
Braustern	1514	237	0	234	15	0	11	320	0	18	2	3	44	0	1	5,6	3,8	0,68	25,5	49,3
Brewers Gold	1736	317	54	157	27	0	3	267	0	17	4	8	41	0	15	7,5	4,5	0,60	40,0	66,2
Buket	2804	476	1	470	71	0	50	81	36	20	2	3	47	0	3	7,1	3,9	0,54	20,1	49,3
Bullion	2089	412	64	126	29	0	1	320	0	18	5	11	36	0	2	7,3	5,4	0,74	45,5	61,3
Callista	3855	507	208	30	146	0	28	555	0	31	43	81	54	2	2	3,6	7,4	2,04	19,4	38,9
Cascade	4192	677	94	99	51	0	11	266	28	28	11	23	46	0	10	4,7	4,4	0,94	34,9	52,1
Centennial	2766	547	181	15	56	0	4	388	0	30	2	3	56	0	33	6,5	2,7	0,42	30,5	54,2
Challenger	4511	930	1	198	56	0	34	635	0	18	31	69	35	0	0	4,4	3,6	0,81	28,5	50,5
Chang bei 1	4329	634	2	12	69	0	30	192	15	28	17	37	56	34	5	2,2	3,8	1,77	12,4	38,8
Chang bei 2	3981	2	9	8	67	0	34	148	11	21	13	27	36	46	2	2,0	3,7	1,79	8,0	36,8
Chinook	1497	359	48	24	17	0	5	284	0	61	8	15	123	26	8	9,7	3,2	0,33	31,7	55,7
Columbus	2654	415	75	73	22	0	2	305	0	45	8	14	74	26	2	12,1	3,9	0,32	36,5	60,1

Sorte	Myrcen	2-Methylbutylisobutyrat	Methylisoheptanoat	β -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	β -Farnesen	γ -Muurolen	β -Selinen	α -Selinen	β/γ -Cadinen	3,7-Selinadien	Geraniol	α -Säuren	β -Säuren	β/a	Co-humolon	Co-lupulon
Comet	1879	259	22	146	24	0	4	9	0	5	31	65	7	21	4	8,7	4,1	0,46	39,1	61,3
Crystal	2978	397	4	199	86	42	18	483	0	31	25	52	46	83	2	2,1	4,5	2,10	22,0	36,3
Density	4978	816	0	33	76	0	30	652	0	15	2	3	35	0	0	3,0	3,2	1,07	39,1	52,5
Diva	2883	622	4	152	112	0	79	495	0	26	83	170	55	0	7	6,1	4,9	0,81	26,3	49,2
Early Choice	1720	318	1	64	13	0	12	439	0	16	28	59	40	0	1	2,1	1,4	0,67	24,7	44,2
Eastwell Golding	1930	341	1	73	32	0	15	471	0	18	2	3	39	0	0	4,3	3,1	0,72	30,1	51,7
Emerald	1626	234	15	120	12	0	19	469	0	17	2	4	43	0	1	5,0	4,1	0,82	32,8	48,9
Estera	1932	405	0	29	42	0	15	223	21	18	2	3	47	0	1	2,1	2,4	1,13	22,3	46,3
First Gold	2129	623	0	82	59	0	31	410	0	21	82	174	54	0	2	8,0	4,0	0,49	30,8	54,1
Fuggle	2483	410	1	26	42	0	15	125	7	19	1	3	45	0	1	3,2	2,3	0,72	30,4	50,9
Galena	4277	1183	237	657	8	0	2	476	0	16	6	12	39	1	1	10,5	7,8	0,74	41,1	63,4
Ging Dao Do Hua	4622	1217	0	24	45	0	3	543	0	46	29	61	86	4	11	5,4	4,4	0,81	50,2	60,9
Glacier	3856	287	7	25	77	0	26	635	0	20	2	4	45	0	2	2,9	5,6	1,93	9,3	39,2
Golden Star	4306	1252	0	18	43	0	21	559	0	50	31	64	108	0	8	5,2	3,7	0,70	52,0	65,4
Granit	2823	448	20	167	17	0	40	436	0	18	5	10	40	2	2	7,0	4,1	0,58	24,7	48,2
Hallertau Blanc	11404	2815	847	32	182	0	37	112	0	40	592	1223	61	3	13	8,9	5,7	0,64	24,4	40,4
Hallertauer Gold	2503	231	53	51	50	0	19	487	0	18	2	3	42	0	1	5,9	5,3	0,90	22,3	42,8
Hall. Magnum	2013	335	139	135	20	0	12	353	0	17	2	3	40	0	2	11,4	6,3	0,55	27,4	44,6
Hall. Merkur	1826	368	74	38	50	0	15	351	0	21	2	4	52	0	1	10,9	5,2	0,48	19,5	42,8
Hallertauer Mfr.	1606	287	45	20	50	0	26	417	0	23	2	4	53	0	1	3,7	3,7	0,98	24,7	41,1
Hall. Taurus	3872	449	101	173	109	0	37	464	0	18	42	84	43	0	2	14,1	4,5	0,32	22,5	43,7
Hall. Tradition	2075	305	45	48	61	0	23	467	0	21	2	3	45	0	1	5,5	3,9	0,72	26,6	47,1
Harmony	2865	260	3	73	67	0	30	433	0	20	53	113	46	0	3	6,7	5,4	0,80	22,6	42,0
Herald	2410	677	1	361	35	0	103	328	0	16	18	37	41	0	7	9,4	3,8	0,40	38,9	62,1
Herkules	3324	665	311	443	27	0	25	494	0	17	2	3	41	0	7	16,9	4,8	0,29	33,5	55,3
Hersbrucker Pure	4804	700	22	182	80	12	35	560	0	29	16	34	50	65	2	3,6	2,1	0,58	26,7	49,1
Hersbrucker Spät	2184	270	7	51	77	36	12	368	0	28	27	51	37	73	2	2,6	5,2	1,97	19,0	35,0

Sorte	Myrcen	2-Methylbutylisobutyrat	Methylisoheptanoat	β -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	β -Farnesen	g-Muurolen	β -Selinen	α -Selinen	β /g-Cadinen	3,7-Selinadien	Geraniol	α -Säuren	β -Säuren	β /a	Co-humolon	Co-lupulon
Huell Melon	7663	2940	1	258	68	0	57	75	121	61	254	491	122	152	29	5,7	7,5	1,32	30,0	49,3
Hüller Anfang	2061	410	27	15	46	0	21	531	0	23	4	7	50	0	0	1,9	3,3	1,71	20,3	41,8
Hüller Aroma	2477	434	14	35	65	0	27	551	0	25	7	15	50	0	1	3,8	3,6	0,95	27,2	46,2
Hüller Fortschritt	1984	173	13	7	51	0	23	539	0	20	2	4	46	0	0	2,0	3,4	1,74	32,8	46,4
Hüller Start	1188	149	0	13	24	0	33	424	0	25	2	4	48	0	1	2,0	3,2	1,65	15,5	44,6
Kazbek	2258	447	86	131	31	0	5	312	0	19	6	12	31	1	3	6,4	4,9	0,77	39,2	57,0
Kirin 1	3947	1014	0	19	40	0	19	501	0	46	28	60	105	0	9	5,3	4,1	0,77	51,0	63,4
Kirin 2	4198	1057	0	36	36	0	21	518	0	48	31	65	95	0	7	6,0	4,2	0,70	49,2	65,3
Kitamidori	1900	209	25	211	12	0	9	143	17	22	4	7	51	1	2	9,0	5,7	0,63	23,8	43,5
Kumir	2222	298	2	147	54	0	23	429	4	18	2	4	50	0	1	9,0	4,5	0,50	19,5	43,9
Late Cluster	9441	2583	154	99	159	37	7	127	0	209	69	138	371	234	14	6,8	4,2	0,62	29,6	49,1
Lubelski	3518	20	3	32	49	0	34	185	28	18	3	6	45	0	2	4,0	4,7	1,18	30,3	46,9
Mandarina Bavaria	4459	312	71	147	42	0	23	164	2	28	66	37	65	0	17	6,7	4,1	0,62	32,0	53,0
Mt. Hood	2318	595	73	44	45	0	9	493	0	31	11	22	63	0	3	4,8	4,0	0,84	30,6	47,4
Neoplanta	1609	317	0	200	13	0	12	88	18	19	2	3	44	0	1	6,9	3,4	0,49	36,3	62,0
Neptun	1199	285	133	33	51	0	8	241	0	23	2	3	51	0	1	13,3	4,4	0,33	21,9	44,5
Northdown	1906	336	0	212	21	0	11	372	0	18	2	3	45	0	1	6,0	4,3	0,72	29,4	50,9
Northern Brewer	1444	222	0	205	19	0	12	272	0	17	2	3	42	0	1	7,1	4,1	0,58	28,4	50,1
Nugget	1728	257	3	125	33	0	11	293	0	13	5	10	31	0	1	10,1	3,9	0,38	29,0	54,3
Opal	2338	238	48	208	65	0	20	372	0	17	1	1	40	0	3	6,0	4,7	0,79	15,5	35,5
Orion	1464	278	10	81	32	0	16	325	0	20	1	2	46	0	0	5,3	3,5	0,66	33,0	52,5
Perle	1199	212	4	180	13	0	11	288	0	17	2	3	42	0	2	5,1	2,9	0,56	32,6	60,9
Pioneer	1720	514	2	369	24	0	81	288	0	18	19	41	45	0	11	8,9	3,5	0,39	35,7	61,2
Polaris	1458	355	86	226	13	0	15	268	0	19	1	3	47	0	2	18,0	4,7	0,26	25,9	45,3
Premiant	2611	345	0	116	53	0	28	489	0	19	2	3	46	0	1	7,6	3,8	0,50	23,0	50,1
Progress	10347	2213	276	275	152	36	65	83	0	183	66	137	313	226	16	6,9	3,8	0,56	23,4	45,1
Record	2561	149	3	7	48	0	26	573	0	20	2	4	44	0	0	2,6	6,2	2,37	28,2	41,4

Sorte	Myrcen	2-Methylbutylisobutyrat	Methylisoheptanoat	β -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	β -Farnesen	g-Muurolen	β -Selinen	α -Selinen	β /g-Cadinen	3,7-Selinadien	Geraniol	α -Säuren	β -Säuren	β / α	Co-humolon	Co-lupulon
Relax	1870	391	54	7	27	0	35	521	0	36	3	5	64	0	15	0,3	8,2	28,93	44,7	29,1
Rottenburger	2750	118	1	9	49	0	24	608	0	19	2	4	46	0	0	1,7	5,1	2,93	25,9	40,0
Rubin	2116	330	113	108	31	0	9	344	0	25	51	101	48	0	9	11,7	3,7	0,32	35,6	54,9
Saazer	2879	4	5	2	64	0	70	639	11	25	2	4	58	0	4	4,8	4,0	0,84	24,8	41,0
Saphir	2967	237	6	185	83	8	114	422	0	19	12	23	34	40	3	2,7	4,2	1,58	17,1	48,1
Serebrianker	1552	279	8	16	62	0	13	315	0	30	20	39	58	0	6	1,7	5,0	2,92	17,5	40,8
Sladek	2224	301	3	163	56	0	24	433	7	19	2	4	45	0	2	8,1	4,6	0,57	19,5	42,9
Smaragd	2388	70	35	143	68	0	15	397	0	19	3	1	42	0	7	4,6	4,2	0,92	16,4	33,4
Sorachi Ace	2787	340	0	195	25	0	16	161	8	23	2	4	47	0	4	9,5	6,3	0,66	29,1	50,5
Spalter	2217	0	6	9	82	0	82	139	14	25	2	4	45	0	11	5,0	4,3	0,86	26,6	46,7
Spalter Select	4308	447	49	50	155	22	54	174	69	26	22	43	38	75	1	3,4	3,7	1,09	23,4	42,2
Strisselspalter	2282	332	3	115	81	38	17	398	0	31	28	55	43	89	2	2,9	4,5	1,57	19,1	36,8
Talisman	2273	368	1	294	17	0	11	394	0	18	2	3	39	0	1	7,5	4,4	0,59	26,3	50,0
Target	2186	538	1	197	54	0	37	308	0	34	6	12	81	13	2	10,4	4,6	0,44	34,2	58,5
Tettnanger	3349	10	11	43	86	0	68	240	51	22	2	4	48	0	14	3,3	4,0	1,20	26,0	43,2
Viking	4408	477	3	370	52	0	50	102	102	16	21	43	39	0	6	8,0	4,6	0,58	21,7	42,0
Vojvodina	3840	595	0	315	25	0	22	535	0	15	1	3	39	0	2	4,0	2,9	0,73	30,6	50,7
WFG	4840	48	4	30	80	0	63	153	22	21	2	5	48	1	4	3,5	3,6	1,04	22,5	42,5
Willamette	1630	301	1	51	38	0	7	80	16	20	2	5	46	1	2	2,9	2,8	0,97	34,9	54,6
Yeoman	1877	507	51	91	21	0	14	359	0	16	28	60	42	0	5	11,3	4,3	0,38	26,5	50,0
Zatecki	1622	341	2	75	34	0	13	212	6	17	5	10	39	0	1	2,5	2,4	0,98	30,9	47,9
Zenith	2970	366	0	223	63	0	27	485	0	18	51	116	47	0	1	6,1	2,7	0,45	19,9	48,0
Zeus	2425	400	73	86	20	0	3	307	0	45	8	14	72	25	2	12,2	4,1	0,33	35,6	59,5
Zitic	2565	14	1	108	23	0	30	494	6	18	2	4	44	0	11	4,1	4,1	1,01	26,8	46,6

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-Säurenanalytik für Hopfenlieferungsverträge

7.5.1 Ringanalysen zur Ernte 2020

Seit dem Jahr 2000 gibt es bei den Hopfenlieferverträgen eine Zusatzvereinbarung, in der -Säuregehalte Berücksichtigung finden. Der im Vertrag vereinbarte Preis gilt, wenn -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 (Proben- teilung, Lagerung), welche Laboratorien die Nachuntersuchungen durchführen und welche Toleranzbereiche für die Analysenergebnisse zugelassen sind. Auch im Jahr 2020 hatte die Arbeitsgruppe IPZ 5d wieder die Aufgabe, Ringanalysen zu organisieren und auszuwerten, -Säurenanalytik 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 2020 am 07. September und endete am 6. 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 (Abb. 7.20), vakuumverpackt und zu den einzelnen Laboratorien gebracht. An den darauffolgenden Wochentagen wurde immer eine Probe pro Tag analysiert. Die Analysenergebnisse wurden eine Woche später nach Hüll zurückgegeben und dort ausgewertet. Im Jahr 2020 wurden insgesamt 36 Proben analysiert.



Abb. 7.20: Hammermühle und Probenteiler

Die Auswertungen wurden so schnell wie möglich an die einzelnen Laboratorien weitergegeben. Die Abb. 7.21 zeigt eine Auswertung als Beispiel, wie ein Ringversuch im Idealfall aussehen sollte. Die Nummerierung der Laboratorien (1-7) entspricht nicht der obigen Zusammenstellung.

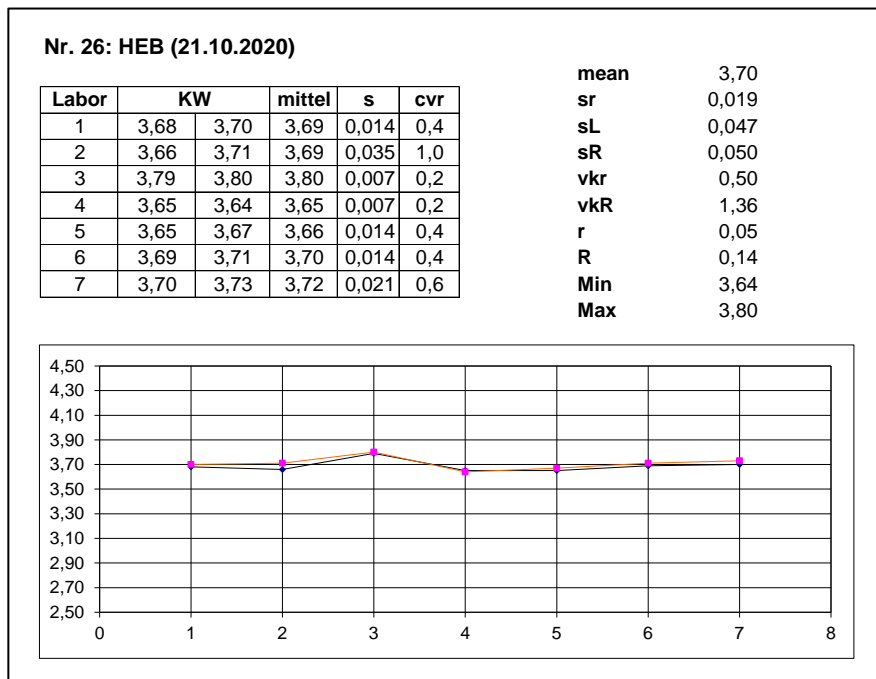


Abb. 7.21: Auswertung einer Ringanalyse als Beispiel

7.5.2 Auswertung des Ringversuchs

Die in der Abb. 7.21 angegebenen Kennzahlen sollen kurz erläutert werden.

7.5.2.1 Statistische Definitionen

Arithmetisches Mittel

Das arithmetische Mittel ist die Summe aller Messungen geteilt durch die Anzahl der Messungen.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Arithmetisches Mittel

Varianz und Standardabweichung

Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert. Die Varianz ist das Quadrat der Standardabweichung.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \longrightarrow \quad s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Varianz

Standardabweichung

Wiederholstandardabweichung

$$s_r = \frac{\sum_{i=1}^p s_i}{p}$$

P = Anzahl der Labore

Varianz und Standardabweichung zwischen den Laboren

$$s_L^2 = \frac{1}{\bar{n}} \left[\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p n_i (x_i - \bar{x})^2 - s_r^2 \right] \quad \text{mit} \quad \bar{n} = \frac{1}{p-1} \left(N - \frac{\sum_{i=1}^p n_i^2}{N} \right)$$

Varianz zwischen den Laboren

$$s_L = \sqrt{s_L^2}$$

Standardabweichung zwischen den Laboren

p = Anzahl der Labore

n_i = Messwiederholungen pro Labor

$$N = \sum_{i=1}^p n_i$$

Gesamtvarianz und Gesamtstandardabweichung

$$s_R^2 = s_r^2 + s_L^2 \longrightarrow s_R = \sqrt{s_r^2 + s_L^2}$$

Wiederholbarkeit r und Reproduzierbarkeit R

Die Wiederholbarkeit r gibt den Wert an, unterhalb dem man zwei Messungen unter denselben Bedingungen wie gleichen Personal, gleichen Prüfmaterial und gleichen Geräten mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % erwarten darf.

Die Reproduzierbarkeit R gibt den Wert an, unterhalb dem man zwei Messungen unter verschiedenen Bedingungen wie unterschiedlichen Personal, unterschiedlichen Geräten und unterschiedlichen Laboren mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % erwarten darf.

$$r = s_r * 2,8 \longrightarrow R = s_R * 2,8$$

Wiederholbarkeit Reproduzierbarkeit

Die angegebenen Formeln für r und R gelten eigentlich nur für eine größere Anzahl von Laboratorien. Sie sind abhängig von der Anzahl der Labore. Für eine kleinere Anzahl von Laboratorien müssten sie angepasst werden.

Variationskoeffizienten

In der Auswertung der Ringversuche werden auch die Variationskoeffizienten vk_r und vk_R angegeben, darunter versteht man s_r und s_R in % des Mittelwerts. Bei einer guten Analyse sollen die Variationskoeffizienten kleiner als 4 % sein.

$$vk_r = \frac{s_r}{\bar{x}} \quad vk_R = \frac{s_R}{\bar{x}}$$

Formeln für vk_r und vk_R

7.5.2.2 Vergleich von Messwerten unter Wiederholbedingungen (gleiches Labor)

Wenn in einem Labor eine Doppelbestimmung unter Wiederholbedingungen durchgeführt wird, dann berechnet sich $d_{\text{krit.}}$, das die Differenz angibt innerhalb der Messungen nicht unterschieden werden können, nach folgender Formel:

$$d_{\text{krit.}} = |x_1 - x_2|_{\text{krit.}} = \frac{r}{\sqrt{2}}$$

7.5.2.2.1 Vergleich von Messwerten unter Vergleichsbedingungen (verschiedene Labore)

Wenn in zwei verschiedenen Laboren eine Doppelbestimmung durchgeführt wurde, dann gilt für $d_{\text{krit.}}$.

$$d_{\text{krit.}} = |x_1 - x_2|_{\text{krit.}} = \sqrt{R^2 - \frac{r^2}{2}}$$

7.5.2.3 Ermittlung von Ausreißern bei Ringanalysen

In der Norm ISO 5725-2 2002 sind für die Ermittlung von Ausreißern bei Ringanalysen verschiedene statistische Tests beschrieben. Zur Beurteilung des Wiederholfehlers der einzelnen Teilnehmer steht ein grafischer Test, die Mandel k-Statistik sowie ein numerisches Verfahren, der Cochran-Test, zur Verfügung. Bezüglich Vergleichbarkeit ist die grafische Variante die Mandel h-Statistik und die numerische Berechnung erfolgt nach dem Grubbs-Test.

7.5.2.3.1 Prüfung der Wiederholstandardabweichung nach der Mandel k-Statistik

Die Prüfgröße k wird für jedes Labor nach folgendem Schema berechnet.

1. Berechnung der Wiederholstandardabweichung s für jedes Labor (mindestens Doppelbestimmung vorausgesetzt)
2. Berechnung der kombinierten Standardabweichung s_{komb} ($n = \text{Anzahl Labore}$)
3. Berechnung der einzelnen k für jedes Labor

$$s_{\text{komb}} = \sqrt{\frac{\sum s^2}{n}} \quad k = s/s_{\text{komb}} = \frac{s \sqrt{n}}{\sqrt{\sum s^2}}$$

Formeln für s_{komb} und k

Die k Werte werden grafisch als Balkendiagramme dargestellt. Zur Beurteilung dient die Mandel k -Tabelle mit den Indikatoren für die Vereinbarkeitsprüfung auf dem 5 %- und 1 %-Niveau. Diese sind abhängig von der Anzahl der Wiederholbestimmungen und der Anzahl der Labore. Die Tabellen sind in der ISO 5725-2002 zu finden. Bei 7 Laboren und einer Doppelbestimmung ist k bei $\alpha = 0,05$ 1,87 und bei $\alpha = 0,01$ 2,20.

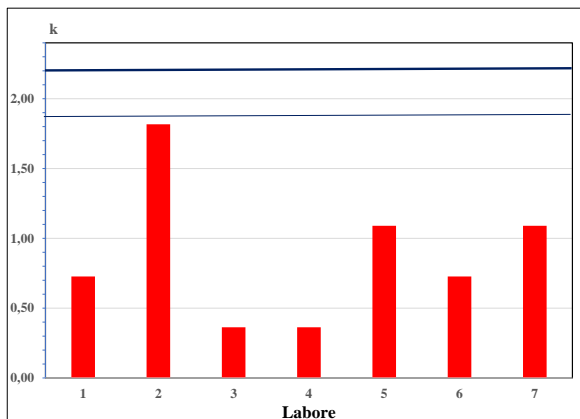


Abb. 7.22.: Mandel k -Werte

Die Abb. 7.22 zeigt die Auswertung für das Beispiel Abb. 7.21. In der Abbildung sind die k -Werte für $\alpha = 0,05$ dünne Linie und für $\alpha = 0,01$ dickere Linie eingezeichnet. Da die Balken sowohl kleiner als die dünnere und dickere Linie sind, gibt es keine Wiederholausreißer.

7.5.2.3.2 Prüfung der Wiederholstandardabweichung mit dem Cochran-Test

Ein weiteres numerisches Verfahren zum Testen der Wiederholstandardabweichung ist der Cochran-Test. Die Berechnung dieses Testes erfolgt gemäß der Norm ISO 5725-2 2002 nach folgender Formel:

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

Cochran-Test

Bei 7 Laboratorien und einer Doppelbestimmung muss bei $\alpha = 0,01$ C kleiner als **0,838** und bei $\alpha = 0,05$ C kleiner als **0,727** sein, sonst wird ein Ausreißer erkannt.

7.5.2.3.3 Prüfung der Labormittelwerte nach der Mandel h-Statistik

Die Vereinbarkeits-Prüfgröße h zwischen den Labors ist wie folgt zu berechnen:

$$h = \frac{\bar{x} - \bar{\bar{x}}}{\sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum (\bar{x} - \bar{\bar{x}})^2}}$$

\bar{x} = Mittelwert Labor, $\bar{\bar{x}}$ = Gesamtmittelwert, n = Anzahl der Labore

Die h-Werte können im Gegensatz zu den k-Werten auch negativ ausfallen. Die Abb. 7.23 zeigt die Darstellung der h-Werte für das Beispiel Abb. 7.21.

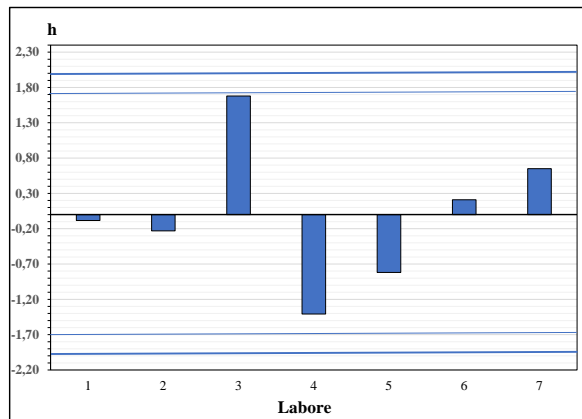


Abb. 7.23: Mandel h-Werte

Bei 7 Laboren ist der kritische h-Wert bei $\alpha = 0,05$ 1,71 und bei $\alpha = 0,01$ 1,98. Diese Werte sind in der Abbildung 7.23 als dünne bzw. dickere Linie eingezeichnet. Da die Balken kleiner als diese kritischen Grenzwerte sind, gibt es keine Ausreißer bei den Labormittelwerten.

7.5.2.3.4 Prüfung der Labormittelwerte mittels des Grubbs-Tests

Der Grubbs Test berechnet sich nach folgender Formel.

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

Grubbs-Test

Bei 7 Laboratorien und einer Doppelbestimmung muss bei $\alpha = 0,01$ G kleiner als **2,139** und bei $\alpha = 0,05$ muss G kleiner als **2,020** sein, sonst wird ein Ausreißer erkannt.

Ausreißer und Überschreitungen der Toleranzgrenzen im Jahr 2020

In der Tab. 7.3 sind die Ausreißer des Jahres 2020 zusammengestellt.

Tab. 7.3: Ausreißer des Jahres 2020

Probe	Cochran		Grubbs	
	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,05$
36		Labor 3		
Gesamt:	0	1	0	0

Seit dem Jahr 2013 gibt es 5 alpha-Klassen und neue Toleranzgrenzen. Die Tab. 7.4 zeigt die neue Einteilung und die Überschreitungen des Jahres 2020.

Tab. 7.4: aktualisierte alpha-Säurenklassen und Toleranzgrenzen sowie deren Überschreitungen im Jahr 2020

	< 5,0 %	5,0 % - 8,0 %	8,1 % - 11,0 %	11,1 % - 14 %	> 14,0 %
d kritisch Bereich	+/-0,3 0,6	+/-0,4 0,8	+/-0,5 1,0	+/-0,6 1,2	+/- 0,7 1,4
Überschreitungen im Jahr 2020	0	0	0	0	0

Im Jahr 2020 gab es keine Überschreitungen der zugelassenen Toleranzgrenzen.

In der Abb. 7.24 sind alle Analysenergebnisse für jedes Labor als relative Abweichungen zum Mittelwert (= 100 %) differenziert nach α -Säuregehalten <5 %, ≥ 5 % und <10 % sowie ≥ 10 % zusammengestellt. Aus dieser Grafik kann man sehr gut erkennen, ob ein Labor tendiert zu hohe oder zu tiefe Werte zu analysieren.

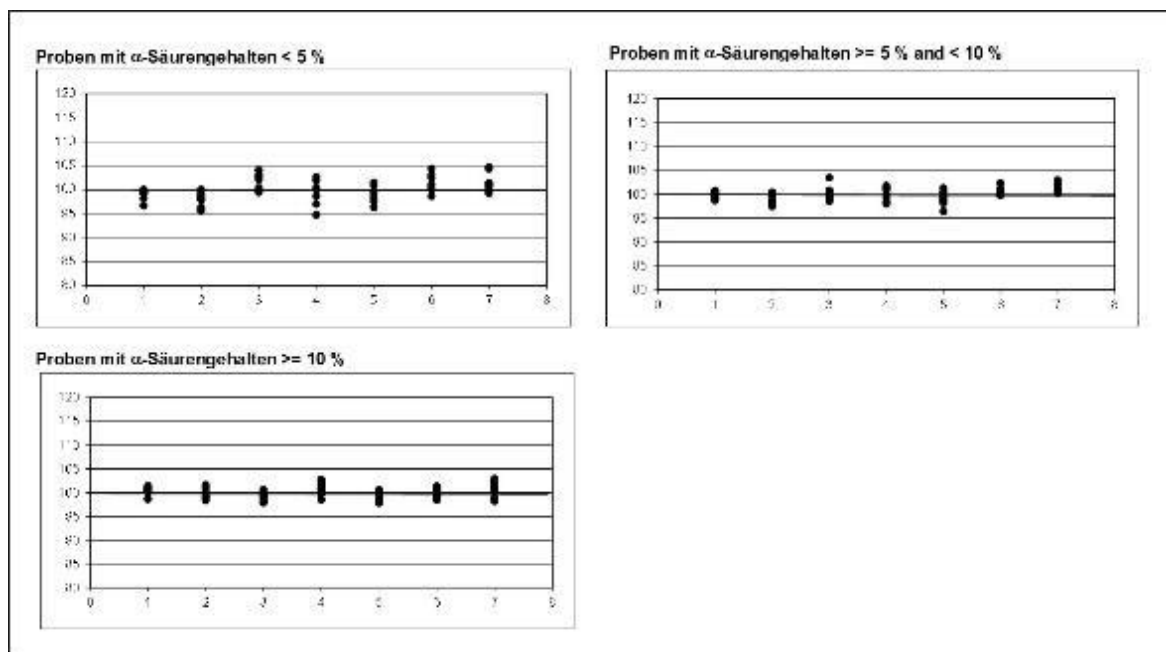


Abb. 7.24: Analysenergebnisse der Laboratorien relativ zum Mittelwert

Das Hüller Labor hat die Nummer 5.

7.5.3 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 (Tab. 7.4) liegen.

Die Tab. 7.5 zeigt die Ergebnisse des Jahres 2020. In allen Fällen wurde der Erstuntersuchungswert bestätigt. Seit der Ernte 2020 ist auch das Labor der BayWa Tettngang ein Nachuntersuchungslabor.

Tab. 7.5: Kontrolluntersuchungen des Jahres 2020

Proben- bezeichnung	Erstunter- suchungslabor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
10939 HAL	Agrolab	3,9	3,8	3,8	3,9	3,83	ja
10659 HTR	Agrolab	6,0	5,8	5,8	6,0	5,87	ja
11141 HKS	Agrolab	17,5	17,4	17,6	17,8	17,60	ja
239 Spalter Select	BayWa	4,7	4,4	4,5	4,5	4,47	ja
253 Hallertauer	BayWa	6,5	6,4	6,4	6,5	6,43	ja
255 Perle	BayWa	9,3	9,1	9,2	9,2	9,17	ja
HNBR KW 39 - 10731	HVG Mainburg	8,6	9,0	9,0	9,10	9,03	ja
HPER KW 39 - 11016	HVG Mainburg	7,2	7,1	7,2	7,4	7,23	ja
HHTR KW 39 - 10335	HVG Mainburg	6,5	6,6	6,6	6,7	6,63	ja
KW 40 – PER Agrolab Nr. 16294	HV St. Johann	6,0	5,7	5,9	6,1	5,90	ja
KW 40 – HMG Agrolab Nr. 17706	HV St. Johann	12,5	12,2	12,3	12,8	12,43	ja
KW 40 – PER Agrolab Nr. 16294	HV St. Johann	14,8	14,6	14,7	15,2	14,83	ja
KW 41 - HMG	HHV Au	14,9	14,5	14,5	14,9	14,63	ja
KW 41 - NUG	HHV Au	12,8	12,6	12,7	12,9	12,73	ja
KW 41 - HKS	HHV Au	17,1	16,8	17,0	17,2	17,00	ja
KW 42 – 21658 Herkules	Agrolab	17,0	16,7	16,8	17,0	16,83	ja
KW 42 – 21457 Mandarina Bavaria	Agrolab	8,8	9,5	9,5	9,7	9,57	ja
KW 42 – 21137 Hall. Tradition	Agrolab	6,0	5,7	5,8	5,9	5,80	ja
KW 43 – SSE Probennr. 667	BayWa	5,7	5,3	5,3	5,7	5,43	ja
KW 43 – SGD Probennr. 638	BayWa	7,0	6,6	6,7	6,9	6,73	ja
KW 43 – HKS Probennr. 675	BayWa	18,4	17,7	17,9	18,0	17,87	ja
KW 44 – HNUG 19696	HVG Mainburg	12,5	12,4	12,4	12,7	12,50	ja
KW 44 – HPLA 10731	HVG Mainburg	22,1	21,9	22,0	22,1	22,00	ja
KW 44 – HHKS 16392	HVG Mainburg	17,1	17,1	17,2	17,2	17,17	ja
HPER KW 45 21836	HV St. Johann	6,9	6,7	6,8	7,0	6,83	ja
HHMG KW 45 13947	HV St. Johann	12,6	12,1	12,3	12,4	12,27	ja
HHKS KW 45 19691	HV St. Johann	14,8	14,5	14,6	14,7	14,60	ja
KW 46 - NUG	HHV Au	12,6	12,1	12,5	12,5	12,37	ja
KW 46 - HMG	HHV Au	14,2	13,9	13,9	14,1	13,97	ja
KW 46 - HTU	HHV Au	15,0	14,6	14,8	14,8	14,73	ja

7.5.4 Nachuntersuchungen der Ernte 2020

Seit dem Jahr 2019 ist das Labor in Hüll als Nachuntersuchungslabor eingebunden und wertet die Ergebnisse aus. Ab der Ernte 2020 wurde dann auch das Labor der BayWa in Tettngang als Untersuchungslabor zugelassen (Tab. 7.6).

Tab. 7.6: Verteilungsschlüssel Nachuntersuchungslabore

Labor der Erstuntersuchung	Labore der Nachuntersuchung		
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
BayWa Tettngang	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 2020 gab es insgesamt 42 Nachuntersuchungen. Nur in einem einzigen Fall wurde der Erstuntersuchungswert nicht bestätigt. Die Tab. 7.7 zeigt die Nachuntersuchungsergebnisse in aufsteigender zeitlicher Reihenfolge.

Tab. 7.7: Nachuntersuchungen des Jahres 2020

Proben- bezeichnung	Erstunter- suchungslabor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
HPER Agrolab Nr. 10999	HV St. Johann	6,9	6,8	6,8	7,0	6,87	ja
HHTR Analysen Nr. Agrolab 10647	HVG Mainburg	5,6	5,7	5,7	5,8	5,73	ja
HPER Analysen Nr. Agrolab 12014	HVG Mainburg	6,8	6,9	7,1	7,2	7,07	ja
15253 HKS	Agrolab	14,4	14,6	14,6	14,7	14,63	ja
16616 HEB	Agrolab	2,0	1,9	2,0	2,2	2,03	ja
HPER Analysen Nr. Agrolab 14115	HV St. Johann	5,5	5,5	5,6	5,7	5,60	ja
HHTR Analysen Nr. Agrolab 15031	HVG Mainburg	5,6	5,5	5,6	5,6	5,57	ja
HHTR Analysen Nr. Agrolab 12695	HVG Mainburg	14,7	14,6	14,6	15,0	14,73	ja
H DE HTU Analysen-Nr. Agrolab 16103	HV St. Johann	15,4	15,4	15,4	15,9	15,57	ja
H DE HKS Analysen-Nr. Agrolab 17371	HV St. Johann	15,9	15,8	15,8	16,0	15,87	ja

Proben- bezeichnung	Erstunter- suchungslabor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
HKS Agrolab-Analysennr. 16330	HHV Au	15,4	15,2	15,3	15,3	15,27	ja
HKS Agrolab-Analysennr. 17915	Agrolab	18,7	18,9	18,9	19,0	18,93	ja
PLA Agrolab-Analysennr. 15805	Agrolab	14,9	15,0	15,2	15,2	15,13	ja
HKS Agrolab-Analysennr. 18875	Agrolab	6,9	6,8	6,8	7,0	6,87	ja
HKS Agrolab-Analysennr. 17097	HHV Au	14,9	14,6	14,7	15,0	14,77	ja
H DE HKS Analysen-Nr. Agrolab 17252	HV St. Johann	14,8	14,9	14,9	15,0	14,93	ja
H DE HKS Analysen-Nr. Agrolab 17135	HV St. Johann	16,5	16,7	16,7	16,9	16,77	ja
H DE HKS Analysen-Nr. Agrolab 16421	HV St. Johann	17,3	17,4	17,6	17,9	17,63	ja
H DE HKS Analysen-Nr. Agrolab 18254	HV St. Johann	15,5	15,8	15,8	16,1	15,90	ja
HMG Analysen-Nr. Agrolab 14971	Agrolab	12,2	12,0	12,1	12,1	12,07	ja
PER Probennr. 436 Siegelnr. 2376931	BayWa	6,5	6,4	6,4	6,6	6,47	ja
H DE HKS Analysen-Nr. Agrolab 18771	HV St. Johann	14,2	13,8	13,8	14,1	13,90	ja
HKS Agrolab-Nr. 15017	HHV Au	15,7	15,6	15,6	15,7	15,63	ja
HHMG Analysen-Nr. Agrolab 14229	HVG Mainburg	14,9	14,9	14,9	14,9	14,90	ja
HHKS Analysennr. Agrolab 17436	HVG Mainburg	13,5	13,6	13,7	13,7	13,67	ja
HHKS Analysen-Nr. Agrolab 18574	HVG Mainburg	15,8	15,8	15,9	16,1	15,93	ja
HHKS Agrolab Nr. 15751	HV St. Johann	17,1	17,7	17,9	18,0	17,87	nein
HHKS Agrolab Nr. 20567	HV St. Johann	14,2	14,0	14,1	14,2	14,10	ja
HHKS Analysen Nr. Agrolab 20444	HVG Mainburg	13,8	14,0	14,0	14,2	14,07	ja
HKS Agrolab Nr. 17068	Agrolab	14,9	14,7	14,7	14,9	14,77	ja
Probennr. 769 HKS	BayWa	16,7	15,9	16,1	16,2	16,07	ja
Probennr. 602 HKS	BayWa	16,8	16,3	16,3	16,4	16,33	ja
H DE HKS Analysen-Nr. Agrolab 20969	HV St. Johann	14,4	14,9	14,7	14,7	14,77	ja








Proben- bezeichnung	Erstunter- suchungslabor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
THKS Partienummer 83044	HHV Au	14,4	14,2	14,4	14,4	14,33	ja
H DE HKS Analysen-Nr. Agrolab 17084	HV St. Johann	15,4	15,6	15,6	15,6	15,60	ja
HKS Agrolab. Nr. 21106	Agrolab	13,7	13,2	13,2	13,3	13,23	ja
THKS Analysen Nr. Tettngang 1011	HVG Mainburg	14,8	14,6	14,7	15,0	14,77	ja
THKS Analysen Nr. Tettngang 1012	HVG Mainburg	14,7	14,7	14,9	15,3	14,97	ja
19520 Herkules	Agrolab	14,8	14,4	14,4	14,5	14,43	ja
HKS Probennr. 863	BayWa	15,2	14,6	14,9	15,2	14,90	ja
H DE HMG Agrolab Nr. 13947	HV St. Johann	12,6	12,1	12,3	12,4	12,27	ja
PER Analysen- Nr. 2796083	HHV Au	6,3	6,0	6,1	6,1	6,07	ja

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

7.6 Untersuchungen zur Biogenese der Bitterstoffe und Öle von neuen Zuchtstämmen

Bei neueren Zuchtstämmen werden jedes Jahr umfangreiche Biogeneseversuche zu den ätherischen Ölen und Bittersoffen gemacht, um Informationen zu den richtigen Erntezeitpunkten zu bekommen. Die Tab. 7.8 zeigt die Erntezeitpunkte, wobei über die verschiedenen Jahre leichte Verschiebungen der Erntetermine möglich sind.

Tab. 7.8: Erntezeitpunkte der Biogeneseversuche

T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
16. August	21. August	28. September	4. September	11. September	18. September	25. September
						

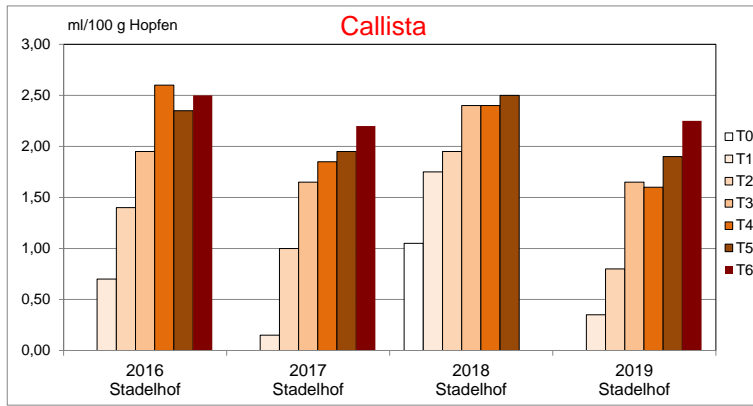


Abb. 7.25; Biogenese der Öle bei der Sorte Callista

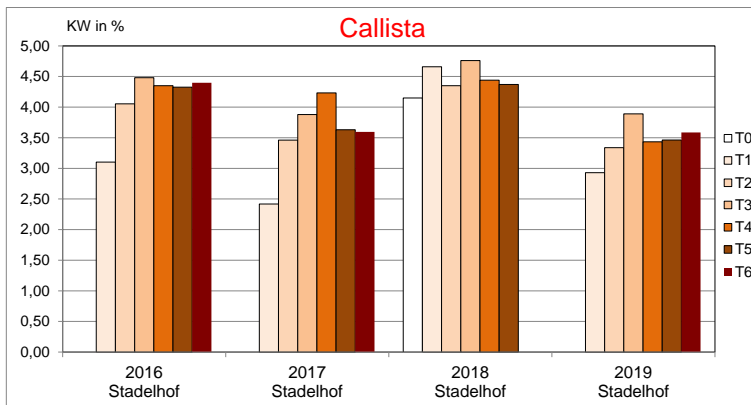


Abb. 7.26; Biogenese der Bitterstoffe bei der Sorte Callista

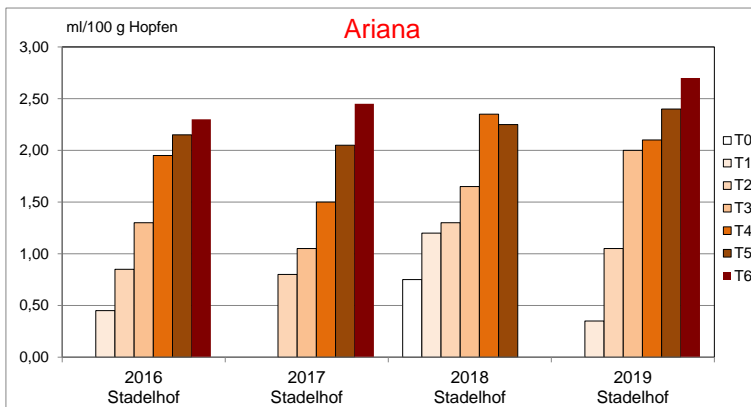


Abb. 7.27; Biogenese der Öle bei der Sorte Ariana

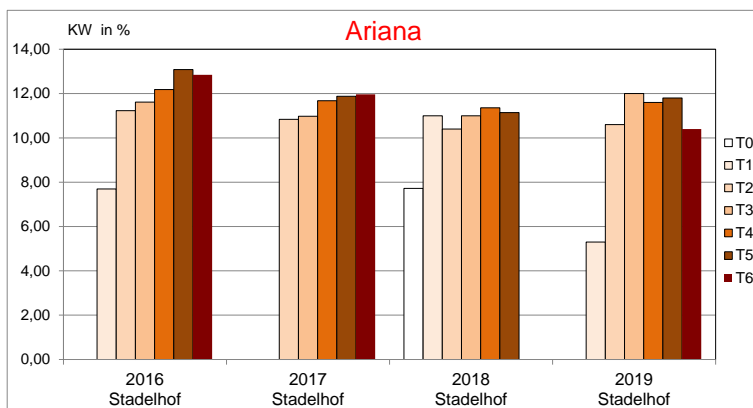


Abb. 7.28; Biogenese der Bitterstoffe bei der Sorte Ariana

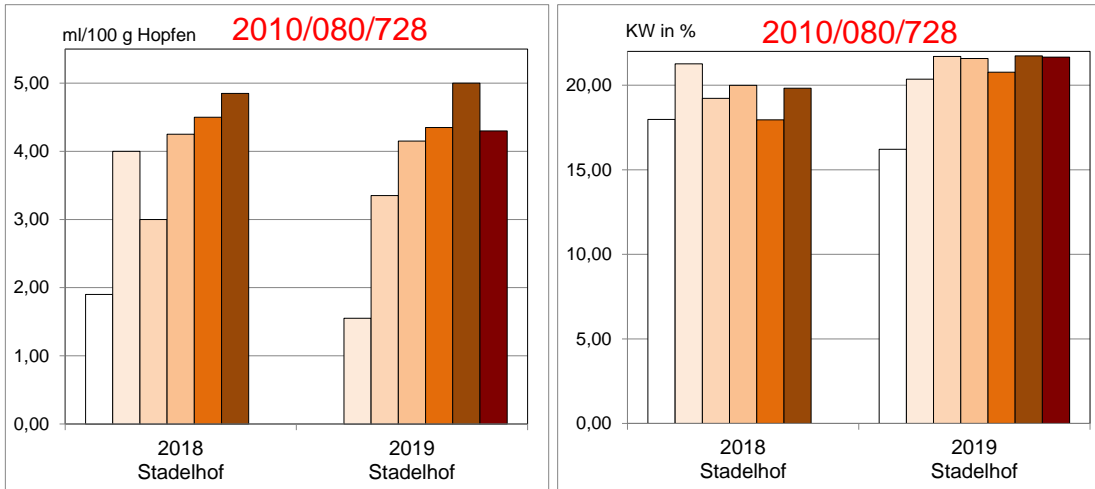


Abb. 7.29: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe beim Zuchtstamm 2010/080/728

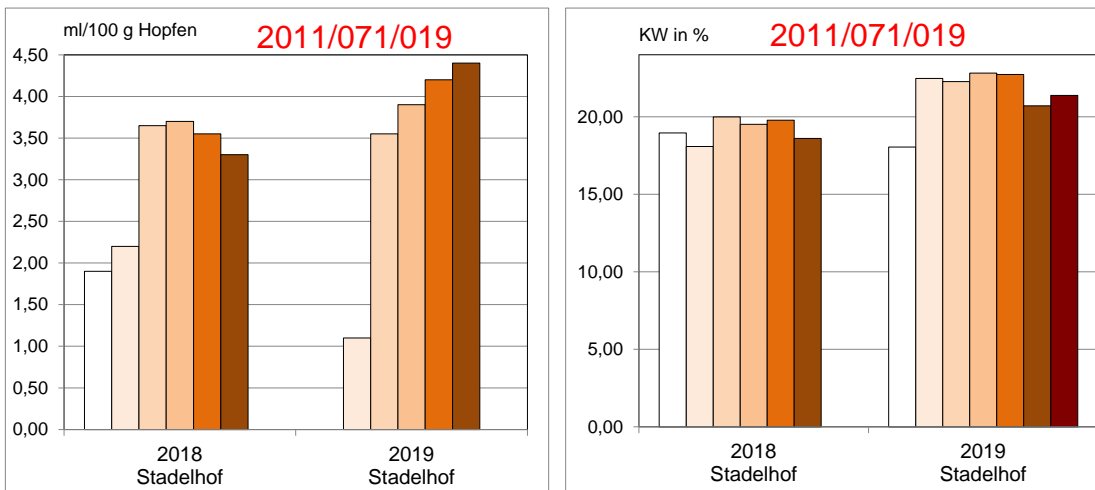


Abb. 7.30: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe beim Zuchtstamm 2011/071/019

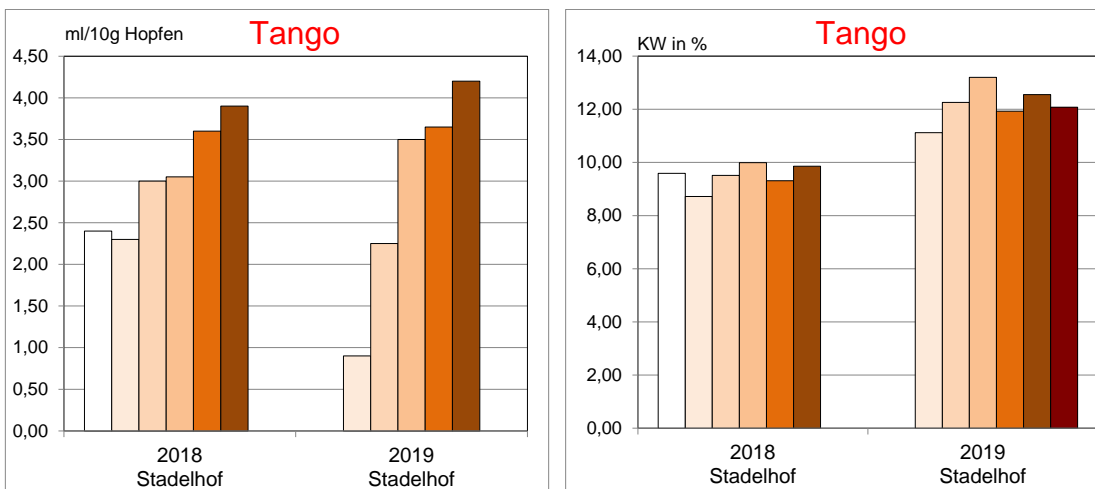


Abb. 7.31: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe bei der Sorte „2011/02/04“ = Tango

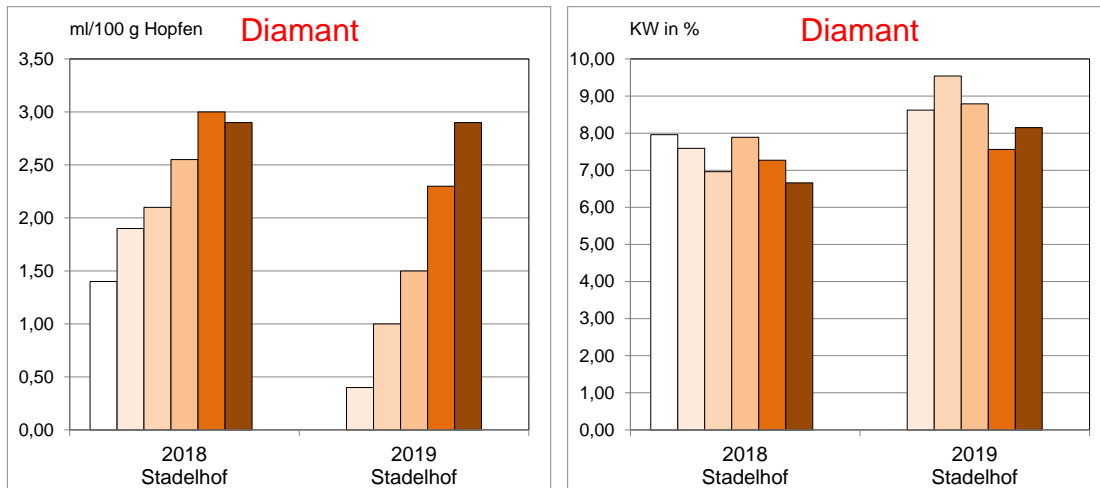


Abb. 7.32: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe bei der Sorte Diamant

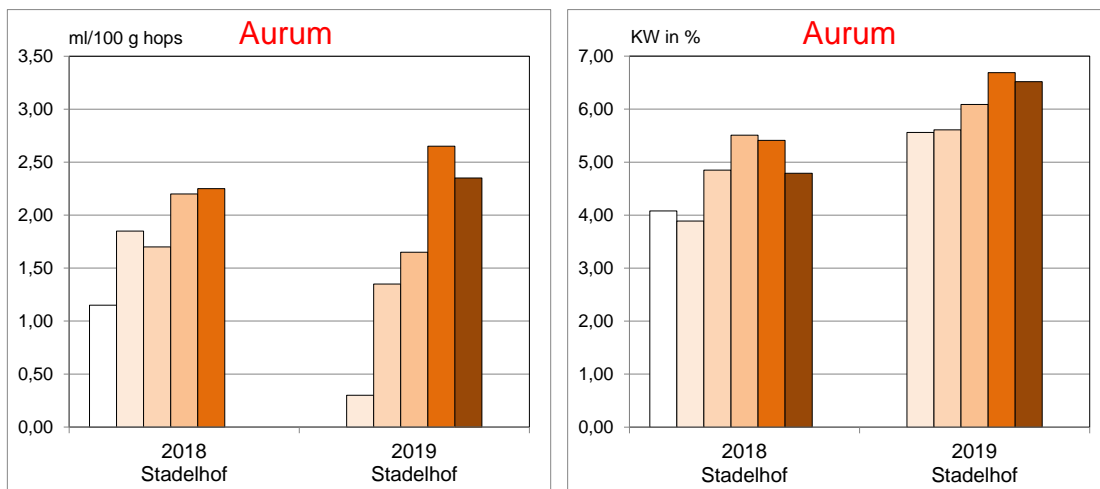


Abb. 7.33: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe bei der Sorte Aurum

Aus den Grafiken ist gut erkennbar, dass der Ölgehalt wesentlich stärker vom Erntezeitpunkt abhängig ist als der Gehalt der Bitterstoffe. Will man ein ausgeprägtes Aroma, dann muss man später ernten. Die neue Sorte Tango hat relativ zu ihrem alpha-Säuregehalt (7,5 – 11,0 %) einen sehr hohen Ölgehalt (2,4 – 4,0 ml/100 g Hopfen).

7.7 Entwicklung von NIRS-Kalibrierungen auf Basis von Konduktometer- und HPLC-Daten mit dem neuen Nahinfrarot-Reflektions-Spektroskopie-Gerät

Seit dem Frühjahr 2017 hat das Labor in Hüll ein neues NIRS_Gerät, das von der Gesellschaft für Hopfenforschung komplett finanziert wurde (Abb. 7.34).

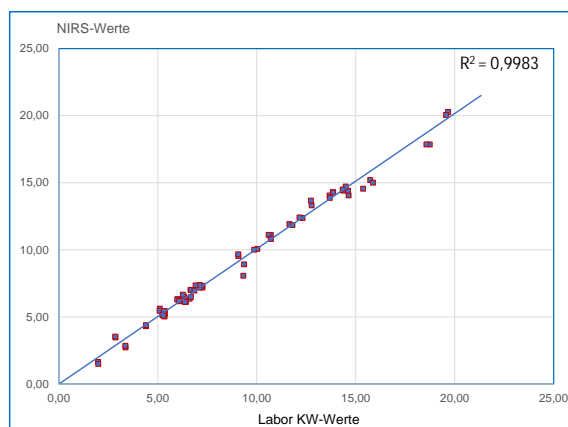


Abb. 7.34: NIRS-Gerät der Firma Unity Scientific

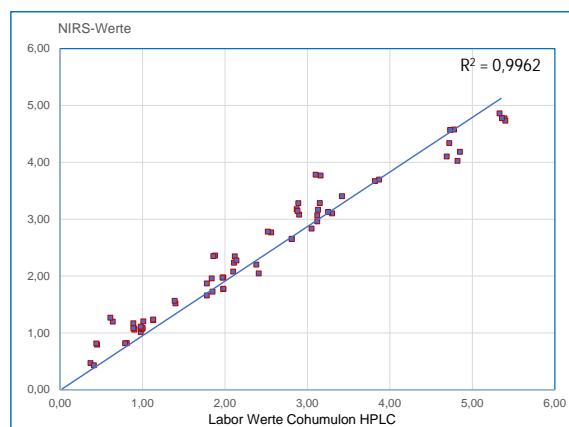
Das Gerät ist mit den Geräten bei AQU in Freising kompatibel. Die alte Kalibrierung vom Foss-Gerät konnte mit Hilfe einer mathematischen Transformation an das neue Gerät angepasst werden.

Es wurde aber auch begonnen eine eigene Kalibrierung basierend auf Konduktometer- und HPLC-Daten auf diesem Gerät zu entwickeln. Die Abb. 7.35 zeigt die Korrelationen der einzelnen Parameter zwischen Labor-Werten und NIRS-Werten.

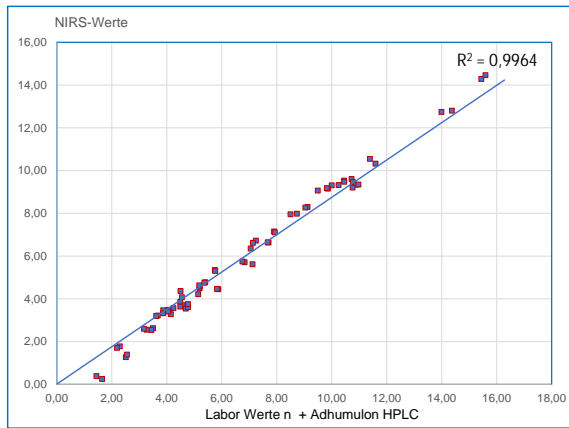
Konduktometerwerte in %



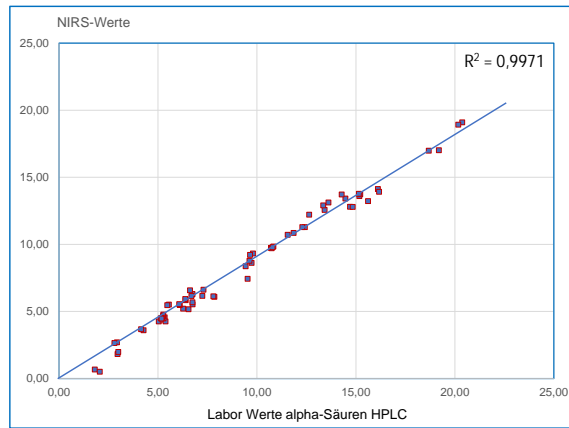
Cohumulon in %



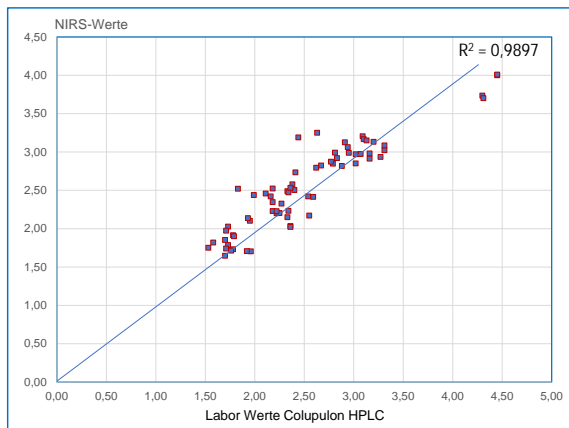
n + Adhumulon in %



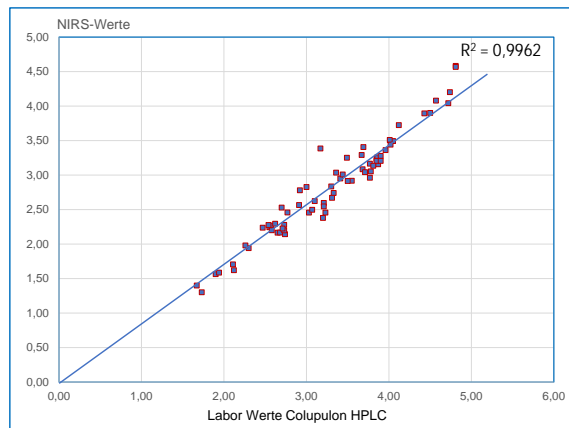
alpha-Säuren in %



Colupulon in %



n + Adlupulon



beta-Säuren in %

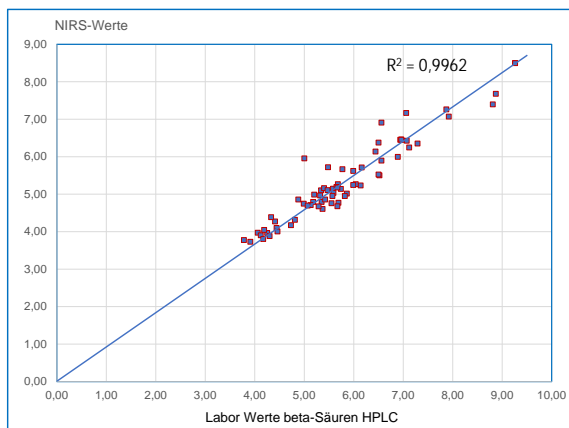


Abb. 7.35: Korrelationen Laborwerte zu NIRS-Werten

Tab. 7.9: Vergleich der Wiederholstandardabweichungen zwischen den Standardmethoden (Referenzmethoden) und den NIRS-Methoden

Methode	Sr- Referenzmethode	Sr – NIRS-Methode	Sr-NIRS/Sr-Referenz
Konduktometerwert	0,0593	0,1007	1,70
Cohumulon (HPLC)	0,0275	0,0437	1,59
n + Adhumulon (HPLC)	0,0761	0,1009	1,33
alpha – Säuren (HPLC)	0,1040	0,1191	1,15
Colupulon (HPLC)	0,0393	0,0314	0,80
n + Adlupulon (HPLC)	0,0437	0,0547	1,25
beta - Säuren	0,0813	0,0753	0,93

Der Vergleich der Wiederholstandardabweichung zeigt, dass bei den alpha-Säuren die NIRS-Methode leicht schlechter ist als die Referenzmethode. Bei den beta-Säuren ist die NIRS-Methode sogar genauer.

7.8 Alpha-Säuren-Stabilität der neuen Hüller Zuchtsorten gegenüber Jahrgangsschwankungen

Mittlerweile sind auch bei den neuen Hüller Zuchtsorten alpha-Säuredaten von den Jahren 2012 bis 2020 vorhanden und können mit Hilfe von Box-Plot Darstellungen sehr schön visualisiert werden. In der Abb. 7.36 ist die Darstellung einer Box-Plot Auswertung kurz erläutert.

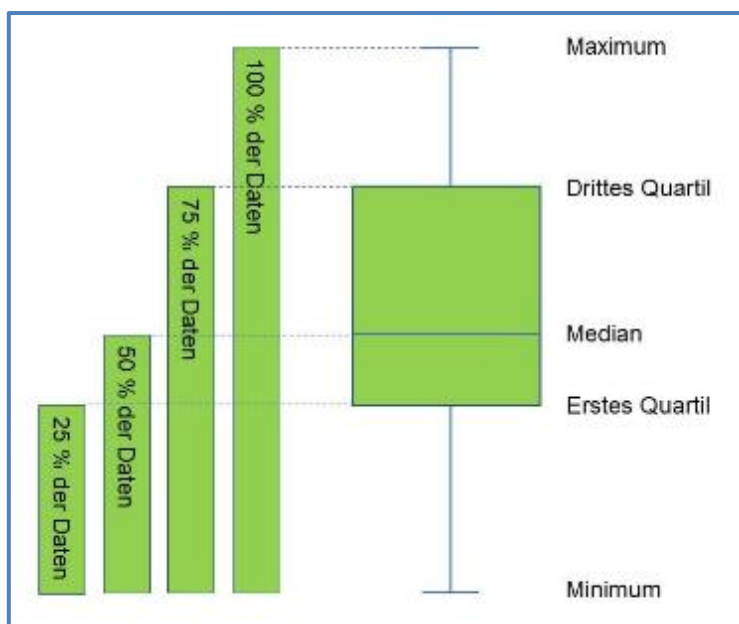


Abb. 7.36: Erläuterung einer Box-Plot Darstellung

Die Abb. 7.37 und Abb. 7.38 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.

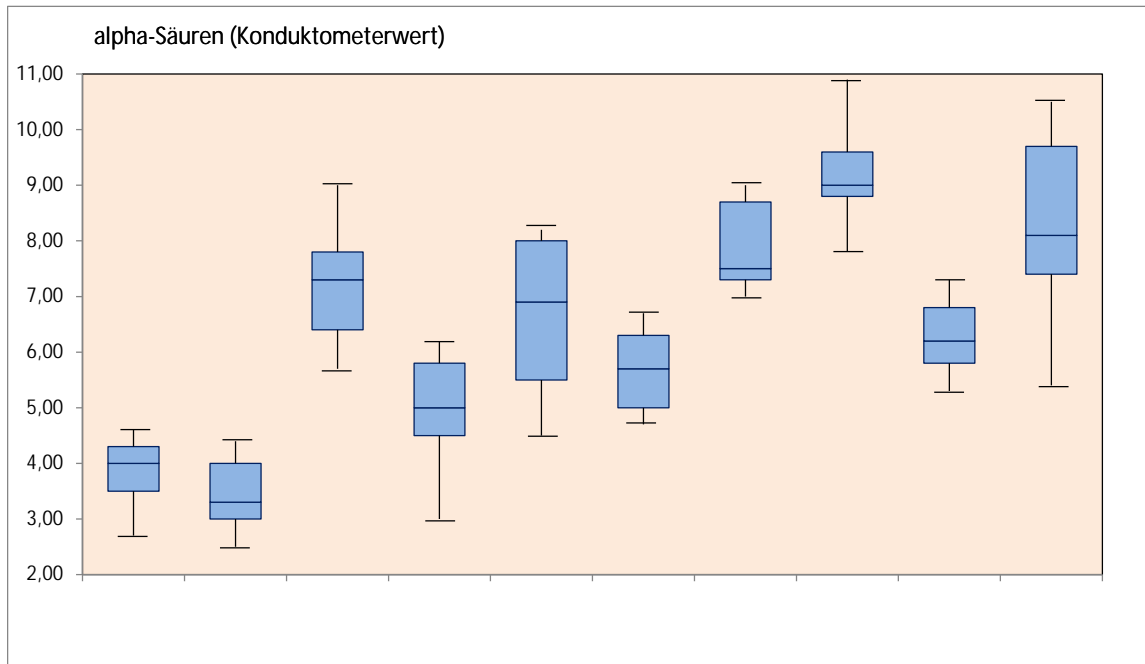


Abb. 7.37: Box-Plot Auswertung Aromasorten

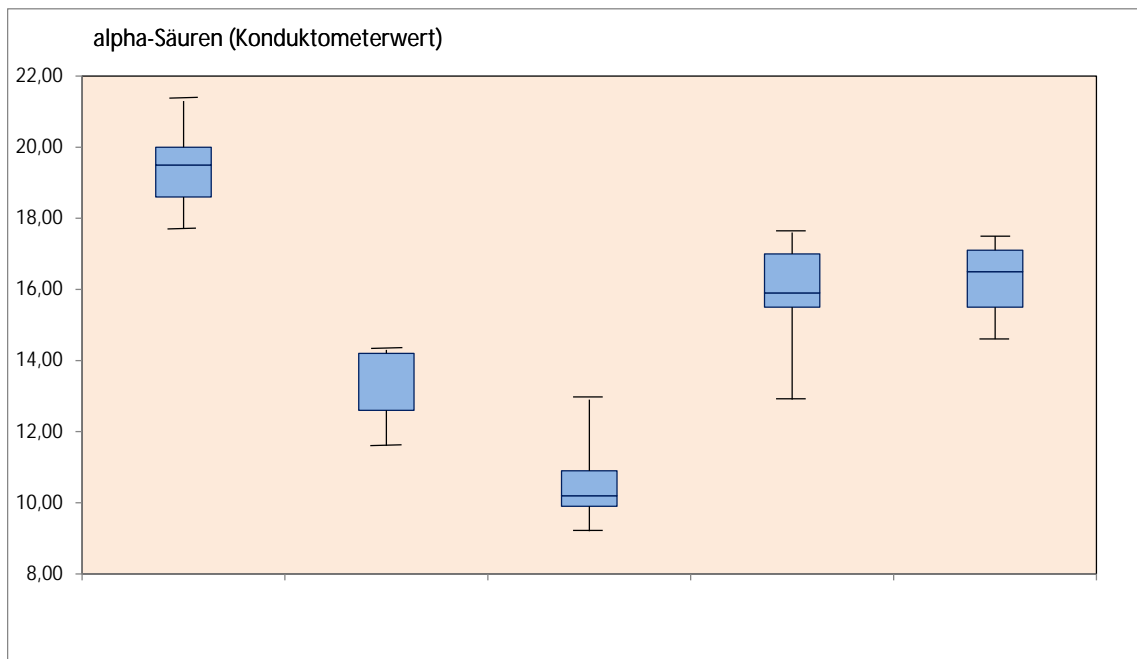


Abb. 7.38: Box-Plot Auswertung Bittersorten

7.9 Arbeiten für die Arbeitsgruppe IPZ 6 – Bestimmung flüchtiger Stoffe bei Ackerbohnen

Für Herrn Huber (Arbeitsgruppe IPZ 6) wurden flüchtige Verbindungen von Ackerbohnen gemessen und identifiziert. Die Proben wurden zuerst gefriergetrocknet und dann mit der Headspace-Gaschromatographie analysiert. Die Abb. 7.39 zeigt ein Chromatogramm und die identifizierten Verbindungen.

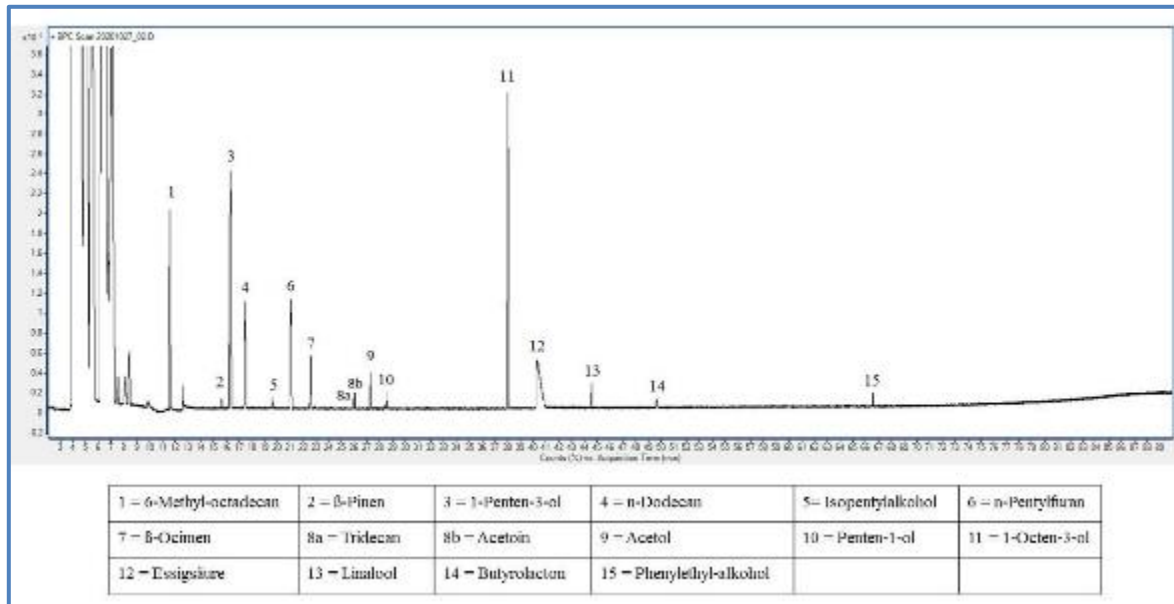


Abb. 7.39: Chromatogramm flüchtiger Verbindungen von Ackerbohnen und die identifizierten Substanzen

Insgesamt wurden 15 Substanzen mit GC-MS identifiziert.

7.10 Kontrolle der Sortenechtheit im Jahr 2020

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

Sortenüberprüfungen für die Lebensmittelüberwachungsbehörden (Landratsämter) für das Jahr 2020: 27

davon Beanstandungen: 3

8 Ökologische Fragen des Hopfenbaus

Dr. Florian Weihrauch, Dipl.-Biol.

Die Aufgabe der Arbeitsgruppe ist grundsätzlich Fortschreibung 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. Dies erfolgt insbesondere mit Blick auf die fortschreitende Klimaänderung und die nachfolgende Veränderung der Biozöosen 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

- Träger:** Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
- Finanzierung:** Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
- Projektleitung:** Dr. F. Weihrauch
- Bearbeitung:** M. Obermaier, A. Baumgartner, M. Felsl, K. Kaindl, M. Mühlbauer, R. Obster, J. Weiher, A. Roßmeier, Dr. F. Weihrauch
- Kooperation:** Betrieb Robert Drexler, Riedhof; Agrolytix GmbH, Erlangen; Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL), Frick; Boku Wien, IFA-Tulln Institut für Umweltbiotechnologie
- Laufzeit:** 01.03.2014 - 31.12.2022 (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 die Aufgabe, die mittlerweile erreichten 3,0 kg Cu/ha/Jahr kritisch zu prüfen und, soweit möglich, eine weitergehende Reduzierung des Kupfereinsatzes zu untersuchen.

Vorgehensweise und Ergebnisse

Im Versuchsjahr 2020 wurden wie im Vorjahr 14 Versuchsglieder angelegt. Alle Kupfer-Varianten basierten auf Funguran progress als aktuell zugelassenem Pflanzenschutzmittel auf Kupfer-Basis. Die Varianten bestanden aus verschiedenen Aufwandmengen mit unterschiedlichen Mischpartnern als Synergisten, die z.T. auch als Solo-Varianten geprüft wurden (Tab. 8.1). Wie bereits im Jahr 2019 wurde der Versuch in der anfälligen Sorte Herkules durchgeführt, diesmal allerdings am neuen Standort Riedhof. Alle Behandlungen wurden praxisüblich auf sechs Termine gesplittet (22.06., 07.07., 14.07., 28.07., 13.08., 25.08.2020), wobei in den Varianten mit 1 kg Reinkupfer pro ha und Jahr nur zu den beiden mittleren Terminen (14.07., 28.07.) jeweils 0,5 kg appliziert wurden. Hintergrund ist, das empfindliche Stadium während der Blüte und zur beginnenden Ausdoldung möglichst gut vor Pilzbefall zu schützen.

Im Vorjahr konnten signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Varianten herausgearbeitet werden, die insbesondere für den neuen Pflanzenextrakt des FiBL (,R2-D2‘), für eine Chitosan-Formulierung des IFA Tulln und für das tschechische Produkt ‚Polyversum‘ (ein parasitischer Bodenpilz) gute bis sehr gute Bekämpfungserfolge zeigten. Leider konnten diese guten Ergebnisse im Jahr 2020 nicht zufriedenstellend reproduziert werden. Neben einem generell hohen Druck mit Echtem Mehltau, der alle Parzellen beeinträchtigte, war auch der Peronospora-Druck im Versuchsgarten sehr hoch und alle kupferfreien Varianten wiesen kurz vor der Ernte die gleichen Befallsgrade wie die unbehandelte Kontrolle auf. Auch die 1 kg-Varianten mit R2-D2, Chitosan und Polyversum waren zur Ernte deutlich stärker befallen als im Vorjahr und unterschieden sich negativ vom Standard mit 3 kg Kupfer (Abb. 8.1).

Tab. 8.1: Geprüfte Varianten des Kupferminimierungsversuchs 2020 im Versuchsgarten Riedhof mit der jeweils ausgebrachten Menge an Reinkupfer pro Hektar und Jahr

Vgl Nr.	Variante	Reinkupfer pro ha
1	unbehandelt	0 kg
2	Funguran progress	3 kg
3	Funguran progress	2 kg
4	Funguran progress + Kumar	2 kg
5	Funguran progress + Biplantol H forte NT	2 kg
6	Funguran progress	1 kg
7	Süßholzextrakt (<i>Glycyrrhiza glabra</i>)	0 kg
8	Panamin + Regenerative Mikroorganismen	0 kg
9	Funguran progress + COV17-01 (Pflanzenextrakt)	1 kg
10	Funguran progress + R2-D2 (Pflanzenextrakt)	1 kg
11	Polyversum (Pilz <i>Pythium oligandrum</i>)	0 kg
12	Funguran progress + Polyversum	1 kg
13	Chitosan-Hydrochlorid (Biopolymer, Elicitor)	0 kg
14	Funguran progress + Chitosan	1 kg

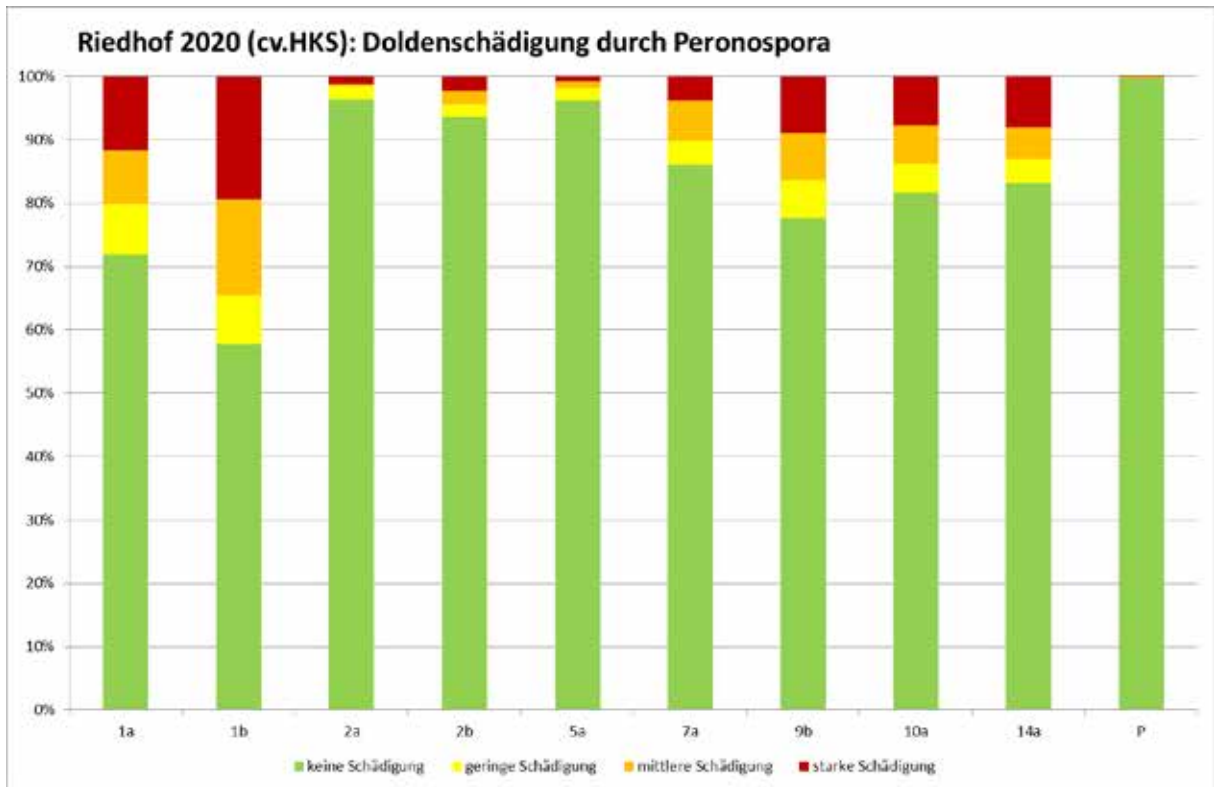


Abb. 8.1: Bonitur getrockneter Dolden der Versuchsernte 2020 am Riedhof im Labor. Nummerierung der beernteten Varianten siehe Tab. 8.1 und Abb. 8.2.

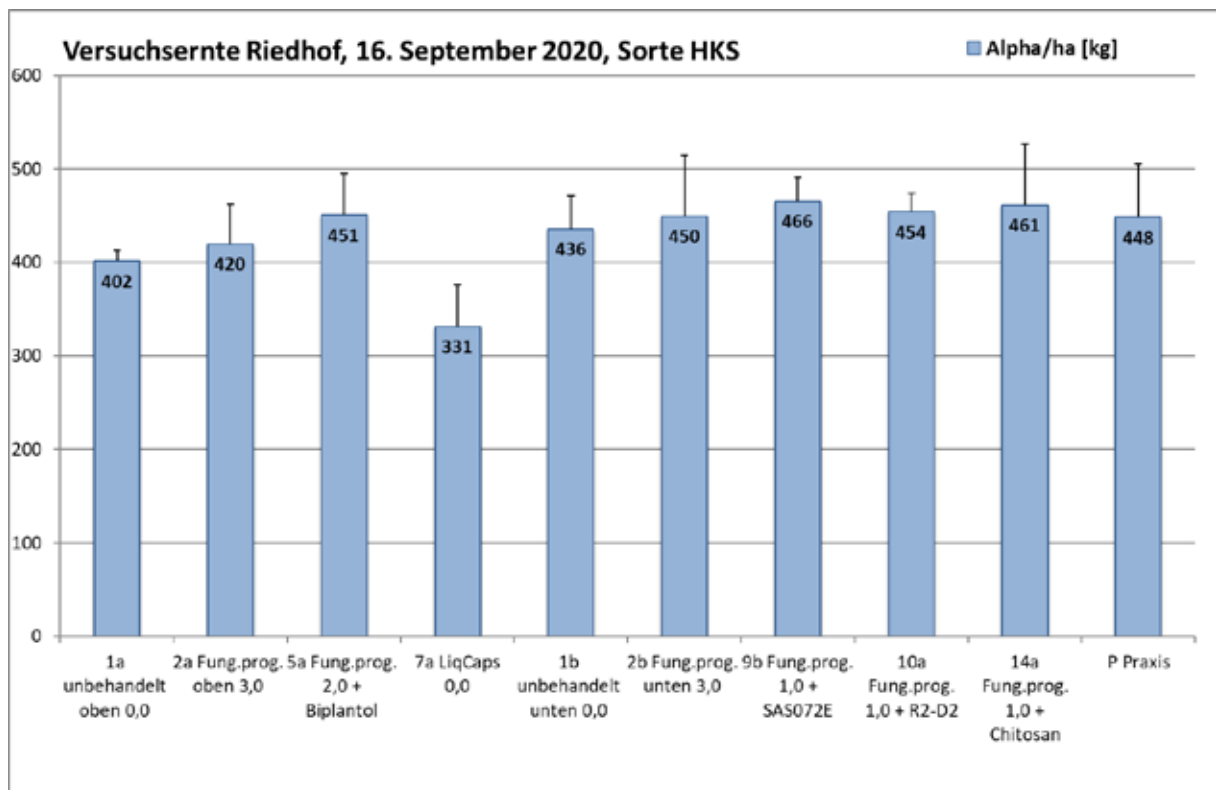


Abb. 8.2: Bei der Versuchsernte am 16. September 2020 ermittelte Alpha-Erträge einzelner Versuchspartellen im Vergleich zum betriebsüblich behandelten Restgarten (Praxis).

Bemerkenswert ist allerdings, dass wie 2019 stark unterschiedlicher Befall wiederum keinen signifikanten Einfluss auf die Erträge oder den Gehalt an Alpha-Säuren hatte (Abb. 8.2). So zeigten – mit Ausnahme des verkapselten Süßholzextrakts, bei dem es diesmal offensichtlich zu Problemen mit der Pflanzenverträglichkeit kam – alle beernteten Varianten statistisch gesehen einheitliche Werte, die sich um einen Alpha-Ertrag von 450 kg/ha bewegen. Die Versuche werden 2021 an demselben Standort wiederholt und man kann gespannt sein, ob sich diese Ergebnisse reproduzieren lassen.

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

Träger:	Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW e.V.) und Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
Finanzierung:	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) über Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN-Projekt 2815OE095)
Projektleitung:	Dr. F. Weihrauch
Bearbeitung:	Dr. F. Weihrauch, M. Obermaier
Kooperation:	Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW e.V.)
Laufzeit:	15.08.2017-31.12.2022 (Projektverlängerung)

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 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 sollte ebenfalls über mindestens einen Workshop pro Jahr erfolgen.

Die wichtigsten Veranstaltungen 2020 aus Sicht der Sparte Hopfen waren dementsprechend der Hopfenbautag im Rahmen der Bioland-Woche in Kloster Plankstetten (04.02.2020), das Workshop- und Netzwerktreffen mit dem BÖLW in Fulda (10.03.2020) und insbesondere die zweitägige Sommerexkursion des Arbeitskreises Ökohopfen in der Hallertau mit insgesamt 45 Teilnehmern (21.-22.07.2019), die mit gedeckelter Teilnehmerzahl unter Corona-Bedingungen ausgetragen wurde.

Ein analog zu den Vorjahren zweimal geplanter ‚Runder Tisch zu aktuellen Problemen des Pflanzenschutzes im Öko-Hopfenbau‘ in Hüll musste dagegen pandemiebedingt leider sowohl im April als auch im November 2020 abgesagt werden.

Hauptziel des Forschungsvorhabens ist es in erster Linie, gezielte 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. hier wird idealerweise die Entwicklung neuer Management- bzw. Anbausysteme verfolgt, mit einem schlüssigen Arbeitsprogramm als Ergebnis. Dieses 'Strategiepapier' dient als Abschluss des ersten Teils des Forschungsvorhabens und soll noch im ersten Quartal 2021 veröffentlicht werden. Im Dezember 2020 wurde durch die BLE eine zweijährige Verlängerung bewilligt, die als zweite Stufe die Strategien mit konkreten Daten seitens der Öko-Betriebe unterfüttern und vergleichend bewerten soll.

8.3 Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
Finanzierung:	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
Projektleitung:	Dr. F. Weihrauch
Bearbeitung:	Dr. F. Weihrauch, M. Obermaier
Kooperation:	Interessengemeinschaft Niederlauterbach (IGN) e.V. AELF Pfaffenhofen, FZ Agrarökologie TU München, Lehrstuhl für terrestrische Ökologie Landesbund für Vogelschutz, KG Pfaffenhofen
Laufzeit:	01.03.2018 - 31.12.2023 (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 hatte 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 bis dato der BBV, das AELF Pfaffenhofen (Fachzentrum Agrarökologie), der LBV, die UNB am Landratsamt Pfaffenhofen, die IGN Niederlauterbach und alle Organisationen im Haus des Hopfens.

Der Reigen einzuleitender Maßnahmen umfasst beispielsweise den Verzicht auf Nutzung marginaler, unproduktiver oder kritischer Flächen (v.a. in direkter Gewässernähe); die gezielte ökologische Aufwertung bereits vorhandener, landschaftsprägender Kleinstrukturen (z.B. Feldraine, Ranken); die Schaffung von Pufferstreifen zu Gewässern, von Saumstrukturen und von Blühstreifen oder Blühflächen; die Umwidmung von ‚Eh-da-Flächen‘ (z.B. Wegränder, Straßenböschungen, ungenutzte Zwickel); die Etablierung mehrjähriger Brachflächen; und 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 erstes konkretes Teilprojekt wurde 2019 im Rahmen einer Masterarbeit an der TUM (Stiglmaier 2020) 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 und ergab, dass von vielen Insektenordnungen mehr Individuen in den ökologischen als in den konventionell bewirtschafteten Hopfengärten nachgewiesen werden konnten. Dabei scheint die Zwischenfrucht, d.h. die in den Fahrgassen angesäten Pflanzen, eine wichtige Rolle zu spielen. Im ökologischen Hopfenbau finden hier weitaus häufiger blühende Pflanzen Verwendung.

Stiglmaier V. 2020. Untersuchung des Insektenvorkommens in biologisch und konventionell bewirtschafteten Hopfengärten. M.Sc. Thesis, TU München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Lehrstuhl für Terrestrische Ökologie. 69 S.

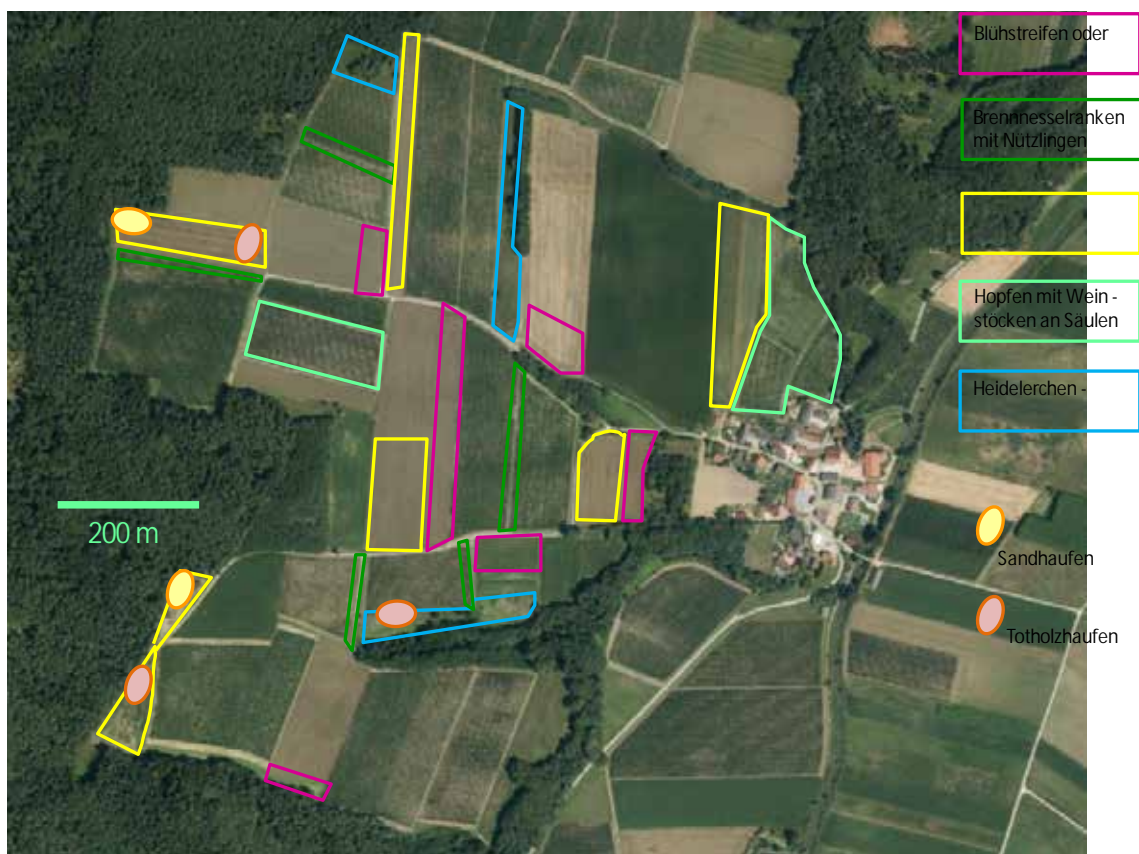


Abb. 8.3: Luftbild der 'Biodiversitätskulisse Eichelberg' mit den vorläufig geplanten Maßnahmen zur Förderung der Artenvielfalt und biologischer Pflanzenschutzverfahren.

Konzept der 'Biodiversitätskulisse Eichelberg'

Der bislang wichtigste Schritt wurde durch die konstruktive Zusammenarbeit mit der IGN Niederlauterbach eingeleitet. In der Flur des klassischen Hopfenbaudorfes Eichelberg am Rand des Ilmtals existiert ein weitgehend geschlossenes Gewanne von 85 ha, das zum überwiegenden Teil drei IGN-Betrieben gehört und von ihnen auch bewirtschaftet wird. Davon sind 34 ha (40 %) Hopfenflächen, 28 ha (33 %) Ackerland und der Rest verteilt sich auf Gehölzflächen, Grünland, Blühflächen, Eh-da-Flächen und Sonderstandorte. Diese 'Biodiversitätskulisse Eichelberg' bietet dank der kleinen Zahl an engagierten und an der Sache interessierten Grundeigentümern und Landwirten außergewöhnliche Möglichkeiten, eine exemplarische Vorzeigefläche zu entwickeln, die belegt, dass sich Hopfenbau und Artenvielfalt nicht ausschließen müssen, sondern problemlos koexistieren können. Im Herbst 2020 wurde ein vorläufiger Aktionsplan entwickelt, in dem die einzuleitenden Maßnahmen skizziert wurden (Abb. 8.3). Mit der Umsetzung der Maßnahmen wird ab dem Frühjahr 2021 begonnen.



Abb. 8.4: Bereits existierende Blühfläche neben Hopfengarten in der Biodiversitätskulisse Eichelberg im August 2020

8.4 Bekämpfung des Hopfen-Erdflöhs im ökologischen Hopfenanbau mit Gips, Gesteinsmehl und Kieselgur

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
Finanzierung:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
Projektleitung:	Dr. F. Weihrauch
Bearbeitung:	A. Ruß (Bachelor's Thesis), M. Obermaier, Dr. F. Weihrauch
Kooperation:	Naturland-Betrieb Georg Pichlmaier, Haushausen; Dr. Alexander Höldrich, TUM, Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit
Laufzeit:	01.03.2020 – 31.05.2020

Ziel und Hintergrund

Beim Gedankenaustausch mit ökologisch wirtschaftenden Hopfenpflanzern wurde wiederholt diskutiert, ob Gesteinsmehl den Blattflächenfraß durch Erdflöhs im Frühjahr ausreichend abwehren kann, oder ob sich andere Maßnahmen hierfür besser eignen. Konkret wurde im Winter 2019/2020 beim 'Runden Tisch Pflanzenschutz' und beim Bioland-Hopfenbautag über die Wirkung von Gips (Anhydrit) im Vergleich zu feinem Gesteinsmehl diskutiert. Von Seiten des JKI wiederum wurde der Einsatz von Kieselgur vorgeschlagen, welches auch im Vorratsschutz gegen Käferfraß angewendet wird. Ziel war daher, im Frühjahr 2020 diese drei Varianten an einem Standort mit Erdflöhsbefall gegeneinander zu vergleichen. Dies wurde in Form einer Bachelor's Thesis von der Studentin Antonia Ruß (TUM, Campus Straubing, Studiengang Nachwachsende Rohstoffe, B.Sc.) bearbeitet.

Ergebnisse

Im April wurde, sobald Erdflöhe am Hopfenaustrieb erkennbar waren, eine Vorbonitur (VB) durchgeführt. Bei dieser Vorbonitur am 20. April war der Fraßschaden in allen Versuchsgliedern gleich verteilt und lag bei etwa 20 bis 23 % der insgesamt noch geringen Blattfläche. Anschließend wurden am 24. April die Varianten mit dem jeweiligen Mittel behandelt: Gips und Gesteinsmehl lassen sich maschinell mittels Pendelstreuer gleichmäßig ausbringen, Kieselgur hingegen neigt zum Verklumpen und wurde letztlich von Hand gestreut. Aufgrund von Regenfällen wurde zwischen der zweiten und dritten Bonitur am 5. Mai die Streuung der verschiedenen Mittel wiederholt (Abb. 8.5).



Abb. 8.5: Blattfraß durch Hopfen-Erdflöhe in der unbehandelten Kontrolle (links) und mit Kieselgur behandelte Reihe im Versuchsgarten Haushausen am 24.04.2020

Beim ersten Boniturtermin unterscheiden sich alle drei behandelten Varianten signifikant (für jeden Boniturtermin wurde eine einfaktorielle ANOVA, Signifikanzniveau $p < 0,05$, durchgeführt) von der Kontrolle, da der Blattflächenverlust am Neuzuwachs des Hopfens lediglich bei 10 bis 12 % liegt. Bei der unbehandelten Kontrolle änderte sich der Blattflächenverlust für die ersten beiden Bonituren im Vergleich zur Vorbonitur nicht. Auch für die dritte Bonitur lag der Blattflächenverlust durch Erdflöh-Fraß noch bei 20 %. Beim vierten Boniturtermin wurde hingegen auch in der Kontrolle ein geringerer Fraßschaden am Blattneuzuwachs festgestellt, da der Hopfen dem Erdfloh dann „davonwächst“, d.h. durch einerseits das Längenwachstum des Hopfens und andererseits dem Lebenszyklus des Hopfen-erdflöhs endet die Schädigung des Hopfenaustriebs ab diesem Zeitpunkt auf natürliche Weise. Beim zweiten und dritten Boniturtermin konnte einmal Kieselgur (B2) und einmal Gesteinsmehl (B3) den Blattfraß im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle signifikant besser abwehren. Daraus ist nicht abzulesen, dass eines der Mittel generell besser gegen Blattfraß durch den Erdfloh helfen würde. Beim letzten Boniturtermin unterscheiden sich die Varianten nicht statistisch signifikant voneinander (Abb. 8.6).

Vor allem zu Beginn der Vegetationsperiode sind Gesteinsmehl, Kieselgur und Gips also effektive Abwehrmaßnahmen gegen den Blattfraß des Hopfen-erdflöhs. Geschützt sind nur Pflanzenteile, die mit dem Pulver bedeckt werden, d.h. mit fortschreitendem Wachstum des Hopfens oder bei Regenfällen, die das jeweilige Mineralgemisch von den Pflanzen waschen, muss die Anwendung wiederholt werden. Ein Unterschied in der Wirksamkeit der drei Varianten konnte über den gesamten Versuchsverlauf nicht festgestellt werden. Kieselgur ist für die Praxis allerdings wohl aufgrund der schlechteren maschinellen Streubarkeit weniger relevant als fein vermahlene Gesteinsmehl oder Gips.

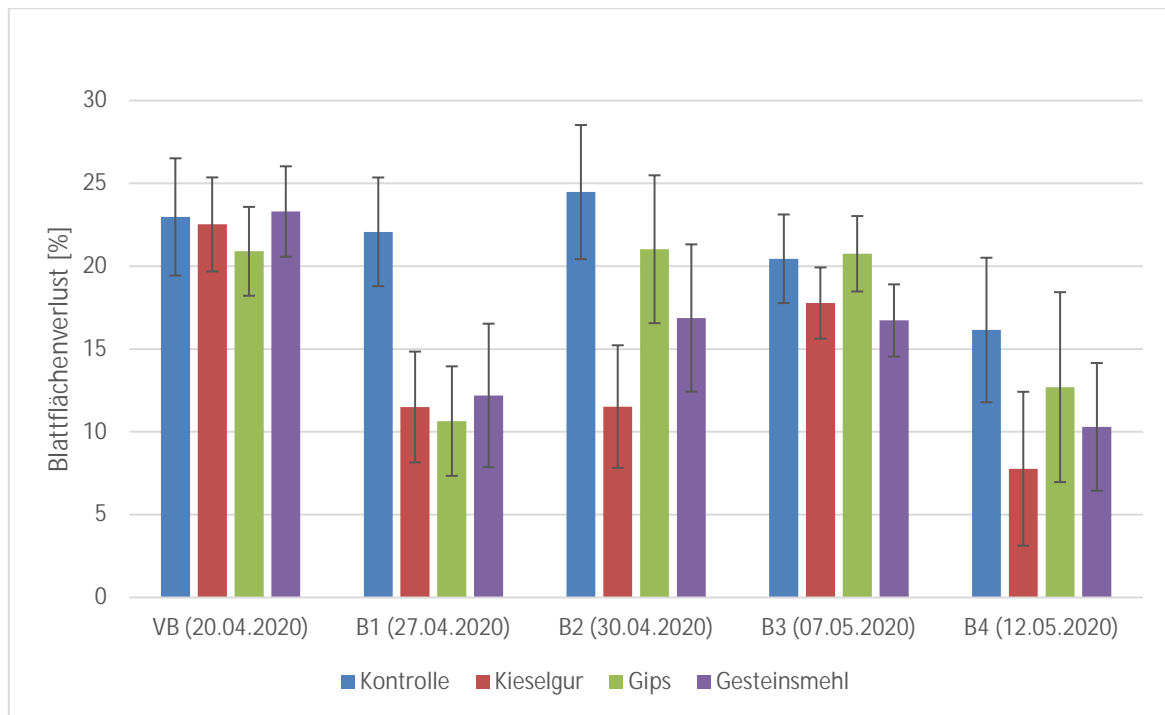


Abb. 8.6: Bonitur von Fraßschäden durch Hopfen-Erdflöhe im Öko-Versuchsgarten Haushausen (Sorte HTR): Nach der Vorbonitur (20.04.2020) wurden die Hopfenreihen der Varianten mit Kieselgur, Gips und Gesteinsmehl bestreut und die Anwendung am 05.05.2020 nach mehreren Regenfällen wiederholt. Der größte Effekt der Behandlung zeigte sich bei der ersten Bonitur am 27.04.2020, bei der sich alle drei gestreuten Varianten signifikant von der unbehandelten Kontrolle unterscheiden (einfaktorielle ANOVA, $p < 0,05$).

8.5 Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbau-Praxis über Untersaaten

- Träger:** Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
- Finanzierung:** 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.
- Projektleiter:** Dr. F. Weihrauch
- Bearbeitung:** M. Obermaier
- Kooperation:** Praxisbetriebe aus dem ökologischen und integrierten Hopfenbau
- Laufzeit:** 01.05.2018 – 31.05.2021

Ziel

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 und einen schädigenden Befall des Hopfens weitgehend verhindern.

Hintergrund

Die Gemeine Spinnmilbe *Tetranychus urticae* ist einer der Hauptschädlinge des Kulturhopfens. 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, da die bisherigen Methoden, der vorbeugende Einsatz von Molke und Schwefel, vorhandene Nützlinge gefährdet. Allerdings wird eine wirksame biologische Bekämpfung der Gemeinen Spinnmilbe aufgrund aktueller Diskussionen über Pflanzenschutzmittelzulassungen, Umweltbelastung und Bienengefährdung durch Pflanzenschutzmitteleinsatz in der Landwirtschaft im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes 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.

Vorgehensweise

Heimische Raubmilben werden mittels Rebenstücken, die sowohl beim Winterschnitt als auch in Form von Frostruten beim Schnitt im Mai anfallen, aus Weinbergen (bereitgestellt von der LWG, Veitshöchheim) geholt und in den Hopfengärten ausgebracht. Im Mai können die Frostruten direkt an die Hopfenaufleitungen gehängt werden, während Bogrutenstücke vom Winterschnitt nach bisherigen Erfahrungen am besten direkt im Februar in der Untersaat in der Fahrgasse verteilt werden, um von dort im Frühling auf die Hopfenpflanzen zu laufen.



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 Erdbeeren als holzige Pflanzen, angelehnt an die Bedingungen im Wein- und Obstbau, zur Überwinterung der Raubmilben zwischen den Bifängen eines Hopfengartens anstelle einer Untersaat.



Abb. 8.9: Erdbeeren in der Fahrgasse im Hopfengarten

Abb. 8.10: Grünlandmischung in der Fahrgasse bietet einen Rückzugsraum für Raubmilben, wenn der Hopfen geerntet ist

Ergebnisse

Im dritten Projektjahr baute sich im Vergleich zu den beiden vorhergehenden Projektjahren ein moderater Spinnmilbenbefall auf. An den beiden ökologisch bewirtschafteten Versuchsstandorten im Raum Hersbruck entwickelte sich im Sommer 2020 nur ein geringer Befallsdruck durch die Gemeine Spinnmilbe, der keine verlässlichen Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der Raubmilben zuließ. Am dritten Öko-Versuchshopfungarten des Projekts in Ursbach zeigte sich ein ähnliches Bild: der Befall war bis Mitte August auf sehr niedrigem Niveau (unter 1 Spinnmilbe / Blatt im Schnitt) und stieg erst in der Woche der Ernte an, wodurch ebenfalls kein Schaden mehr entstand.

Die beiden konventionell bewirtschafteten Versuchshopfungärten in Oberulrain und Starzhausen wiesen in der Saison 2020 einen bekämpfungswürdigen Spinnmilbenbefall auf. Am Versuchshopfungarten konnte wie auch schon 2018 beobachtet werden, dass sich zunächst ein großer Spinnmilbenbefall aufbaute, der im August ohne Einflussnahme von außen in allen Versuchsgliedern zusammenbrach. In Starzhausen wurden zu Beginn nur heimische Raubmilben aus Weinbergen, in den Hopfungarten eingebracht. Die Rebstücke vom Winterschnitt oder Frostruten, die im Mai ausgebracht wurden, sollten die bereits überwinterten heimischen Raubmilben unterstützen.

Tab. 8.2: Versuchsglieder (VGL) am Standort Starzhausen 2020

VGL	Behandlung	Untersaat	Art der Raubmilben-Ausbringung
1	Kontrolle	---	---
2		Rohrschwingerl	Frostruten Wein
3		Grünland-Mix	Winterschnitt Wein
4	und Raubmilben-Mix	Erdbeeren	Frostruten Wein + Bohnenblätter
P	Praxis	Praxisübliche Einsaat	--- (Integrierter Pflanzenschutz)

Aus den Vorjahren war ein Bereich des Hopfungartens, der zwei Parzellen des mit Erdbeeren bepflanzten Versuchsgliedes enthält, aufgrund sonniger Hanglage in Kombination mit sandig-kiesigem Boden als besonders anfällig bekannt. Da in einigen Parzellen dort Mitte Juni ein besonders starker Spinnmilbenbefall festgestellt wurde, wurden hier zusätzlich Ende Juni zugekaufte Raubmilben ausgebracht (Mix aus *Phytoseiulus persimilis* und *Neoseiulus californicus* auf Bohnenblättern). In den kommenden Wochen verringerte sich die Anzahl der Spinnmilben in diesem Versuchsglied kontinuierlich, obwohl zu dieser Zeit im Jahr eigentlich ein Anstieg des Spinnmilbenbefalls zu erwarten ist, wie er auch in den anderen Versuchsgliedern beobachtet wurde. Dadurch zeigt sich, dass eine gezielte Ausbringung von zugekauften Raubmilben an Brennpunkten des Spinnmilbenbefalls einerseits diesen Befall erfolgreich bekämpfen und gleichzeitig eine Ausbreitung auf den Rest der Fläche verhindern kann. Zum Saisonende kurz vor der Ernte wies dieses Versuchsglied sogar den geringsten Spinnmilbenbefall auf. Für alle Raubmilben-Varianten konnte ein signifikant geringerer Befall mit Spinnmilben festgestellt werden als in der unbehandelten Kontrolle.

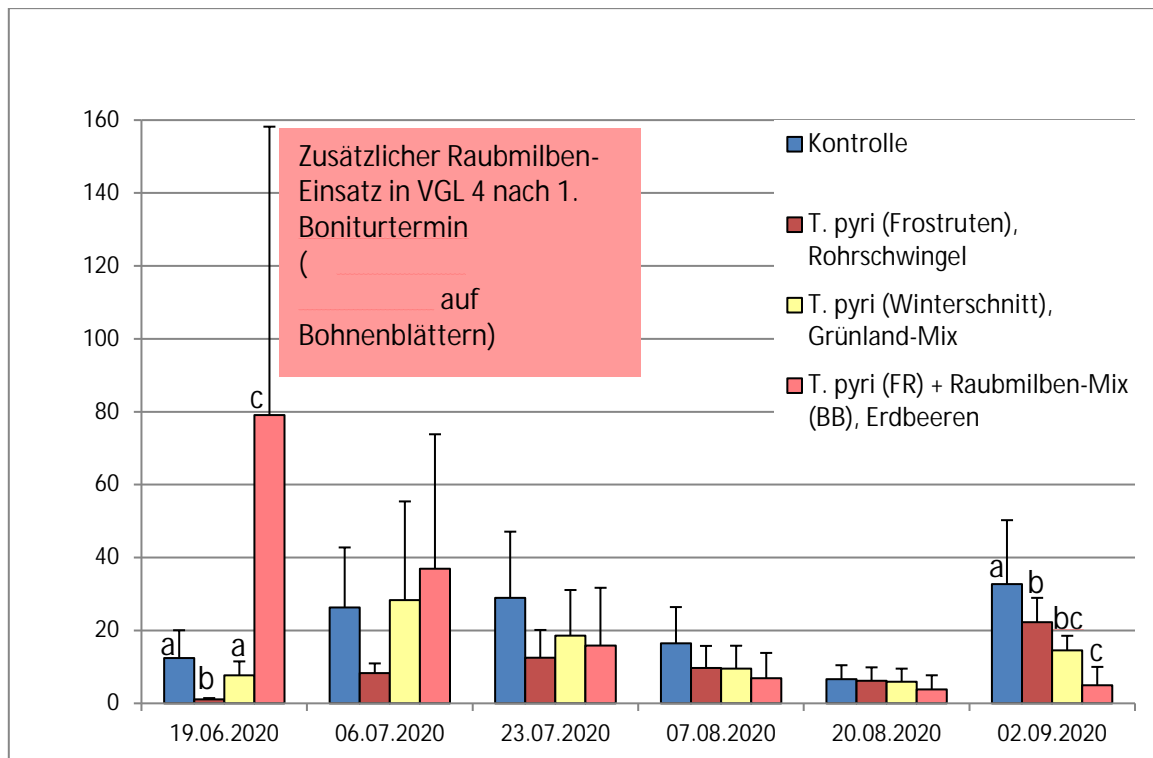


Abb. 8.11: Blattbonitur am Versuchsstandort Starzhausen (Sorte HKS, integrierter Pflanzenschutz mit Ausnahme chemischer Behandlung gegen die Gemeine Spinnmilbe): Spinnmilben/Blatt, je Versuchsglied (VGL) wurden 120 Blätter ausgezählt; die VGL unterscheiden sich nur beim ersten und letzten Boniturtermin statistisch signifikant (einfaktorielle ANOVA, $p < 0,05$), gekennzeichnet durch Buchstaben

Neben dem Effekt der Raubmilben konnte am Standort Starzhausen über alle Parzellen hinweg ein Anstieg des Vorkommens weiterer Nützlinge beobachtet werden. Da auf dieser Fläche zuvor noch nie ein Nützlingsversuch durchgeführt wurde, sondern ganz normal konventioneller Hopfenbau betrieben wurde, kann dieser Anstieg über die drei Projektjahre hinweg allein auf eine natürliche Zuwanderung und Vermehrung von Nutzinsekten zurückgeführt werden. Besonders häufig wurden im dritten Projektjahr der Schwarze Kugelmarienkäfer sowie seine Larven, aber beispielsweise auch Blumenwanzen (inkl. Jugendstadien) und Kugelspinnen gefunden. Bei den Nützlingen handelt es sich um Prädatoren, die je nach eigenem Entwicklungsstadium neben adulten Spinnmilben vor allem eine beträchtliche Anzahl an Spinnmilbeneiern fressen und so dem Aufbau eines für die Qualität des Ernteguts gefährlichen Spinnmilbenbefall entgegenwirken.



Abb. 8.12: Nützlinge, die Spinnmilben und/oder Spinnmilbeneier fressen: Raubmilbe, Larve und Adulte des Schwarzen Kugelmarienkäfers

Die Leistung der Raubmilben zur Schadensbekämpfung durch Spinnmilben gibt auch die Doldenbonitur aus der Versuchsernte wieder: während die unbehandelte Kontrolle die stärkste Schädigung durch Spinnmilbenbefall an den Hopfendolden aufweist, sind die beiden Versuchsglieder mit heimischen Raubmilben signifikant weniger stark geschädigt. Das ursprünglich im Juni stark befallene Versuchsglied 4 zeigt auf den Dolden lediglich einen geringen Spinnmilben-Schaden. Den geringsten Schaden hatte die mit Akarizid behandelte Praxis; hier ist die Streuung allerdings sehr hoch, was zeigt, dass auch durch chemischen Pflanzenschutz nicht immer ein gleichmäßiger Schutz gewährleistet werden kann. Alle hier genannten Doldenschädigungen wirkten sich nicht merklich auf die Qualität aus, sondern wurden nur zur Versuchsauswertung in besonders strengem Schema durchgeführt.

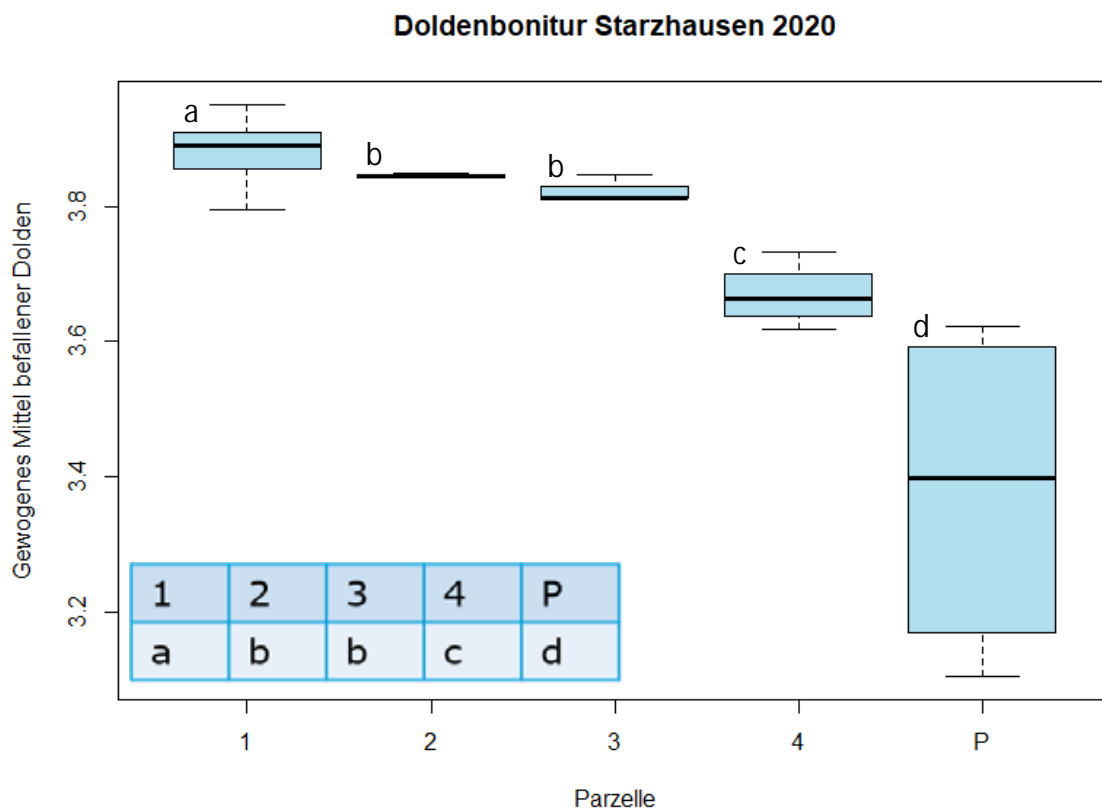


Abb. 8.13: Doldenschädigung der Versuchsernte Starzhausen in Form des gewogenen Mittels der Stärke der Schädigung befallener Dolden, statistisch signifikante Unterschiede zwischen den VGL sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Kruskal-Wallis-Test, $p < 0,05$)

Beim Alphasäuren-Ertrag liegen zwei der Raubmilben-Versuchsglieder auf dem Niveau der Praxis, wobei sich auch zu den anderen Varianten inklusive unbehandelter Kontrolle keine statistisch signifikanten Unterschiede feststellen lassen.

Alphasäure-Ertrag Starzhausen 2020

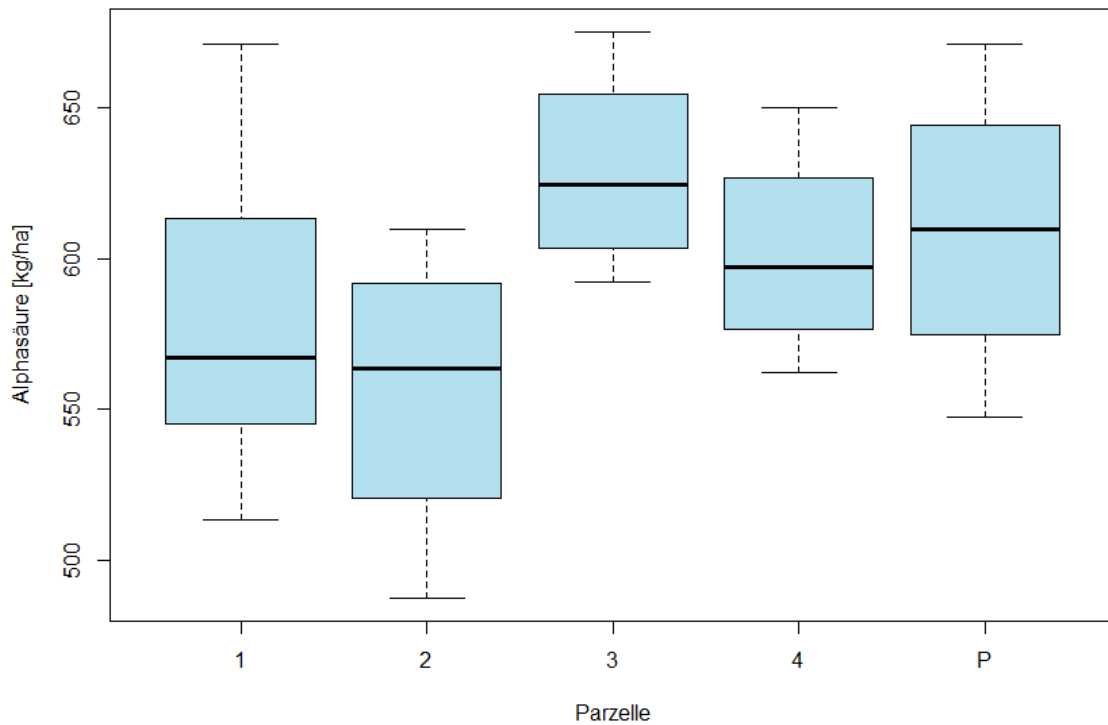


Abb. 8.14: Alphasäure-Ertrag aus der Versuchsernte Starzhausen 2020 zeigt keine statistisch signifikanten Unterschiede (einfaktorielle ANOVA, $p < 0,05$) zwischen unbehandelter Kontrolle (1), den VGL mit Raubmilben 2, 3 und 4 und der Praxis, wobei vor allem VGL 3 und 4 auf dem Niveau der Praxis liegen

Bei Blattbonituren wurde wiederholt beobachtet, dass sich der Hopfenbestand in Parzellen mit gut etablierter Untersaat weniger stark aufheizt. Um diese Beobachtung zu verifizieren, wurden Datenlogger zur Messung von Luftfeuchte und Temperatur in drei Höhen (ca. 1,8 m, 4 m und 7 m über dem Boden) an einzelnen Hopfenreben im Boniturbereich befestigt.

Die Auswertung ergab tendenziell eine Abmilderung der Temperaturschwankungen und eine höhere Luftfeuchtigkeit und somit eine Verbesserung des Mikroklimas. Starke Ausreißer der Temperatur wurden selbst im Gipfelbereich der Hopfenpflanze, also nicht nur unmittelbar in Nähe der Untersaat, im Vergleich zur Parzelle ohne Untersaat abgemildert.

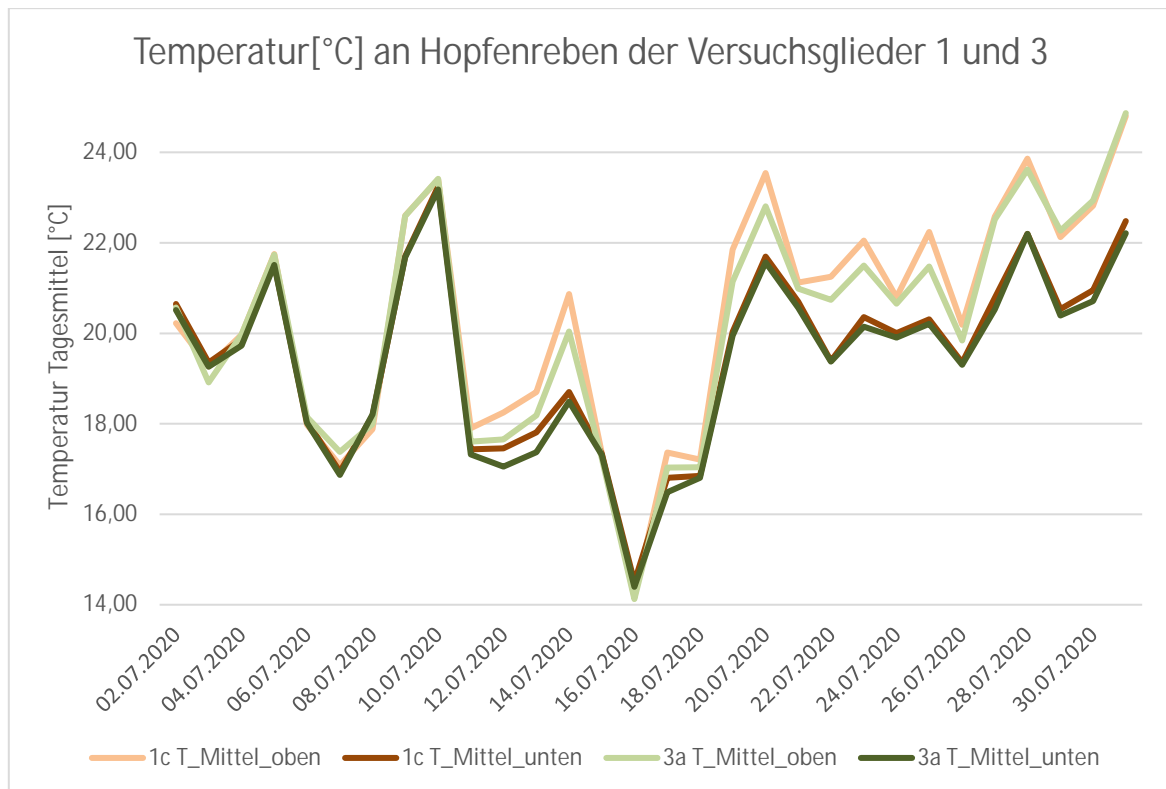


Abb. 8.15: Tagesmittelwert der Temperaturmessung mittels Datenlogger in drei Höhen an je einer Hopfenpflanze in Parzelle 1c (Kontrolle) und 3a (Untersaat: Grünland-Mischung): Auch im sonnenexponierten Gipfelbereich steigt die Temperatur in der Parzelle mit gut etablierter Einsaat weniger extrem an als in der Kontrolle ohne Untersaat.

Fazit

Als Erkenntnis des Projekts kann nach aktuellem Wissensstand festgehalten werden, dass der Einsatz von Raubmilben den Spinnmilbenbefall am Hopfen auf ein Maß begrenzen kann, das Alpha-Ertragsverluste verhindert und Doldenschäden, die bei Alpha-Vertragshopfen als Qualitätsmerkmal weniger entscheidend sind, reduziert werden können. Ein gezielter Einsatz am Brennpunkt eines Hopfengartens, der dem Landwirt in der Regel ohnehin aus eigener Erfahrung gut bekannt ist, kann einerseits eine Ausbreitung auf den gesamten Bestand verhindern und andererseits kann so der Befall im Hotspot nachhaltig reduziert werden. Des Weiteren siedeln sich durch den Verzicht auf Akarizid-Behandlungen natürliche Gegenspieler der Gemeinen Spinnmilbe im Hopfengarten an. Dies kann durch geeignete Untersaaten begünstigt werden, da diese ein Mikroklima mit kühleren Temperaturen und erhöhter Luftfeuchte erzeugen, wohingegen Spinnmilben sich in trockener warmer Umgebung besonders gut vermehren. Außerdem können Untersaaten einen Rückzugsraum für den Winter und alternative Nahrungsquellen (Pollen) für Nützlinge bieten.

9 Veröffentlichungen und Fachinformationen

9.1 Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit

	Anzahl		Anzahl
Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge	43	Führungen	20
LfL-Schriften	2	Ausstellungen und Poster	-
Fachinformationen	14	Gutachten und -Stellungnahmen	25
Beiträge in Rundfunk und Fernsehen	-	Praktika	4
Internetbeiträge	12	Mitarbeit in Arbeitsgruppen	38
Durchgeführte interne Veranstaltungen	14	Besuchte Seminare, Fachtagungen, Workshops	1
Aus-, Fort- und Weiterbildung	5	Vorträge	75

9.2 Veröffentlichungen

9.2.1 Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge

Doleschel, P.; Euringer, S. (2020): Auftreten des Citrus Bark Cracking Viroid in der Hallertau beschäftigt Hopfenexperten. BrauIndustrie, 1/2020, 28 - 29

Euringer S. (2020): Keine Zitrusreste in den Hopfen. Donaukurier, Pfaffenhofener Kurier, Hrsg.: Donaukurier GmbH

Euringer, S. (2020): Hopfen 2020 - Grünes Heft, Pflanzenschutz. LfL-Information, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Euringer, S. (2020): Keine Zitrusreste in den Hopfen. Hopfen-Rundschau, 02/2020, Hopfen-Rundschau, Hrsg.: Verband dt. Hopfenpflanzer, 58 - 59

Fuß, S. (2020): Pflanzenstandsbericht April 2020. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 05/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 180

Fuß, S. (2020): Pflanzenstandsbericht August 2020. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 09/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 348

Fuß, S. (2020): Pflanzenstandsbericht Juli 2020. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 08/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 320

- Fuß, S. (2020): Pflanzenstandsbericht Juni 2020. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 07/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 277
- Fuß, S. (2020): Pflanzenstandsbericht Mai 2020. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 06/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 233
- Kaemmerer, D., Euringer, S. (2020): Das Hopfen-Viroid im Visier. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (BLW), Heft 5/2020, Hrsg.: BBV, 40 - 41
- Kaemmerer, D.; Euringer, S. (2020): Das Hopfen-Viroid im Visier. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (BLW), 1/2020, Bayer. Landw. Wochenblatt, Hrsg.: Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, 40 - 41
- Kammhuber, K. (2020): Ergebnisse von Kontroll- und Nachuntersuchungen für Alphaverträge der Ernte 2019. Hopfen-Rundschau, 08, Hopfen-Rundschau, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 313 - 315
- Kammhuber, K. (2020): Time of harvest and its influence on sulphur compounds of hops. Brewing and Beverage Industry - International, 38, Brauwelt International, Hrsg.: Fachverlag Hans Carl, 86 - 89
- Kammhuber, K. (2020): Wöllmeranalysen der neuen Hüller Zuchtsorten. Brauwelt, 51-52/20, Brauwelt, Hrsg.: Fachverlag Hans Carl, 1384 - 1387
- Lutz, A.; Kammhuber, K., Hainzmaier, M.; Kneidl., J.; Neuhof-Buckl, E.; Petzina, C.; Wyschkon, B. (2020): Bonitierung und Ergebnisse der Deutschen Hopfenausstellung. Hopfen-Rundschau, 15. Nov. 2020 - 71. Jahrgang, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 416 - 419
- Münsterer, J. (2020): Neue LfL-Informationsschrift Trocknung und Konditionierung von Hopfen. Hopfenrundschau International, 2020/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 60 - 61
- Münsterer, J. (2020): Trocknung und Konditionierung von Hopfen. LfL-Information, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
- Obermaier M., Weihrauch F. (2020): Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbau-Praxis über Untersaaten. LfL-Schriftenreihe, 4/2020, Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern Öko-Landbautag 2020, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 119 - 122
- Obermaier, M., Weihrauch, F. (2020): Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbau-Praxis über Untersaaten. Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, 22, Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, 121 - 124
- Portner, J. (2020): Abschlusstreffen der Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz am Bundesforschungsinstitut (JKI) in Berlin-Kleinmachnow. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 03/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 95
- Portner, J. (2020): Ermittlung des Stickstoffdüngedarfs von Hopfen in Bayern. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 04/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 129
- Portner, J. (2020): Hopfen 2020, Hrsg.: LfL
- Portner, J. (2020): Kostenfreie Rücknahme von Pflanzenschutzverpackungen PAMIRA 2020. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 08/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 316
- Portner, J. (2020): Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im Hopfenanbau. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 06/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 213 - 232
- Portner, J. (2020): Leitlinien zum integrierten Pflanzenschutz im Hopfenanbau. Hopfenrundschau International, 2020/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 46 – 54

- Portner, J. (2020): Nährstoffvergleich bis 31. März erstellen! Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 03/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 96
- Portner, J. (2020): Peronosporabekämpfung - Planen Sie Ihren Mitteleinsatz. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 06/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 210
- Portner, J. (2020): Rebenhäcksels baldmöglichst ausbringen! - Sperrfristverschiebung in Bayern bis zum 15. Oktober. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 08/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 317
- Portner, J. (2020): Rebenhäckselsuntersuchung als zusätzliche Anforderung in den "Roten Gebieten"! Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 08/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 318
- Portner, J. (2020): Zwischenfruchteinsatz im Hopfen planen. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 06/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 212
- Portner, J. (2020): Übermittlung von Angaben im Hopfensektor. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 05/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 176 - 177
- Portner, J., Brummer, A. (2020): N_{\min} -Untersuchung 2020 und endgültige N_{\min} -Werte in Bayern. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 05/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 178 - 179
- Portner, J., Kammhuber, K. (2020): Fachkritik zur Moosburger Hopfenbonitierung 2020. Hopfen-Rundschau, 71. Jahrgang, 10/2020, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 384 - 390
- Schlagenhauser, A., Lohr, D. (2020): Umweltgerechte Rückführung der Hopfenrebenehäcksels. Hopfenrundschau International, 2020/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 84 - 87
- Seigner, E., Lutz, A., Kammhuber, K.; König, W. (2020): Aurum – Grünes Gold für klassische Bierstile. Brauwelt Wissen, 46/47, Hrsg.: Fachverlag Hans Carl, 1232 - 1235
- Seigner, E., Doleschel, P. (2020): Nachruf für Ltd. LD a.D. Franz Gmelch. Hopfen-Rundschau, 15. Oktober 2020 - 71. Jahrgang, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer, 409 - 409
- Seigner, E.; Lutz, A. (2020): Der neue Schlepper für die Hüller Hopfenforschung ist da. Hopfen-Rundschau, 04-15. April 2020, 71. Jahrgang, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 150 - 150
- Seigner, E.; Lutz, A. (2020): Zukunftsweisende Züchtungscooperation zwischen Bayern und den Elbe-Saale-Hopfenbauländern - Leistungsstarke, robuste Hüller Hochalphasorten für die Elbe-Saale-Hopfenpflanzer. Hopfenrundschau International, Jahresausgabe 2020/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer, 28 - 31
- Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K.; König, W. (2020): Aurum - Feinwürziger Hüller Aromahopfen der Extraklasse. Hopfenrundschau International, Jahresausgabe 2020/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer, 82 - 83
- Stampfl, J. (2020): Bewässerung und Fertigation von Hopfen. Hopfenrundschau International, 2020/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 92 - 98
- Weihrauch, F. (2020): Rosy rustic moth as a hop pest in the Hallertau: History and current situation. Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, 22, Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, 125 - 128
- Weihrauch, F. (2020): Sind 30 Prozent Öko-Hopfen bis 2030 realistisch? Brauwelt, 160 (33-34), Hrsg.: Fachverlag Hans Carl, 854 - 854
- Weihrauch, F. (2020): Sortenliste 2019 des Internationalen Hopfenbaubüros (IHB). Hopfen-Rundschau, 71(01), Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 18 - 27

9.2.2 LfL-Schriften

Name(n)	Arbeitsgruppe	LfL-Schriften	Titel
Arbeitsbereich Hopfen	IPZ 5	LfL-Information	Jahresbericht 2019 - Sonderkultur Hopfen
Portner, J.	IPZ 5a	LfL-Information	Hopfen 2020 - Grünes Heft
Euringer S.	IPZ 5b	LfL-Information	Hopfen 2020 - Grünes Heft - Pflanzenschutz

9.2.3 Internetbeiträge

Autor(en)	Titel	Zielgruppe
Euringer, S.	Arbeiten zum Citrus Bark Cracking Viroid	Hopfenpflanzerinnen und Hopfenpflanzer
Lutz, K.	Forschungs- und Innovationsprojekt zur <i>Verticillium</i> -Problematik bei Hopfen	Hopfenpflanzer und Hopfenpflanzerinnen
Portner, J.	Aktuelle Hopfenbauhinweise und Warndienst-meldungen	Hopfenpflanzer
Portner, J.	Aktuelles zum Pflanzenschutz und Termine	Hopfenpflanzer
Portner, J.	Veranstaltungen und Hinweise	Hopfenpflanzer
Seigner, E.	Die Hüller Zuchtsorten - Top-Qualität im Aroma- und Alphanbereich	Hopfen- und Brauwirtschaft, alle Hopfeninteressierte
Seigner, E.	Entwicklung von leistungsstarken Hoch-Alpha-Sorten mit besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet	Hopfen- und Brauwirtschaft;
Seigner, E.; Lutz, A.	Aurum – Hüller Grünes Gold für Hopfenpflanzer und Brauer	Hopfen- und Brauwirtschaft
Seigner, E.; Lutz, A.	Die Hochalphasorten Herkules und Polaris	Hopfen- und Brauwirtschaft
Seigner, E.; Lutz, A.	Die neuen, modernen Hüller Aromasorten – Fit für die Zukunft	Hopfen- und Brauwirtschaft, alle, die an Hopfen interessiert sind
Seigner, E.; Lutz, A.	Klassische Aromasorten mit dem Aromaprofil der feinen Landsorten	Hopfen- und Brauwirtschaft, alle, die an Hopfen Interesse zeigen
Seigner, E.; Lutz, A.	Diamant – die neue hochfeine Hüller Aromasorte mit Spalter Mutter	Hopfen- und Brauwirtschaft

9.3 Tagungen, Vorträge, Führungen, Ausstellungen

9.3.1 Durchgeführte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops

Datum	Referent	Veranstaltung	Ort	Zielgruppe
14.01.2020	Münsterer, J.	Seminar "Optimierung der Hopfentrocknung"	Hüll	Hopfenpflanzer
16.01.2020	Münsterer, J.	Seminar "Optimierung der Hopfentrocknung"	Hüll	Hopfenpflanzer
24.01.2020	Münsterer, J.	Seminar "Optimale Konditionierung von Hopfen"	Hüll	Hopfenpflanzer
03.03.2020	Stampfl, J.; Fuß, S.	Grundlagenseminar "Bewässerung"	Hüll	Hopfenpflanzer
03.03.2020	Portner, J.; Schlagenhauer, A.	Seminar "Versuchsergebnisse zur Stickstoff-Düngung"	Hüll	Hopfenpflanzer
18.02.2020	Münsterer, J.	Workshop „Bandrockner“	Hüll	Hopfenpflanzer
28.02.2020	Stampfl, J.; Fuß, S:	Workshop „Bewässerung und Fertigation“	Hüll	Hopfenpflanzer

9.3.2 Besuchte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops IPZ 2020

Datum	Veranstaltung	Ort	Zielgruppe
24.9.2020	Ehrung der Preisträger der Moosburger Hopfenbonitierung	Moosburg	Preisträger und Gäste

9.3.3 Durchgeführte interne Veranstaltungen

Datum	Titel	Veranstaltungstyp	Ort
14.01.2020	Seminar "Optimierung der Hopfentrocknung"	Seminar	Hüll
16.01.2020	Seminar "Optimierung der Hopfentrocknung"	Seminar	Hüll
24.01.2020	Seminar "Optimale Konditionierung von Hopfen"	Seminar	Hüll
29.01.2020	Projekttreffen N-Dynamik im Hopfen	Arbeitsgruppensitzung	Wolnzach
04.02.2020	Auswertungen zu Trocknungsleistung, Energieverbrauch und Rebenhäckseluntersuchungen	Arbeitsgruppensitzung	Haunsbach
17.02.2020	Tischgespräch Hopfen	Arbeitsgruppensitzung	Wolnzach
18.02.2020	Workshop "Bandrockner"	Workshop	Hüll
28.02.2020	Workshop "Bewässerung und Fertigation"	Workshop	Hüll
03.03.2020	Grundlagenseminar "Bewässerung"	Seminar	Hüll
03.03.2020	Seminar "Versuchsergebnisse zur Stickstoff-Düngung"	Seminar	Hüll
04.03.2020	Besprechung "Grünes Heft"	Arbeitsgruppensitzung	Hüll
05.03.2020	Aktuelles und Neuerungen beim Pflanzenschutz	Arbeitsgruppensitzung	Mitterstetten
18.08.2020	Aktuelles im Hopfenbau	Arbeitsgruppensitzung	Oberpindhart
23.09.2020	Hopfenbonitierung Moosburg	Arbeitsgruppensitzung	Moosburg

9.3.4 Aus-, Fort- und Weiterbildung

Datum	Veranstaltung/Ansprechpartner	Maßnahmentyp	Ort	Zielgruppe
22.01.2020	Ablegen des mündlichen Teils der Meisterprüfung Euringer, S.	Abschlussprüfung	Hüll	Landwirte
30.01.2020	Umgang mit dem CBCVd bei der Beratung im Hopfengarten Euringer, S.	Sonstige Fortbildung	Hüll	Sonstige
18.06.2020	Schulung zum Vorgehen und zur korrekten Probenahme beim CBCVd-Monitoring Euringer, S.	Sonstige Fortbildung	Hüll	Sonstige
19.06.2020	Schulung zum Vorgehen und zur korrekten Probenahme beim CBCVd-Monitoring Euringer, S.	Sonstige Fortbildung	Hüll	Sonstige
17.11.2020	Fortbildung Hopfen - Doemens World Brewing Academy Lutz, A.	Sonstige Fortbildung	Hüll	Hochschüler

9.3.5 Gutachten und Stellungnahmen

Datum	Bearbeiter	Titel	Auftraggeber
29.04.2020	Doleschel, P.	Pflanzenzüchtungsforschung an der LfL	LfL
22.01.2020	Euringer, S.	Einschätzung bez. des Produktes Revus & Revus Top zu Pflanzenkrankheiten im Hopfenbau in der Saison 2019	AELF
10.02.2020	Euringer, S.	Begleitschreiben Art. 53 Hopfenblattlaus – Movento SC 100	Verband deutscher Hopfenpflanzer e.V.
02.03.2020	Euringer, S.	Begleitschreiben Art. 53 Bodenschädlinge - Exirel	Verband deutscher Hopfenpflanzer e.V.
08.04.2020	Euringer, S.	Gefahr der Verbreitung des Citrus Bark Cracking Viroid mit Hopfenrebenhäcksel bzw. Gärresten	StMELF
12.05.2020	Offenberger, K.; Portner, J	Ergebnisse zum Forschungsprojekt – Kompostierung und Verwertung von Hopfenrebenhäckseln	StMELF
23.04.2020	Portner, J.	EU-Erntebericht Hopfen 2019	BMEL und StMELF
29.05.2020	Portner, J.	Stellungnahme zum Bewässerungsbedarf von Hopfen	AELF
24.06.2020	Portner, J.	Einsatz von Kalkstickstoff im Hopfen	StMELF
11.09.2020	Portner, J.	Einsatzes von Kupferpräparaten beim Pflanzenschutz im konventionellen Hopfenanbau	StMELF
11.09.2020	Portner, J.	Fragebogen zu den relevanten Nachfolgetätigkeiten in der Kultur Hopfen	BVL
16.04.2020	Seigner, E.	Peer review	Czech Journal of Genetics and Plant Breeding

Datum	Bearbeiter	Titel	Auftraggeber
20.05.2020	Seigner, E.	Peer Review	Czech Academy of Agricultural Sciences
16.09.2020	Seigner, E.	Peer review	BrewingScience
22.10.2020	Seigner, E.	Peer review	Journal BrewingScience
13.01.2020	Weihrauch, F.	Begutachtung von Tagungsbeiträgen	International Society for Horticultural Science
29.01.2020	Weihrauch, F.	Betreuung, Begutachtung und Benotung einer Masterarbeit	TUM
26.02.2020	Weihrauch, F.	Stellungnahme zu Notfalantrag nach §53	BVL
04.08.2020	Weihrauch, F.	Peer review	Zeitschrift Plant, Soil and Environment
12.08.2020	Weihrauch, F.	Peer review	International Society for Horticultural Science
06.11.2020	Weihrauch, F.	Peer review	International Society for Horticultural Science
09.11.2020	Weihrauch, F.	Peer review	International Society for Horticultural Science
26.11.2020	Weihrauch, F.	Stellungnahme zur Flächenstruktur des Hopfenanbaugebietes Hallertau	Verband Deutscher Hopfenpflanzer
14.10.2020	Weihrauch, F.; Obermaier, M.	Peer review	Journal 'Arthropod-Plant Interactions'
18.12.2020	Weihrauch, F.; Obermaier, M.	Peer Review	Journal 'Environmental Entomology'

9.3.6 Fachinformationen

Euringer, S., Lutz, K.: 'Arbeiten zum Citrus Bark Cracking Viroid' (Internet-Beitrag)

Lutz, K., Euringer, S.; Seigner, E.: 'Forschungs- und Innovationsprojekt zur *Verticillium*-Problematik bei Hopfen' (Internet-Beitrag)

Portner, J.: 'Aktuelle Hopfenbauhinweise und Warndienstmeldungen', Wolnzach (Internet-Beitrag)

Portner, J.: 'Aktuelles zum Pflanzenschutz und Termine', Wolnzach, 06.08.2020 (Internet-Beitrag)

Portner, J.: 'Veranstaltungen und Hinweise', Wolnzach, 24.11.2020 (Internet-Beitrag)

Seigner, E., Lutz, A.: 'Die Hüller Zuchtsorten - Top-Qualität im Aroma- und Alphasäurebereich' (Internet-Beitrag)

Seigner, E., Lutz, A.: 'Entwicklung von leistungsstarken Hoch-Alpha-Sorten mit besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet' (Internet-Beitrag)

Seigner, E., Lutz, A.: 'Entwicklung von leistungsstarken, gesunden Hopfen mit hohen Alphasäuregehalten und besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet - 4. Sachbericht' (Projekt-Zwischenbericht)

Seigner, E.: 'Kompetenz der LfL-Hopfenzüchtung in allen deutschen Hopfenanbaugebieten gefragt', 17.06.2020 (MAP-Beitrag)

Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K.: 'Die Hochalphasorten Herkules und Polaris' (Internet-Beitrag)

Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K.: 'Die neuen, modernen Hüller Aromasorten – Fit für die Zukunft' (Internet-Beitrag)

Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K.: 'Klassische Aromasorten mit dem Aromaprofil der feinen Landsorten' (Internet-Beitrag)

Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K.: 'Diamant – die neue hochfeine Hüller Aromasorte mit Spalter Mutter' (Internet-Beitrag)

Seigner, E.; Lutz, A.: 'Aurum – Hüller Grünes Gold für Hopfenpflanzer und Brauer' (Internet-Beitrag)

9.3.7 Vorträge

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Doleschel, P.	Aktuelles aus der Hopfenforschung	LKP-HR	Mitglieder und Beschäftigte des Hopfenrings, Berater, Vertreter der Gebietskörperschaften	Aiglsbach, 17.03.2020
Doleschel, P.	Überblick über das Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung	LfL	Anwärter, Referendare	WebEx, 14.07.2020
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau	Umweltbundesamt (UBA)	Mitarbeiter des Umweltbundesamtes (UBA)	Berlin, 28.01.2020
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2020	BayWa Bruckbach	Berater und Mitarbeiter der Lagerhäuser	Bruckbach, 29.01.2020
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2020	LfL + AELF Roth	Hopfenpflanzer	Hedersdorf, 05.02.2020
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2020	LfL + AELF Roth	Hopfenpflanzer	Spalt, 05.02.2020
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2020	LfL + AELF PAF	Hopfenpflanzer	Unterpindhart, 06.02.2020
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2020	LfL + AELF AB	Hopfenpflanzer	Marching, 07.02.2020
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2020	LfL + AELF Erding	Hopfenpflanzer	Osseltshausen, 10.02.2020
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2020	LfL + AELF Landshut	Hopfenpflanzer	Oberhatzkofen, 11.02.2020
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2020	LfL + AELF PAF	Hopfenpflanzer	Lindach, 12.02.2020
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2020	LfL + AELF AB	Hopfenpflanzer	Mainburg, 12.02.2020
Euringer, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau 2020	LfL + AELF AB	Hopfenpflanzer	Biburg, 20.02.2020
Euringer, S.	Allgemeine Informationen zum Pflanzenschutz im Hopfenbau	BMEL	Mitarbeiter des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft	Online-Veranstaltung, 26.03.2020

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Euringer, S.	Aktuelles zum Citrus Bark Cracking Viroid (CBCVd)	Deutscher Brauer-Bund	Agrarausschuss des Deutschen Brauer-Bundes	Wolnzach, 01.09.2020
Euringer, S.	Hopfenblockwoche: <i>Verticillium</i>	AELF	Schüler des 1. Semesters der Winterschule Pfaffenhofen a.d. Ilm	Pfaffenhofen an der Ilm, 16.10.2020
Euringer, S.	Hopfenblockwoche: Virose und Viroide	AELF	Schüler des 1. Semesters der Winterschule Pfaffenhofen a.d. Ilm	Pfaffenhofen an der Ilm, 16.10.2020
Euringer, S.	aktuelle Pflanzenschutzmittel-Situation in Deutschland	LfL	Mitglieder der Commodity Expert Group (CEG)	Online-Veranstaltung, 04.11.2020
Euringer, S.	Bewertung des Citrus Bark Cracking Viroids (CBCVd)	LfL	RNQP-Hopfen	Online-Veranstaltung, 25.11.2020
Euringer, S.	Bericht aus dem Forschungsprojekt zur <i>Verticillium</i> -Welke an Hopfen	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	GfH-Vorstand-schaft	Hüll, 02.12.2020
Euringer, S.; Seigner, L.; Seigner, E., Mühlbauer, M.	Gesundes Pflanzgut für den deutschen Hopfenbau	Gesellschaft für Hopfenforschung	Mitglieder des Techn.-Wissenschaftlichen Ausschusses der Gesellschaft für Hopfenforschung	Wolnzach, 21.10.2020
Fuß, S., Stampfl, J.	Bewässerung und Fertigation	LfL	Hopfenpflanzer	Hüll, 28.02.2020
Fuß, S., Stampfl, J.	Grundlagenseminar Bewässerung	LfL	Hopfenpflanzer	Hüll, 03.03.2020
Kammhuber, K.	Isolierung, Identifikation und Analytik von Multifidolen in Hopfen	GfH	GfH Vorstand-schaft	Hüll, 02.12.2020
Lutz, A.	Hüller Zuchtstämme und Sorten vor der Ernte	LfL	Hopfenring	Zuchtgarten Stadelhof, 17.08.2020
Lutz, A., Euringer, S.; Kämmerer, D.	Information zum CBCVd-Monitoring in Bayern	Ministerium für Ländl. Raum und Verbraucherschutz, Baden-Württemberg	Hopfenexperten der Dienstbesprechung Hopfen des Ministeriums für Ländlichen Raum, Baden-Württemberg	Straß, Tettngang, 19.08.2020
Lutz, A., Kneidl, J.; Ismann, D.; Seigner, E.; Stampfl, J.; Schlagenhauer, A.	Züchtungsfortschritt: Low input - high output	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	GfH-Vorstand-schaft	Hüll, 02.12.2020

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Lutz, A., Seigner, E.	Züchtungsfortschritt: Klimatoleranz und Mehltauresistenz	Gesellschaft für Hopfen- forschung (GfH)	Mitglieder des Techn.-Wissen- schaftlichen Ausschusses der Gesellschaft für Hopfenforschung	Wolnzach, 21.10.2020
Lutz, A., Seigner, E.; Kneidl, J.; Ismann, D.; Stampfl, J.; Schlagenhauser, A.	Züchtungsfortschritt: Low Input - High Out- put	IPZ 5	Arbeitsgruppen Hopfen	Hüll, 14.12.2020
Münsterer, J.	Steuerung der Trock- nungsleistung bei Erzielung optimaler Qualität	HVG Spalt	Hopfenpflanzer aus dem Anbau- gebiet Spalt	Spalt, 09.01.2020
Münsterer, J.	Optimierung der Hopfentrocknung	LfL	Hopfenpflanzer aus dem Anbau- gebiet Hallertau	Hüll, 14.01.2020
Münsterer, J.	Optimierung der Hopfentrocknung	LfL	Hopfenpflanzer aus dem Anbau- gebiet Hallertau	Hüll, 16.01.2020
Münsterer, J.	Optimale Konditionie- rung von Hopfen	LfL	Hopfenpflanzer aus dem Anbau- gebiet Hallertau	Hüll, 24.01.2020
Münsterer, J.	Neue Erkenntnisse bei der Hopfentrocknung	LfL	Mitglieder des Arbeitskreises Hopfen	Haunsbach, 04.02.2020
Obermaier M., Weihrauch F.	Etablierung von Raub- milben in der Hopfenbaupraxis über Untersaaten	LfL	Landwirte, Wissenschaftler, Verbandsvertreter des ökologischen Landbaus	Freising / online, 27.10.2020
Obermaier, M., Weihrauch, F.	Etablierung von Raub- milben in der Hopfenbaupraxis über Untersaaten	Bioland e.V.	Bio Hopfenbau- ern, Verbands- berater	Kloster Plank- stetten, 04.02.2020
Obermaier, M., Weihrauch, F.	Untersaaten im Hopfen zur Etablierung von Raubmilben	LfL	Bio-Hopfen- pflanzer aus Deutschland, Österreich und Frankreich, Ver- treter des Hopfen- handels	Sallingberg, 21.07.2020
Obster R.; Euringer, S.	Versuchsdesign AMP Hüll	LfL	BASF, Video- konferenz	30.09.2020
Obster, R.; Euringer, S.	Amtliche Mittelprüfung 2020	LfL	LfL-Mitarbeiter	14.12.2020
Obster, R.; Euringer, S.; Kaindl, K.	Trial design using the example of our „pow- dery mildew trial 2020“	LfL	CEG Mitglieder	Online Meeting, 04.11.2020

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Portner, J.	Aktuelles zur Düngeverordnung	BayWa Bruckbach	Mitarbeiter der BayWa und Hopfenberater	Bruckbach, 29.01.2020
Portner, J.	Auswertung von Trocknungsleistung und Energieverbrauch	LfL	Arbeitskreismitglieder	Haunsbach, 04.02.2020
Portner, J.	Erfahrungsbericht zur Düngeverordnung	LfL u. AELF Roth	Hopfenpflanzer	Hedersdorf, 05.02.2020
Portner, J.	Erfahrungsbericht zur Düngeverordnung	LfL u. AELF Roth	Hopfenpflanzer	Spalt, 05.02.2020
Portner, J.	Fachkritik Hopfen	Stadt Moosburg	Preisträger und Gäste der Moosburger Hopfenbonitierung	Moosburg, 24.09.2020
Portner, J.	Stand der Forschungsprojekte von IPZ 5a und aktuelle Themen	GfH	Vorstand der GfH	Hüll, 02.12.2020
Schlagenhauser, A.	Neueste Erkenntnisse zur Lagerung, Ausbringung und Düngewirkung von Rebenhäcksel	BayWa Bruckbach	Berater und Mitarbeiter der Lagerhäuser	BayWa Bruckbach, 29.01.2020
Schlagenhauser, A.	Neueste Erkenntnisse zur Lagerung, Ausbringung und Düngewirkung von Rebenhäcksel	LfL u. AELF Abensberg	Hopfenpflanzer	Biburg, 03.02.2020
Schlagenhauser, A.	Neueste Erkenntnisse zur Lagerung, Ausbringung und Düngewirkung von Rebenhäcksel	LfL u. AELF Roth	Hopfenpflanzer	Spalt, 05.02.2020
Schlagenhauser, A.	Neueste Erkenntnisse zur Lagerung, Ausbringung und Düngewirkung von Rebenhäcksel	LfL u. AELF Roth	Hopfenplanzer	Hedersdorf, 05.02.2020
Schlagenhauser, A.	Neueste Erkenntnisse zur Lagerung, Ausbringung und Düngewirkung von Rebenhäcksel	LfL u. AELF Pfaffenhofen	Hopfenpflanzer	Unterpindhart, 06.02.2020
Schlagenhauser, A.	Neueste Erkenntnisse zur Lagerung, Ausbringung und Düngewirkung von Rebenhäcksel	LfL u. AELF Abensberg	Hopfenpflanzer	Marching, 07.02.2020
Schlagenhauser, A.	Neueste Erkenntnisse zur Lagerung, Ausbringung und Düngewirkung von Rebenhäcksel	LfL u. AELF Erding	Hopfenpflanzer	Osseltshausen, 10.02.2020
Schlagenhauser, A.	Neueste Erkenntnisse zur Lagerung, Ausbringung und Düngewirkung von Rebenhäcksel	LfL u. AELF Landshut	Hopfenpflanzer	Oberhatzkofen, 11.02.2020
Schlagenhauser, A.	Neueste Erkenntnisse zur Lagerung, Ausbringung und Düngewirkung von Rebenhäcksel	LfL u. AELF Abensberg	Hopfenpflanzer	Mainburg, 12.02.2020

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Schlagenhauser, A.	Neueste Erkenntnisse zur Lagerung, Ausbringung und Düngewirkung von Rebenhäcksel	LfL u. AELF Pfaffenhofen	Hopfenpflanzer	Lindach, 12.02.2020
Schlagenhauser, A.	Forschungsprojekt zur Lagerung, Ausbringung und Düngewirkung von Hopfenrebenhäcksel	Gesellschaft für Hopfenforschung	Mitglieder des technisch wissenschaftlichen Ausschusses der Gesellschaft für Hopfenforschung	Wolnzach, Hopfenmuseum, 21.10.2020
Schlagenhauser, A.	Überblick aus den Forschungsprojekten: N-Dynamik in Hopfenböden und Kompostierung von Hopfenrebenhäcksel	LfL	IPZ 5	Wolnzach, Haus des Hopfens, 14.12.2020
Schlagenhauser, A. Stampfl, J.	Versuchsergebnisse zur N-Düngung im Hopfen	LfL	Hopfenpflanzer	Hüll, 03.03.2020
Schlagenhauser, A., Stampfl, J.	Versuchsergebnisse zur N-Düngung im Hopfen	LfL	Hopfenpflanzer	Hüll, 12.03.2020
Seigner, E.	Forschung und Arbeiten zur <i>Verticillium</i> -Welke bei Hopfen	Hopfenwertungsgenossenschaft HVG	HVG-Aufsichtsrat	Wolnzach, 11.11.2020
Seigner, E.	Forschung zur <i>Verticillium</i> -Welke bei Hopfen	LfL	Arbeitsbereich Hopfen	Wolnzach, 14.12.2020
Seigner, E., Doleschel, P.; Portner, J.; Euringer, S.; Lutz, A.; Kammhuber, K.; Weihrauch, F.	Hopfenforschung der LfL	Gesellschaft für Hopfenforschung	Hopfenblogger	Hüll, 11.09.2020
Seigner, E., Doleschel, P.; Portner, J.; Stampfl, J.; Euringer, S.; Lutz, K.; Lutz, A.; Kammhuber, K.; Weihrauch, F.; Obermeier, M.	Versuchs- und Forschungstätigkeit des LfL-Arbeitsbereichs Hopfen im Jahr 2020	Deutscher Brauer-Bund	Agrarausschuss des Deutschen Brauer-Bundes	Wolnzach, 01.09.2020
Seigner, E., Lutz, A.	Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettninger	Ministerium für Ländlichen Raum, Baden-Württemberg	Ministerium für Ländlichen Raum, Baden-Württemberg Hopfenpflanzerverband Tettning	Stuttgart, 17.02.2020

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Seigner, E., Lutz, A.; Kammhuber, K.; Albrecht, T.; Mohler, V.	Genombasierte Präzisionszüchtung für Qualitätshopfen	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	GfH-Vorstand-schaft	Hüll, 02.12.2020
Seigner, E., Lutz, A.	Aktueller Stand der Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettninger	Ministeriums für Ländl. Raum und Verbraucherschutz, Baden-Württemberg	Teilnehmer der Dienstbesprechung Hopfen des Ministeriums für Ländl. Raum, Baden-Württemberg	Straß, Tettngang, 19.08.2020
Weihrauch, F.	Pflanzenschutz im Ökologischen Hopfenbau	Beiselen GmbH	Mitarbeiter des Landhandels	Hebrontshausen, 31.01.2020
Weihrauch, F.	Neue Wege des konventionellen Pflanzenschutzes im Hopfenbau - alles Bio?	BarthHaas	Hopfenpflanzer, Hopfenhandel	Mainburg, 14.02.2020
Weihrauch, F.	Antrag auf Fortsetzung der Finanzierung eines Forschungsvorhabens zum Thema ‚Hopfen und Biodiversität‘ bis 2023	HVG	Aufsichtsrat der Erzeugergemeinschaft HVG e.G.	Wolnzach, 25.08.2020
Weihrauch, F.	Förderinitiative Pestizide: Antrag auf Förderung eines Forschungsvorhabens	Deutsche Bundesstiftung Umwelt	Gutachtergremium der DBU	Osnabrück / online, 27.08.2020
Weihrauch, F.	Vorstellung Kupfer-Monitoring der Verbände: Sparte Hopfen	BÖLW & JKI	Wissenschaftler, Pflanzenschutzdienste, Berater und Pflanzenschutzfirmen mit Interesse am Ökologischen Landbau	Berlin / online, 25.11.2020
Weihrauch, F.	Fortsetzung eines Forschungsvorhabens zum Thema ‚Hopfen und Artenvielfalt‘ bis 2023: Konzept der Biodiversitätskulisse Eichelberg	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	Vorstand der GfH	Hüll, 02.12.2020
Weihrauch, F., Obermaier, M.	Kupferminimierung im Hopfen: Ergebnisse aus Versuchen 2019	Bioland e.V.	Bio-Hopfenbauern, Verbandsberater	Kloster Plankstetten, 4.2.2020
Weihrauch, F., Obermaier, M.	Förderantrag: Minimierung des Einsatzes kupferhaltiger Fungizide im ökologischen und integrierten Hopfenbau	HVG	Aufsichtsrat der Erzeugergemeinschaft HVG e.G.	Wolnzach, 25.08.2020

9.3.8 Praktika

Thema	Betreuer	Praktikanten- tentyp	Beginn	Ende
Forschung rund um den Hopfen	Kammhuber, K.	Schüler(in)	21.09.2020	12.02.2021
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	Schüler(in)	16.03.2020	10.07.2020
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	Schüler(in)	18.02.2020	10.07.2020
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	Schüler(in)	15.06.2020	19.06.2020

9.3.9 Führungen

Datum	Name	Thema/ Titel	Gäste	TZ
18.09.2020	Doleschel, P. Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenbau und -ernte	Teamassistentinnen	2
20.08.2020	Lutz, A.	Ernte 2020 - optimale Erntezeit der Sorten	ISO Hopfenbetriebe	50
28.09.2020	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung und Sorten	BarthHaas Group und Brauer	5
04.08.2020	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Bierverkostung	Forschungsgruppe der TUM, Dr. Remco Stam	7
24.08.2020	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenbau	CBCVd-Monitoring Gruppe	25
27.08.2020	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfensorten	TUM, Versuchsbrauerei	10
23.07.2020	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Pflanzenbau	Biohopfenpflanzer	30
17.01.2020	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, neue Sorten	BayWa - Evergrain Gerstenzüchter	3
22.01.2020	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Züchtung von Sorten, Aromavielfalt der Sorten	Naturfreunde Pfaffenhofen	40
13.01.2020	Lutz, A.	LfL-Hopfenforschung, Hopfenzüchtung und -produktion	Studenten - Landwirtschaftsschule	10
15.09.2020	Lutz, A. Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenbau, Hopfenernte, Bierverkostung	LfL, Sachgebiet Personal	5
16.06.2020	Lutz, A. Seigner, E.	Hopfenzüchtung der LfL	BayWa	4

Datum	Name	Thema/ Titel	Gäste	TZ
15.05.2020	Münsterer, J. Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Sorten, Hopfenbau	Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen	9
09.09.2020	Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfensorten, Hopfen- analytik, Hopfenbau, Pflanzenschutz, Ökol. Fragen	Kalsec und Brauerei Hopfen- hacker	9
26.08.2020	Seigner, E.	hop research of the LfL, hop breeding, hop cultivars	Suntory, Hopfenverwertungsgenossenschaft	3
05.02.2020	Seigner, E. Kammhuber, K. Weihrauch, F.	Hopfenforschung der LfL, Züchtung neuer Sorten, Hopfenproduktion, Hopfenanalytik, Ökologische Fragen zum Hopfenanbau	Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe	16
11.09.2020	Seigner, E. Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfenaromabewertung	Hopfenblogger	20
16.06.2020	Seigner, E. Lutz, A. Kammhuber, K.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfen- bau, Hopfenanalytik	Lutz-Stipendiat der Stadt Pfaffen- hofen	1
09.07.2020	Weihrauch, F.	Biologischer Pflanzen- schutz im Hopfen, Öko-Hopfenbau	Koppert Biological Systems	3
09.09.2020	Weihrauch, F.	Biologischer Pflanzen- schutz im Hopfen, Öko-Hopfenbau, Versuchsernte	Brauwissenschaftler Univ. Edin- burgh	1

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 2020 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 Schlagenhauser

M.Sc. Johannes Stampfl

IPZ 5b

AG Pflanzenschutz im Hopfenbau

Leitung: Simon Euringer

Anna Baumgartner

Maria Felsl

Korbinian Kaindl

Kathrin Lutz

Marlene Mühlbauer

Regina Obster (ab 01.04.2020)

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
Stephan Gast (ab 01.03.2020)
CTA Petra Hager
LTA Brigitte Haugg
Maximilian Heindl
Elfriede Hock (bis 30.09.2020)
Agr.-Techn. Daniel Ismann
LTA Jutta Kneidl
LAR Anton Lutz
Katja Merkl
Sonja Ostermeier
Ursula Pflügl
Andreas Roßmeier

IPZ 5d

AG Hopfenqualität und -analytik

Leitung: RD Dr. Klaus Kamhuber

MTLA Magdalena Hainzlmaier
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