



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

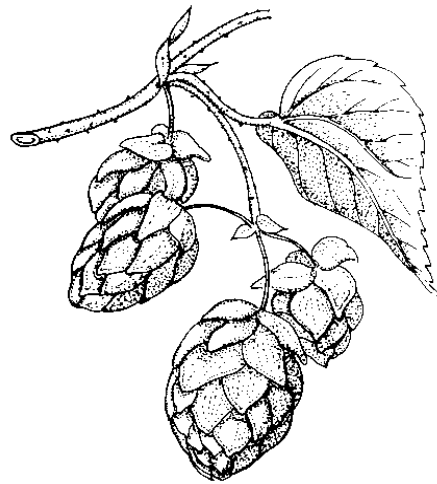


Wir forschen Hopfen

Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.

Jahresbericht 2021

Sonderkultur Hopfen



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

- Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung -
und

Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.

März 2022



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 81 61/86 40 23 00

1. Auflage: März 2022

Druck: Logo! Design und mehr..., 84307 Eggenfelden

Schutzgebühr: 15,00 Euro

© LfL, alle Rechte beim Herausgeber



Jahresbericht 2021
Sonderkultur Hopfen

Vorwort

Auch im Jahr 2021 war Corona noch ein großes Thema. Die δ -Variante wurde durch die Omikron-Variante abgelöst, die viel ansteckender war, aber leichtere Krankheitsverläufe zeigte. Corona könnte wie Grippe in eine normale Infektionskrankheit übergehen, was wieder ein freieres Leben mit Volksfesten und anderen Veranstaltungen zulassen würde. Zwei weitere große Herausforderungen, die für das Leben der Menschheit essenziell sind und auch für den Hopfenanbau große Bedeutung haben sind die Eindämmung des Klimawandels und der Erhalt der Biodiversität. Beide Aufgaben können nur durch eine nachhaltigere, ressourcenschonendere und ökologischere Lebensweise in allen Bereichen gelöst werden, wobei auch der Hopfenanbau seinen Beitrag leisten muss. Der Mensch hat nicht nur die Aufgabe die Natur zu nutzen, sondern auch die Pflicht sie zu erhalten.

„Gott, der Herr, nahm also den Menschen und setzte ihn in den Garten von Eden, damit er ihn bebaue und hüte!“ (Gen 2,15).

Die Hopfenforschung ist in all diesen Bereichen gut aufgestellt. Zunächst ist die Züchtung gefordert, stresstolerantere Sorten zu züchten, die extremen Wetterbedingungen wie Hitze, Trockenheit als auch Nässe widerstehen, stabile Erträge und alpha-Säuregehalte kombiniert mit hoher Brauqualität garantieren können. Die neueren Hüller Züchtungen sind hier schon als großer Erfolg zu bewerten.

Die Arbeitsgruppe IPZ 5a arbeitet daran mit Fertigation gezielter, bedarfsgerechter und effizienter zu düngen und die Nährstoffe besser auszunutzen. Die Belastung des Trinkwassers mit Nitrat durch die Landwirtschaft ist ein umstrittenes Thema. Durch die Untersuchung der Stickstoffdynamik in Hopfenböden und Versuche zur Kompostierung und Verwertung von Rebenhäcksel sollen wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Die Optimierung der Trocknung spart sowohl viel Heizöl und stellt auch die Qualität des Hopfens sicher. Dies bedeutet eine Reduzierung des Treibhausgases CO₂ und gleichzeitig eine Kostenersparnis für den Pflanzler.

Mit dem „Green Deal“ der EU soll bis 2050 der Einsatz von Pflanzenschutzmittel auf 50 % reduziert werden, was für den Pflanzenschutz im Hopfen eine große Herausforderung und Anstrengung verlangt. Im Anbaujahr 2021 wurde in der Hallertau erneut ein CBCVd-Monitoring durchgeführt. Im Monitoring 2021 wurde CBCVd in 3 neuen Betrieben nachgewiesen, womit die Anzahl der betroffenen Betriebe auf 10 ansteigt.

In der Arbeitsgruppe IPZ 5e werden einige wichtige Projekte bearbeitet, die zur Entwicklung und Förderung der Biodiversität und Ökologie im Hopfenbau beitragen. In einem neuen großen Projekt soll auch die natürliche induzierte Resistenz gegen Spinnmilben erforscht werden.

Der folgende Jahresbericht stellt die Aktivitäten der Hopfenforschung in Hüll umfassend dar. Die erfolgreiche Hopfenforschung ist das Ergebnis der Arbeit fleißiger, engagierter und kreativer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Ihnen sei an dieser Stelle herzlichst gedankt.

Dr. Michael Möller
Vorsitzender des Vorstandes
der Gesellschaft für Hopfenforschung

Dr. Peter Doleschel
Leiter des Instituts für
Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

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 2021	16
2.1	Witterung und Wachstumsverlauf.....	16
2.2	Situation bei Krankheits- und Schädlingsbefall	17
2.3	Besonderheiten 2021	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	22
3.4	IPZ 5d – Hopfenqualität und –analytik	23
3.5	IPZ 5e – Ökologische Fragen des Hopfenbaus	24
4	Hopfenbau, Produktionstechnik.....	25
4.1	N _{min} -Untersuchung 2021	25
4.2	Zusammenfassung der Forschungsarbeiten zu „Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen“	26
4.3	Stickstoffdynamik in Hopfenböden bei unterschiedlichen Boden- arten und Düngesystemen (ID 6054)	28
4.4	Versuche zur Kompostierung und Verwertung von Hopfenrebenhäcksel zur Optimierung der Nährstoffeffizienz des organisch gebundenen Stickstoffs (ID 6239).....	32
4.5	Eignung verschiedener laubvolumen- und laubwandflächen-bezogener Pflanzenschutzdosiermodelle im Hopfenbau (Bachelorarbeit Tobias Berger).....	38
4.6	LfL-Projekte im Rahmen der Produktions- und Qualitätsinitiative	42
4.6.1	TS- und Alphasäurenmonitoring.....	42
4.6.2	Jährliche Erhebung und Untersuchung des Schädlingsbefalls in repräsentativen Hopfengärten in Bayern	45
4.6.3	Chlorophyllmessungen an Hopfenblättern zur Einschätzung der Stickstoff- versorgung und des Düngebedarfs	46

4.6.4	Ringanalysen zur Qualitätssicherung bei der Alphasäurenbestimmung für Hopfenlieferverträge	48
4.7	Beratungs- und Schulungstätigkeit.....	48
4.7.1	Informationen in schriftlicher Form.....	48
4.7.2	Internet und Intranet	49
4.7.3	Telefonberatung, Ansagedienste	49
4.7.4	Vorträge, Tagungen, Führungen, Schulungen und Versammlungen	49
4.7.5	Aus- und Fortbildung	49
5	Pflanzenschutz im Hopfen	50
5.1	Schädlinge und Krankheiten des Hopfens.....	50
5.1.1	Peronospora Warndienst 2021	50
5.1.2	Zuflug der Aphisfliege 2021	51
5.2	Amtliche Mittelprüfung.....	52
5.3	Einführung der Versuchssoftware ARM (Agriculture Research Management).....	53
5.4	Anlage eines Versuchsgartens für Wirksamkeitsversuche von Pflanzenschutzmitteln	53
5.5	Anschaffung von Wetterstationen.....	53
5.6	Automatische Blattlauszählung via APP.....	53
5.7	Resistenz- und Wirksamkeitstests gegen die Hopfen-Blattlaus im Sprühturm.....	54
5.8	Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) zur Identifizierung von Hopfenmosaikvirus (HpMV) und Apfelmosaikvirus (ApMV) Infektionen an Hopfen	54
5.9	Monitoring der im Frühjahr 2021 verstärkt aufgetretenen Virosen	55
5.10	Erdbeeren als Zeigerpflanzen für den Echten Mehltau (<i>Sphaerotheca macularis</i>).....	56
5.11	Fehlaromen durch den Einsatz von Schwefelpräparaten zum Schutz des Hopfens gegen den Echten Mehltau.....	57
5.12	Hopfenputzen: Herbizideinsatz vermindern durch Essig?	59
5.13	GfH-Projekt zur <i>Verticillium</i> -Forschung	63
5.14	Fernerkundungen in Hopfen mittels UAV	66
5.15	CBCVd-Monitoring 2021	70
6	Züchtungsforschung Hopfen	72
6.1	Kreuzungen 2021	72
6.2	Tango – mit Klimatoleranz und Nachhaltigkeit in die Zukunft	72

6.3	Entwicklung von leistungsstarken, gesunden Hopfen mit hohen Alphasäuregehalten und besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet	79
6.4	Blatt-Testsystem zur Beurteilung der Toleranz von Hopfen gegenüber Falschem Mehltau (<i>Pseudoperonospora humuli</i>)	84
6.5	Forschung und Arbeiten zur <i>Verticillium</i> -Problematik bei Hopfen - Molekularer Nachweis von <i>Verticillium</i> direkt aus der Rebe über Realtime-PCR.....	87
6.6	Meristemkultur zur Erzeugung von gesundem Pflanzgut	91
7	Hopfenqualität und –analytik	93
7.1	Allgemeines.....	93
7.2	Welche Ansprüche bezüglich seiner Inhaltsstoffe soll der Hopfen in Zukunft erfüllen?	94
7.2.1	Anforderungen der Brauindustrie.....	94
7.2.2	Alternative Anwendungsmöglichkeiten	96
7.3	Die Polyphenole des Hopfens	97
7.3.1	Phenolische Carbonsäuren	98
7.3.2	Catechine (Flavanole)	99
7.3.3	Tannine.....	100
7.3.4	Analytik.....	100
7.3.5	Isolierung, Identifikation und Analytik von Multifidolen in Hopfen.....	103
7.3.6	Die Bedeutung der Polyphenole für das Bier und die Gesundheit.....	107
7.4	Welthopfensortiment (Ernte 2020).....	109
7.5	Qualitätssicherung bei der alpha-Säurenanalytik für Hopfen-lieferungsverträge.....	114
7.5.1	Ringanalysen zur Ernte 2021	114
7.5.2	Auswertung von Kontrolluntersuchungen	117
7.5.3	Nachuntersuchungen der Ernte 2021	118
7.6	Untersuchungen zur Biogenese der Bitterstoffe und Öle von neuen Zuchtstämmen	120
7.7	Entwicklung von NIRS-Kalibrierungen auf Basis von Konduktometer- und HPLC-Daten mit dem neuen Nahinfrarot-Reflektions-Spektroskopie-Gerät	122
7.8	Alpha-Säuren-Stabilität der neuen Hüller Zuchtsorten gegenüber Jahrgangsschwankungen	124
7.9	Kontrolle der Sortenechtheit im Jahr 2021	125
8	Ökologische Fragen des Hopfenbaus.....	126

8.1	Minimierung des Einsatzes kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen und integrierten Hopfenbau	126
8.2	Weiterentwicklung kulturspezifischer Strategien für den ökologischen Pflanzenschutz mit Hilfe von Sparten-Netzwerken – Sparte Hopfen	127
8.3	Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau	129
8.4	Entwicklung einer technischen Möglichkeit zur Raubmilben- ausbringung	132
8.5	Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbau-Praxis über Untersaaten	135
8.6	Induzierte Resistenz gegen Spinnmilben im Hopfen	136
9	Veröffentlichungen und Fachinformationen	139
9.1	Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit	139
9.2	Veröffentlichungen.....	139
9.2.1	Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge	139
9.2.2	LfL-Schriften.....	141
9.2.3	Internetbeiträge.....	141
9.2.4	Poster	142
9.3	Tagungen, Vorträge, Führungen, Ausstellungen	142
9.3.1	Durchgeführte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops	142
9.3.2	Besuchte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops.....	142
9.3.3	Durchgeführte interne Veranstaltungen	142
9.3.4	Aus-, Fort- und Weiterbildung	143
9.3.5	Gutachten und Stellungnahmen	143
9.3.6	Fachinformationen	144
9.3.7	Vorträge.....	145
9.3.8	Rundfunk und Fernsehen	151
9.3.9	Praktika.....	151
9.3.10	Führungen.....	152
9.4	Mitarbeit in Arbeitsgruppen, Mitgliedschaften	154
10	Unser Team	155

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	2005	1 611	10,66
1980	5 716	3,14	2010	1 435	12,81
1985	5 044	3,89	2015	1 172	15,23
1990	4 183	5,35	2020	1 087	19,05
1995	3 122	7,01	2021	1 062	19,42
2000	2 197	8,47			

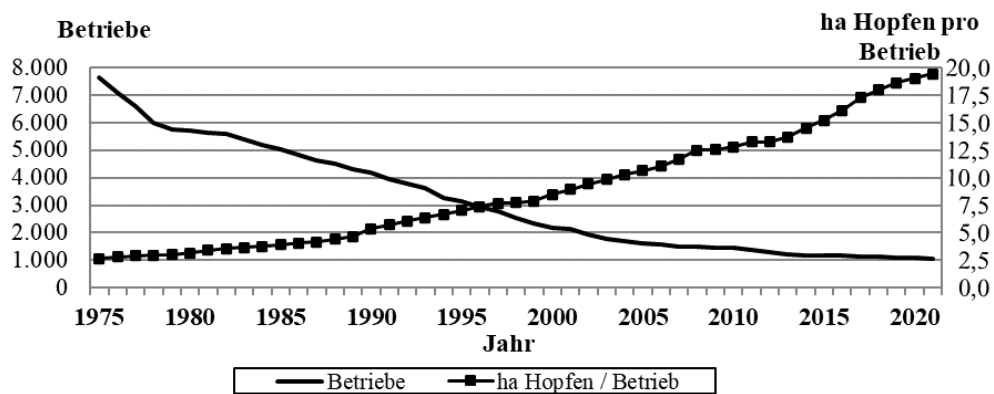


Abb. 1.1: Zahl der Hopfenbaubetriebe und deren Hopfenfläche in Deutschland

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

Anbaugbiet	Hopfenanbauflächen				Hopfenbaubetriebe				Hopfenfläche je Betrieb in ha	
	in ha		Zunahme + / Abnahme - 2021 zu 2020				Zunahme + / Abnahme - 2021 zu 2020			
	2020	2021	ha	%	2020	2021	Betriebe	%	2020	2021
Hallertau	17 233	17 122	- 111	- 0,6	880	860	- 20	- 2,3	19,58	19,91
Spalt	408	400	- 8	- 1,9	51	46	- 5	- 9,8	7,99	8,69
Tettngang	1 479	1 494	42	15,0	125	125	± 0	± 0	11,84	11,96
Baden, Bitburg u. Rheinpfalz	22	22	0	± 0	2	2	± 0	± 0	11,00	11,00
Elbe-Saale	1 564	1 582	18	1,1	29	29	± 0	± 0	53,93	54,55
Deutschland	20 706	20 620	- 86	- 0,4	1 087	1 062	- 25	- 2,3	19,05	19,42

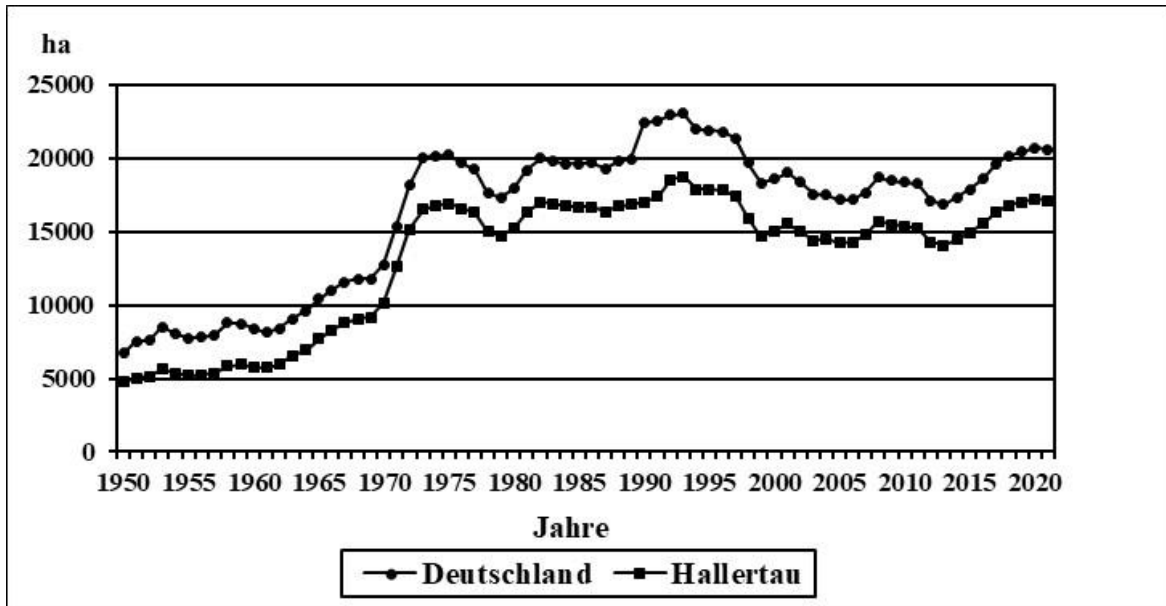


Abb. 1.2: Hopfenanbauflächen in Deutschland und in der Hallertau

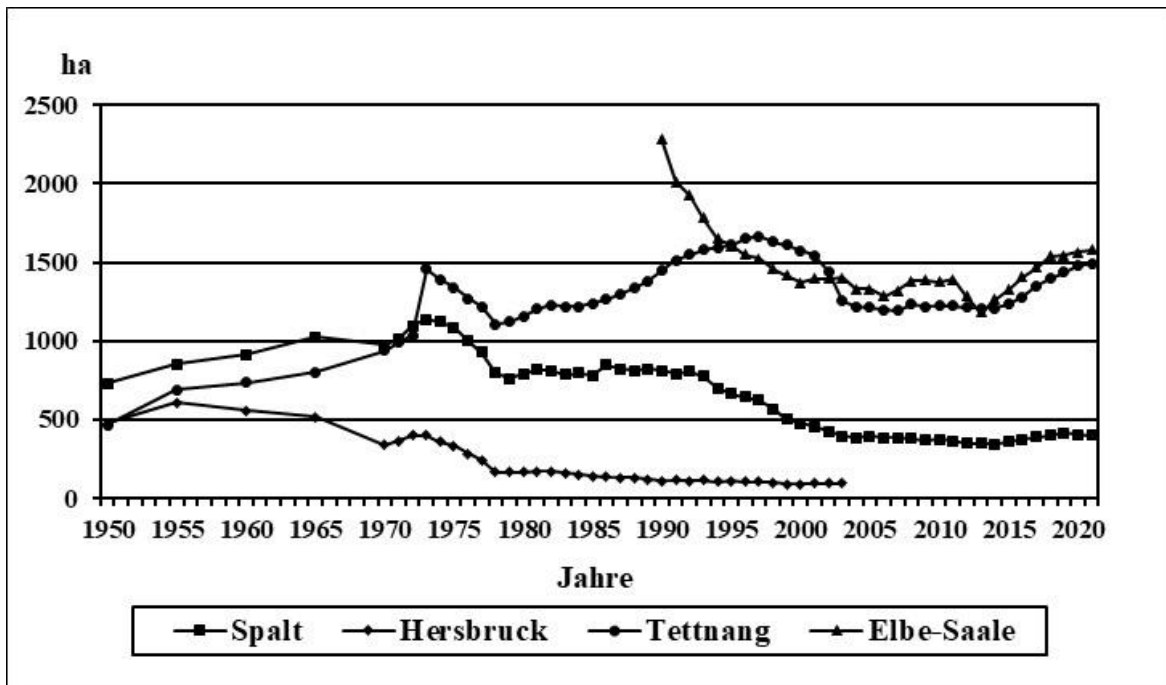


Abb. 1.3: Hopfenanbauflächen in den Gebieten Spalt, Hersbruck, Tettwang und Elbe-Saale

Das Anbaugesbiet Hersbruck gehört seit 2004 zur Hallertau.

1.1.2 Hopfensorten

Nach 7 Jahren des Anstiegs nahm 2021 die **Hopfenanbaufläche** mit 86 ha erstmals wieder ab und liegt jetzt bei **20 620 ha** in Deutschland.

Der Anteil der **Aromasorten** ging leicht auf 53,3 % zurück. Die Statistik weist insgesamt 29 verschiedene Aromasorten auf knapp 11 000 ha aus. Die meisten Aromasorten haben an Fläche eingebüßt. Den größten Flächenrückgang in diesem Segment hatte die Sorte Hersbrucker Spät mit 83 ha zu verzeichnen. Daneben gab es auch deutliche Rodungen bei den Sorten Saphir, Spalter Select, Tettwanger und Hallertauer Mfr. sowie den früheren „Flavorsorten“. Flächenzuwächse gab es bei Perle und einigen neuen Aromasorten wie Akoya.

Die **Bitterhopfenfläche** hat erneut um 252 ha zugenommen und nimmt einen Anteil von 46,7 % ein. Wieder sind bei den älteren Bittersorten Hallertauer Magnum, Taurus, Nugget und Merkur Flächenrückgänge zu verzeichnen. Die alphasäurenbetonten Sorten Herkules (+ 257 ha) und Polaris (+ 96 ha) dagegen konnten erneut an Fläche gewinnen. Damit ist Herkules mit Abstand die größte Hopfensorte in Deutschland (6 974 ha) und wird auf einem Drittel der Hopfenfläche angebaut.

Tab. 1.3: Hopfensorten in den deutschen Anbaugebieten in ha im Jahre 2021

Bittersorten

Sorte	Hallertau Spalt	Tettnang	Elbe-Saalbr.	Herb.-geb.	Deutschb.	Anteil (%)	Veränderung	
Akoya	96	9	9	1	1	0,5	178	
Amarillo	127	8	10			144	0,7	-34
Ariana	73	5	2			79	0,4	-3
Aurum		1				1	0,0	0
Brewers Gold	17					17	0,1	-2
Callista	44	1	8	9		62	0,3	1
Cascade	48	4	2	8	1	64	0,3	-14
Comet	4		0			4	0,0	-4
Diamant	9	5	0			14	0,1	3
Hallertau Blanc	127	3	13	6		149	0,7	-18
Hallertauer Gold	4	2				6	0,0	0
Hallertauer Mfr.	478	26	138	7	1	650	3,2	-21
Hallertauer Tradition	2.661	42	81	55	4	2.844	13,8	-26
Herbrucker Pure	1	2				3	0,0	0
Hersbrucker Spät	815	6	0			821	4,0	-83
Hüll Melon	54	5	10	2		71	0,3	-36
Mandarina Bavaria	205	3	11	10		230	1,1	-48
Monroe	15		3			18	0,1	-5
Northern Brewer	127			128		255	1,2	-11
Opal	135	1	1			138	0,7	-7
Perle	2.886	37	127	272	8	3.331	16,2	34
Relax	5					5	0,0	0
Saazer	7			155		162	0,8	6
Saphir	317	18	40	20		395	1,9	-55
Smaragd	58	1	14			73	0,4	-9
Solero	11					11	0,1	8
Spalter	1	107				108	0,5	-5
Spalter Select	444	86	23	4		557	2,7	-51
Tettnanger			682			682	3,3	-37
Gesamt (ha)	8.764	353	1.169	696	15	10.997	53,3	-338
Anteil (%)	42,5	1,7	5,7	3,4	0,1	53,3		-1,6

ERNTESORTEN

Sorte	Hallertau Spalt	Tettwang Elbe	Saale-Ab-geb.	Deutsch-Blau	Meißner
Hallertauer Magnum	1.254	2	621	3	1.801
Hallertauer Merkur	2	3	1	6	0,0
Hallertauer Taurus	165	1	0	3	169
Herkules	6.499	38	294	137	5
Nugget	107			4	111
Polaris	291		27	119	437
Record	1				1
Xantia	2				2
Sonstige	56	2	3	1	62
Gesamt (ha)	8.358	47	325	886	8
Anteil (%)	40,5	0,2	1,6	4,3	0,0

ANBAUSORTEN

Sorte	Hallertau Spalt	Tettwang Elbe	Saale-Ab-geb.	Deutsch-Blau	Meißner
Gesamt (ha)	17.122	140	1.199	1.332	20.620
Anteil (%)	83,0	1,9	7,2	7,7	0,1

1.2 Erntemengen, Erträge und Alphasäuregehalte

Die **Hopfenernte 2021** in Deutschland betrug 47 862 190 kg (= 957 244 Ztr.) und lag damit über der guten Vorjahresernte von 46 878 500 kg bzw. 937 570 Ztr. Nach 2019 war dies die zweitgrößte Erntemenge im deutschen Hopfenanbau. Bezogen auf die Hopfenfläche, die um 86 ha leicht abgenommen hat, kann man von einer überdurchschnittlichen Erntemenge sprechen.

Mit durchschnittlich 2 321 kg/ha bezogen auf die Gesamtfläche liegt der **Hektarertrag** 57 kg/ha über dem Vorjahresniveau, erreicht aber nicht das Rekordjahr 2019.

Die **Alphasäuregehalte** aller wichtigen Hopfensorten erreichten 2021 Spitzenwerte und lagen z. T. über dem langjährigen Mittel. Insgesamt dürfte die 2021 produzierte Alphasäuremenge in Deutschland bei 6 240 t liegen; das sind 780 t mehr als im vergangenen Jahr und fast 1 000 t mehr als in der Rekordernte 2019. Zunehmend macht sich hier neben den hohen Alphasäuregehalten auch der wachsende Anteil alphabetonter Hopfensorten bemerkbar.

Tab. 1.4: Erntemengen und Hektarerträge von Hopfen in Deutschland

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ertrag kg/ha bzw. (Ztr./ha)	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.)	2 321 kg (46,4 Ztr.)
Anbaufläche in ha	18 598	19 543	20 144	20 417	20 706	20 620
Gesamternte in kg bzw. 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.	47 862 190 kg = 957 244 Ztr.

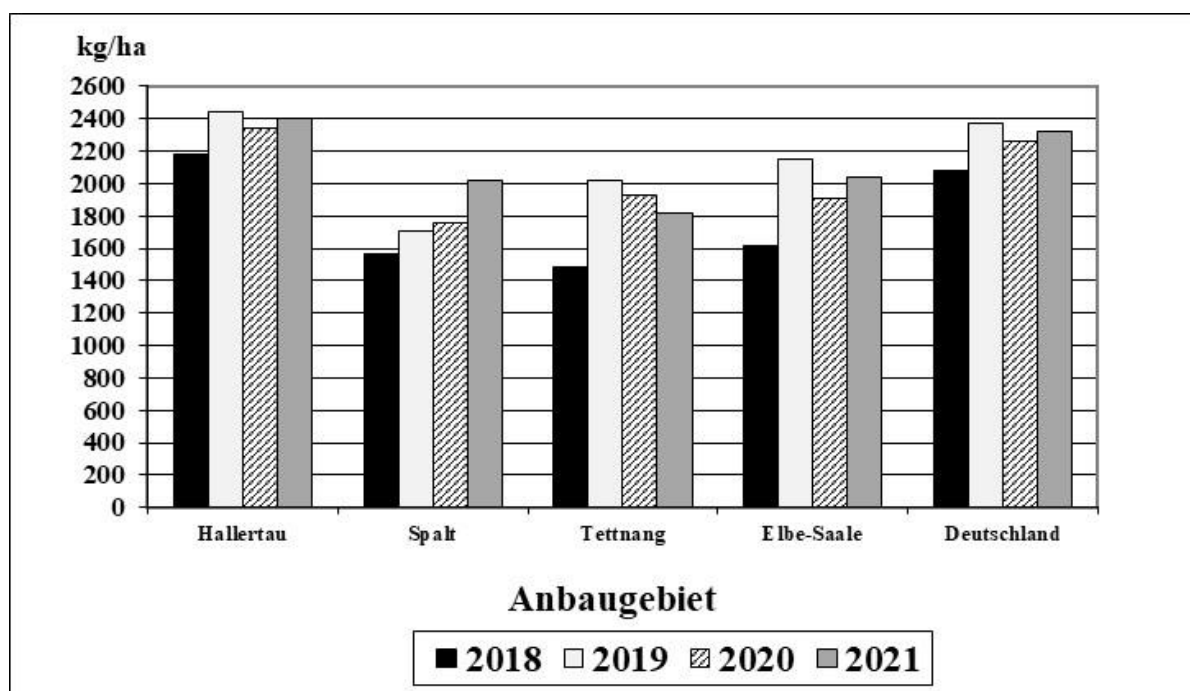


Abb. 1.4: Durchschnittserträge der einzelnen Anbauggebiete in kg/ha

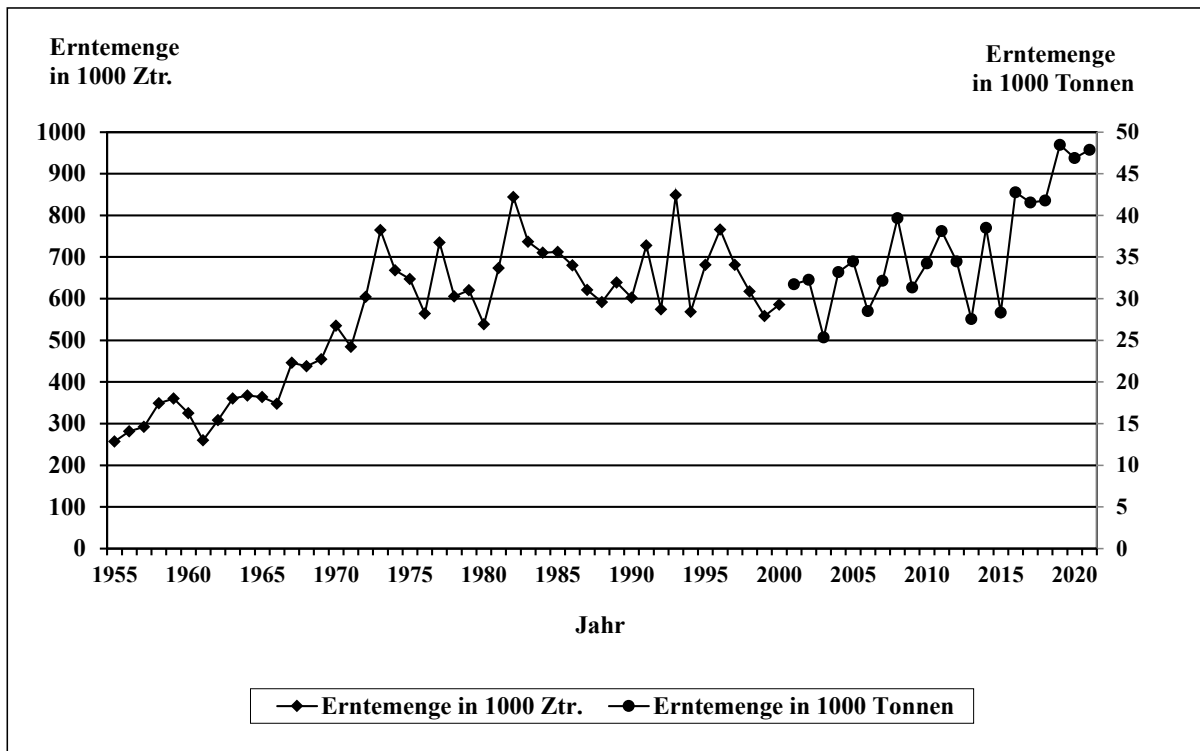


Abb. 1.5: Erntemengen in Deutschland

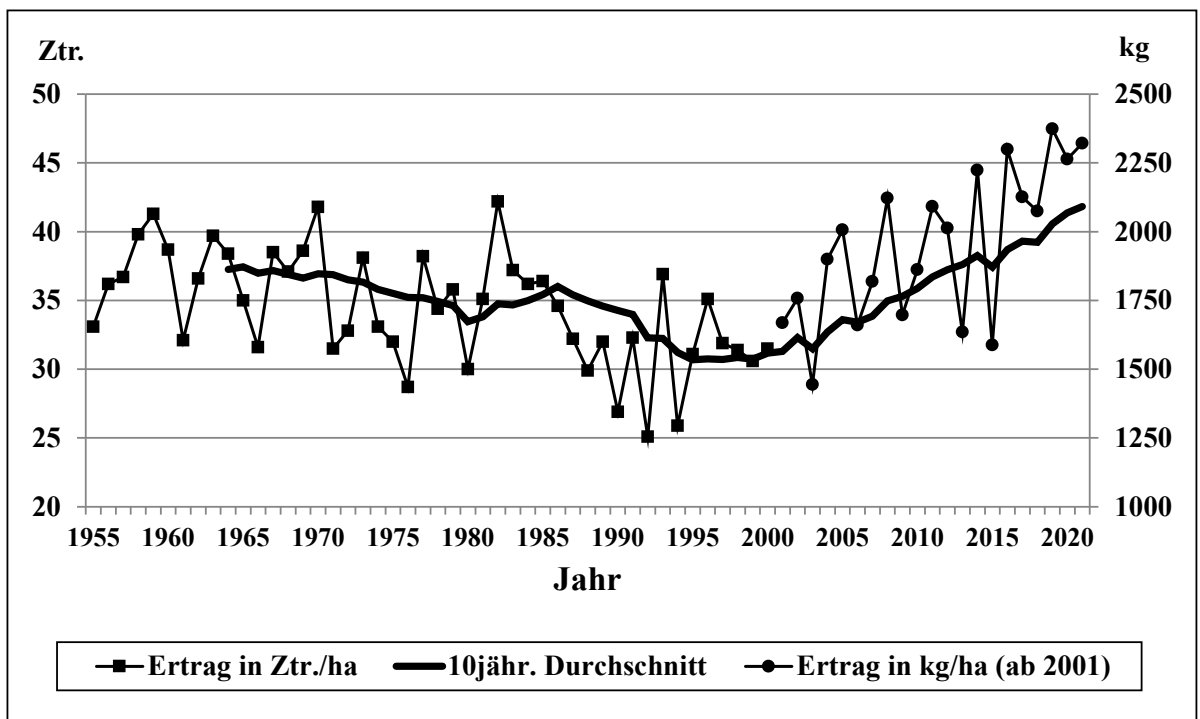


Abb. 1.6: Durchschnittsertrag (Ztr. bzw. kg/ha) in Deutschland

Tab. 1.5: Hektar-Erträge in den deutschen Anbaubereichen

Anbaubereich	Erträge in kg/ha Gesamtfläche								
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Hallertau	1 638	2 293	1 601	2 383	2 179	2 178	2 441	2 338	2 400
Spalt	1 428	1 980	1 038	1 942	1 949	1 564	1 704	1 759	2 020
Tettwang	1 184	1 673	1 370	1 712	1 677	1 486	2 024	1 927	1 818
Bad. Rheinpf./ Bitburg	1 953	2 421	1 815	1 957	1 990	1 985	2 030	2 003	973
Elbe-Saale	2 116	2 030	1 777	2 020	2 005	1 615	2 150	1 906	2 038
Ø Ertrag je ha Deutschland	1 635 kg	2 224 kg	1 587 kg	2 299 kg	2 126 kg	2 075 kg	2 374 kg	2 264 kg	2 321 kg
Gesamternte Deutschland (t bzw. Ztr.)	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	47 862 t 957 244
Anbaufläche Deutschland (ha)	16 849	17 308	17 855	18 598	19 543	20 144	20 417	20 706	20 620

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

Anbaubereich/Sorte	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Ø 5 Jahre	Ø 10 Jahre
Hallertau Hallertauer	4,6	3,3	4,0	2,7	4,3	3,5	3,6	4,1	4,5	5,2	4,2	4,0
Hallertau Hersbrucker	3,0	1,9	2,1	2,3	2,8	2,3	2,0	2,5	3,3	4,6	2,9	2,7
Hallertau Hall. Saphir	4,4	2,6	3,9	2,5	4,0	3,0	3,3	3,3	4,2	4,3	3,6	3,6
Hallertau Opal	9,0	5,7	7,3	5,9	7,8	7,2	6,4	7,3	8,5	8,7	7,6	7,4
Hallertau Smaragd	6,0	4,3	4,7	5,5	6,2	4,5	3,0	5,0	5,8	7,6	5,2	5,3
Hallertau Perle	8,1	5,4	8,0	4,5	8,2	6,9	5,5	6,7	7,4	9,0	7,1	7,0
Hallertau Spalter Select	5,1	3,3	4,7	3,2	5,2	4,6	3,5	4,4	5,2	6,4	4,8	4,6
Hallertau Hall. Tradition	6,7	5,0	5,8	4,7	6,4	5,7	5,0	5,4	6,3	6,1	5,7	5,7
Hallertau Mand. Bavaria	8,8	7,4	7,3	7,0	8,7	7,3	7,5	7,9	9,0	9,9	8,3	8,1
Hallertau Hall. Blanc	9,6	7,8	9,0	7,8	9,7	9,0	8,8	9,0	10,9	9,9	9,5	9,2
Hallertau Huell Melon	7,3	5,3	5,4	5,8	6,8	6,2	5,8	6,6	7,2	8,4	6,8	6,5
Hallertau North. Brewer	9,9	6,6	9,7	5,4	10,5	7,8	7,4	8,1	9,1	10,5	8,6	8,5
Hallertau Polaris	20,0	18,6	19,5	17,7	21,3	19,6	18,4	19,4	20,6	21,5	19,9	19,7
Hallertau Hall. Magnum	14,3	12,6	13,0	12,6	14,3	12,6	11,6	12,3	14,2	16,0	13,3	13,4
Hallertau Nugget	12,2	9,3	9,9	9,2	12,9	10,8	10,1	10,6	12,0	11,1	10,9	10,8
Hallertau Hall. Taurus	17,0	15,9	17,4	12,9	17,6	15,9	13,6	16,1	15,5	17,8	15,8	16,0
Hallertau Herkules	17,1	16,5	17,5	15,1	17,3	15,5	14,6	16,2	16,6	18,5	16,3	16,5
Tettwang Tettwanger	4,3	2,6	4,1	2,1	3,8	3,6	3,0	3,8	4,3	4,7	3,9	3,6
Tettwang Hallertauer	4,7	3,3	4,6	2,9	4,4	4,3	3,8	4,3	4,7	5,0	4,4	4,2
Spalt Spalter	4,1	2,8	3,4	2,2	4,3	3,2	3,5	3,9	4,7	5,2	4,1	3,7
Spalt Spalter Select	4,6	3,3	4,5	2,5	5,5	5,2	2,9	4,1	4,7	6,4	4,7	4,4
Elbe-S. Hall. Magnum	14,1	12,6	11,6	10,4	13,7	12,6	9,3	11,9	11,9	13,8	11,9	12,2

Quelle: Arbeitsgruppe Hopfenanalyse (AHA)

2 Witterung und Wachstumsverlauf 2021

LD Johann Portner, Dipl.-Ing. Agr

2.1 Witterung und Wachstumsverlauf

Der Start in das Hopfenjahr 2021 fand unter trockenen Bedingungen und kalten Temperaturen statt. So konnten zwar alle Feldarbeiten im März und April auf abgetrockneten Böden termingerecht erledigt werden, aber der Austrieb und das Wachstum des Hopfens setzte nur sehr zögerlich ein. Mit dem Ausputzen und Anleiten der Hopfentriebe konnte daher erst Anfang Mai begonnen werden und die Arbeiten zogen sich sorten- und lagebedingt bis Ende Mai hin. Überdurchschnittliche Niederschläge im Mai und kühle Temperaturen verzögerten notwendige Pflegemaßnahmen wie das Ackern und Hopfenputzen. Der Juni war zwar überdurchschnittlich warm, konnte aber den Wachstumsrückstand, der bisweilen 14 Tage betrug, nicht entscheidend aufholen, so dass die Blüte etwa eine Woche später einsetzte. Da auch der Juli und August kühl und nass waren, ließ sich der Hopfen mit der Ausdoldung Zeit und der Beginn der Erntereife war mit Anfang September sehr spät. Warmes und trockenes Erntewetter ab September beschleunigte schließlich die Abreife.

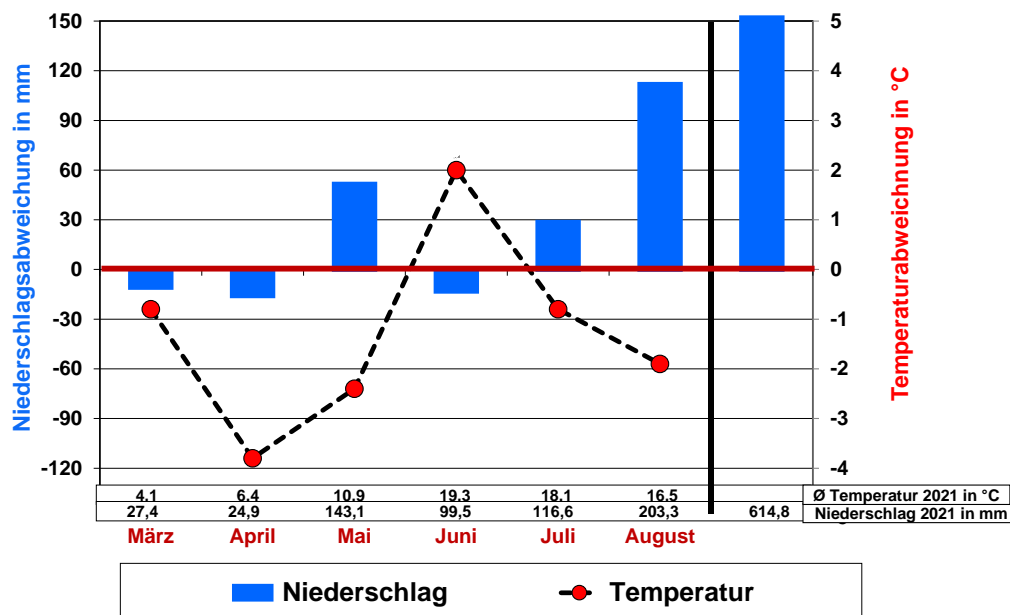


Abb. 2.1: Witterung während der Vegetationsperiode 2021 in Hüll als Abweichung der Monate vom 10-jährigen Durchschnitt

Von den Starkniederschlagsereignissen des Sommers 2021, die in weiten Teilen Deutschlands und Bayern größere Verwüstungen und Schäden verursachten, blieb die Hallertau und der Hopfen weitgehend verschont. So waren nur lokal größeren Erosionsschäden zu verzeichnen. Insgesamt fielen während der Vegetationsperiode des Hopfens von März bis August am Standort Hüll über 150 mm mehr Niederschlag als im Durchschnitt der letzten 10 Jahre, wobei es in der nördlichen Hallertau in den Monaten Juli und August etwa 100 mm weniger regnete als in der südlichen Hallertau. Die Bodenfeuchte war aber überall ausreichend, sodass der Hopfen dieses Jahr nicht unter Trockenstress litt. Auf staunassen und schweren Böden in der südlichen Hallertau, wo die Wassermengen nicht abfließen konnten, zeigte der Hopfen sogar Symptome von Sauerstoffmangel aufgrund zu nasser Bodenverhältnisse.

2.2 Situation bei Krankheits- und Schädlingsbefall

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

Peronospora-Primärinfektionen wurden während des kalten Frühjahrs nur vereinzelt gesichtet. Erst nach dem Einsetzen der Niederschläge im Mai und dem Anstieg der Temperaturen im Juni war um Fronleichnam (3. Juni) herum ein starker Ausbruch von Peronospora-Primärinfektionen zu verzeichnen. An Boden-, Seiten- und Haupttrieben waren bis in den Juli hinein „Bubiköpfe“ zu finden. Dementsprechend hoch war auch der Peronosporadruck durch Sekundärinfektionen. Im Verlauf der Saison waren daher 7 Bekämpfungsaufrufe für alle Sorten bis zur Ernte notwendig. Da die Pflanzenschutzmaßnahmen aufgrund der nassen Bodenverhältnisse oder aufgelockerter Fahrgassen nicht immer termingerecht durchgeführt werden konnten, hatten viele Betriebe Probleme mit Peronosporabefall ab der Blüte bis zur Ernte.

Aufwendig war auch die Bekämpfung des Echten Mehltaus. Obwohl weniger Befallssymptome aus der Praxis im Vergleich zu 2020 gemeldet wurden, 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.

Die unter den Krankheiten gefürchtete *Verticillium*-Welke trat dieses Jahr ebenfalls besonders stark auf. Ursächlich war der kühle und feuchte Mai, der die Infektionen der Wurzeln begünstigte. Bereits Mitte Juni konnten schon erste Symptome und Absterbeerscheinungen beobachtet werden, die sich im August und zur Ernte hin noch verstärkten.

Dank der Notgenehmigung von Movento SC 100 und der rechtzeitigen Bekämpfung der tierischen Schaderreger konnte der Befall mit der Hopfenblattlaus mit relativ wenig Aufwand gut in Schach gehalten werden. Befall mit der Gemeinen Spinnmilbe bereitete 2021 witterungsbedingt kaum Probleme. Hier reichte die Nebenwirkung von Movento vielfach aus, so dass keine weiteren Akarizidmaßnahmen notwendig waren.

Die weitere Verbreitung des 2019 erstmals in der Hallertau nachgewiesenen Zitrusviroids oder „Citrus Bark Cracking Viroid“ (CBCVd) wurde in einem ausgedehnten risikobasierten Monitoring auch 2021 in Bayern wieder untersucht. Insgesamt kamen zu den bekannten Befallsbetrieben 3 weitere hinzu, so dass der Erreger derzeit in 9 Betrieben an 2 Orten in der Hallertau nachgewiesen werden konnte. Der Befall und die Ausbreitung sind demnach noch sehr begrenzt.

2.3 Besonderheiten 2021

Die Pflanzenschutzprobleme - insbesondere Peronospora - und der Pflanzenschutzmitteleinsatz waren im Hopfenjahr 2021 sehr intensiv. Besonders die massive Hopfenwelke und die weitere Verbreitung des „Citrus Bark Cracking Viroid“ stellen die Hopfenpflanzer und die gesamte Hopfenwirtschaft vor große Herausforderungen.

Auch die über die gesamte Saison sich hingezogene Wachstums-, Entwicklungs- und Ernteverzögerung ist erwähnenswert, die erst im Laufe der Hopfenernte bei sonniger Witterung, die die Abreife beschleunigte, wieder aufgeholt werden konnte.

Tab. 2.1: Witterungsdaten 2021 (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 $\geq 0,2$ mm	Sonnenschein (Std.)
		Mittel (°C)	Min.Ø (°C)	Max.Ø (°C)				
Januar	2021	-1,0	-5,5	2,5	99,0	60	21	37,9
	Ø 10-j.	0,2	-3,3	3,7	93,3	68,4	17,4	39,5
	30-j.	-2,3	-5,9	1,1	86,7	50,8	14,8	47,1
Februar	2021	2,0	-2,5	7,6	94,6	45,3	14	99,3
	Ø 10-j.	0,6	-4,0	5,6	87,8	45,7	12,1	79,6
	30-j.	-1,0	-4,9	3,1	81,4	46,8	13,3	72,1
März	2021	4,1	-0,8	10,3	87,6	27,4	14	162,1
	Ø 10-j.	4,8	-0,9	10,8	81,5	35,7	12,6	156,1
	30-j.	2,8	-1,7	7,8	78,9	47,7	13,8	132,2
April	2021	6,4	0,2	13,1	79,9	24,9	11	211,3
	Ø 10-j.	10,2	3,3	16,0	73,1	40,8	9,4	207,6
	30-j.	7,1	1,9	12,8	73,8	60,8	14,1	164,3
Mai	2021	10,9	5,5	16,3	87,3	143,1	20	175,2
	Ø 10-j.	13,0	7,3	18,7	77,8	99,4	15,5	199,3
	30-j.	11,9	6,1	17,7	73,9	82,3	15,4	203,6
Juni	2021	19,3	12,1	26,3	80,3	99,5	11	287,5
	Ø 10-j.	17,6	11,3	23,7	77,5	112,2	12,9	239,7
	30-j.	15,1	9,0	20,8	74,6	103,5	15,3	212,3
Juli	2021	18,1	12,5	24,3	90,1	116,6	19	196,1
	Ø 10-j.	19,0	12,4	25,7	77,4	76,7	12,3	248,3
	30-j.	16,7	10,5	23,1	74,3	90,5	14,1	236,8
August	2021	16,5	11,9	22,5	92,8	203,3	20	162,8
	Ø 10-j.	18,2	11,8	25,1	81,9	102,7	12,1	235,9
	30-j.	16,0	10,2	22,6	78,2	91,7	13,8	212,4
September	2021	14,8	8,9	22,1	90,3	19,8	5	213,9
	Ø 10-j.	13,9	8,1	20,2	86,5	54,4	10,7	171,4
	30-j.	12,7	7,4	19,1	80,7	67,9	11,6	175,0
Oktober	2021	8,1	3,4	14,0	95,4	27,7	5	130,1
	Ø 10-j.	9,2	4,5	14,3	91,9	53,0	11,4	109,3
	30-j.	7,6	3,2	13,1	84,2	51,1	11,0	117,2
November	2021	3,0	0,3	5,9	99,7	37,1	14	33,5
	Ø 10-j.	4,4	1,0	8,2	94,9	50,9	11,8	49,7
	30-j.	2,6	-0,6	6,1	85,5	57,5	14,4	52,9
Dezember	2021	2,0	-0,6	4,7	99,7	93,1	22	32,1
	Ø 10-j.	1,8	-1,4	5,7	95,1	51,4	15,1	39,9
	30-j.	-0,9	-4,3	1,8	86,5	52,2	15,0	38,7
Ø Jahr	2021	8,7	3,8	14,2	91,4	897,8	176	1.741,8
	10 – jähriges Mittel	9,4	4,7	14,8	84,9	791,3	153,3	1.776,3
	30 – jähriges Mittel	7,4	2,6	12,4	79,9	802,8	166,6	1.664,6

* 10-jähriges Mittel bezieht sich auf den Zeitraum 2012-2021

** 30-jähriges Mittel bezieht sich auf den Zeitraum 1961-1990

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, A. Schlagenhauser	Stickstoffdynamik in Hopfenböden von Praxisbetrieben bei unterschiedlichen Bodenarten und Düngesystemen (6054)	2018-2022	Erzeugergemeinschaft HVG	21 Hopfenbaubetriebe; IPZ 5b, 5c
<u>IPZ 5a</u> J. Portner, A. Schlagenhauser	Versuche zur Kompostierung und Verwertung von Hopfenrebenhäckseln zur Optimierung der Nährstoffeffizienz des organisch gebundenen Stickstoffs (6141)	2018-2022	Erzeugergemeinschaft HVG	Prof. E. Meinken, HSWT Dr. D. Lohr, HSWT Prof. T. Ebertseder, HSWT M. Stadler, AELF PAF; IPZ 5b, 5c

Daueraufgaben und produktionstechnische Versuche

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5a	Aus- und Fortbildung der Hopfenpflanzler	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 e. V.
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 IN-PAF u. AB-LA, ECOZEPT
5a	HopfeNO ₃ - praxisnahe Optimierung des Stickstoffkreislaufes im Hopfenanbau	2016-2022	Fa. Ecozept, LfU Leader-AG
5a	Optimierung der Darreinstellungen an das unterschiedliche Trocknungsverhalten der Hopfensorten in Hordendarren	2018-2022	Hopfenbaubetriebe
5a	Optimierung der Trocknungsabläufe in Bandtrocknern	2018-2022	Hopfenbaubetriebe
5a	Stickstoffsteigerungsversuche mit Düngesystemen mit Fertigation (Masterarbeit)	2020-2021	TUM Florian Weiß

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5a	Simulation von Agro-PV-Anlagen über Hopfen im Hinblick auf Schaderregeraufkommen, Ertrag und Qualität des Hopfens	2021	Fa. Tubesolar, Augsburg, Hopfenbaubetrieb
5a	Eignung verschiedener laubvolumen- und laubwandflächenbezogener Pflanzenschutzdosiermodelle im Hopfenanbau	2021-2022	Bachelorarbeit Tobias Berger
5a	Untersuchung von arbeitsintensiven und arbeitsextensiven Verfahren des Hopfenanlebens und deren Auswirkung auf die Folgearbeiten und den Ertrag	2021-2022	Bachelorarbeit Christina Sternecker

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 2015-2021) Engelbrechtsmünster (ab 2016-2022) Gebrontshausen (ab 2020)	2015-2024	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG	IPZ 5c
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer K. Lutz	Fernerkundung: Hyperspektalsensoren im Hopfen	2021	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	Geo-konzept GmbH
IPZ 5 S. Euringer, F. Weiß, N.N.	CBCVd-Monitoring	2020-2022	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF); Erzeugergenossenschaft HVG e.G.	IPZ 5a, IPS 4b, IPS 2c

Daueraufgaben und Pflanzenschutzversuche

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5b	Amtliche Mittelprüfung	Daueraufgabe	
5b	Durchführung und Betreuung von Rückstandsuntersuchungen im Hopfenbau (GEP-Feldteil)	Daueraufgabe	
5b	Sprühurmversuche zur Überwachung der potentiellen Resistenzbildung von Hopfenblattläusen	Daueraufgabe	
5b	Aphisfliegenmonitoring	Daueraufgabe	
5b	ELISA-Testung von Hopfen zur Vermehrung auf ApMV und HpMV	Daueraufgabe	

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5b	Überwachung der Pflanzenschutzmittelzulassungssituation im Hopfenbau	Daueraufgabe	
5b	Ausarbeitung von Notfallanträgen nach Art. 53	Daueraufgabe	Verband dt. Hopfenpflanzler, Hopfenring e.V.
5b	Fachliche Kommentierung von Einzelbetrieblichen Notfallgenehmigungen nach Art. 22	Daueraufgabe	Verband dt. Hopfenpflanzler, Hopfenring e.V.
5b	Aus- und Fortbildung von Hopfenpflanzler	Daueraufgabe	
5b	Erarbeitung und Aktualisierung von Beratungsunterlagen	Daueraufgabe	
5b	Viroidmonitoring (CBCVd und HSVd)	Daueraufgabe	IPZ 5c, IPS2c
5b	Organisation und Betreuung von Pflanzenschutzversuchen nach Rücksprache mit der offiziellen Hopfenberatung	Daueraufgabe	IPZ a, Hopfenring e.V.
5b	Fachliche Unterstützung bei der Umsetzung des Pflanzenpasses im Hopfen	Daueraufgabe	
5b	Umsetzung der Eppo-Guideline PP 1/239 (Leaf Wall Area) im Hopfenbau	2018-heute	
5b	Betreuung der Meldeadresse für Spezialdünger, Pflanzenstärkungsmittel, Biostimulanzien und Pflanzenschutzmittel im Hopfenbau hop.pfla@lfl.bayern.de	2019-heute	
5b	Mehltau-GWH-Versuche zur Testung aktueller und neuer Pflanzenschutzmitteln	2019-heute	
5b	Erarbeitung eines Konzepts für eine Gebläsespritzenprototypen für die AMP	2020-heute	
5b	Etablierung der Versuchssoftware ARM in der AMP	2021-heute	

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	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. Kamhuber & Team; Hopfenpflanzerverband Elbe-Saale e.V.; Betrieb Berthold, Thüringen; Hopfengut Lautitz, Sachsen; Agrargenoss. Querfurt, Sachsen-Anhalt
<u>IPZ 5c</u> Dr. E. Seigner A. Lutz	Genombasierte Präzisionszüchtung für zukunftsweisende Qualitätshopfen	2017-2021	Landwirtschaftliche Rentenbank	IPZ 5d: Dr. K. Kamhuber & Team; IPZ 1d: Prof. Dr. V. Mohler; IPZ 2c: Dr. Th. Albrecht; Universität Hohenheim: Prof. Dr. J. Wünsche, Dr. M.H. Hagemann; Prof. Dr. G. Weber; Gesellschaft für Hopfenforschung: W. König; Hopfenverwertungsgen. HVG: Dr. E. Lehmailr
<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 Mehлтаuresistenzzüchtung 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; Hopfenpflanzler
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	2019-2021	Wissenschaftliche Station für Brauerei München e.V.	TU Berlin Dr. Witstock

Daueraufgaben Hopfenqualität und -analytik

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5d	Durchführung aller analytischen Untersuchungen zur Unterstützung der Arbeitsgruppen des Arbeitsbereichs Hopfen, insbesondere der Hopfenzüchtung	Daueraufgabe	IPZ 5a, IPZ 5b, IPZ 5c, IPZ 5e
5d	Entwicklung und Optimierung einer zuverlässigen Aromaanalytik mit Hilfe der Gaschromatographie-Massenspektroskopie	Daueraufgabe	
5d	Etablierung und Optimierung von NIRS-Methoden für die Hopfenbitterstoffe und den Wassergehalt	Daueraufgabe	

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
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; Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL), Frick, Schweiz; 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; GfH e.V.	Praxisbetriebe aus dem ökologischen und integrierten Hopfenbau
<u>IPZ 5e</u> Dr. F. Weihrauch M. Obermaier	Induzierte Resistenz bei Hopfen gegen Spinnmilben	2021-2026	Deutsche Bundesstiftung Umwelt (FKZ 35937/01-34/0)	20 Praxisbetriebe aus dem integriertem Hopfenbau; AG IPZ 5d

4 Hopfenbau, Produktionstechnik

LD Johann Portner, Dipl.-Ing. agr.

4.1 N_{\min} -Untersuchung 2021

Die Bodenuntersuchung auf verfügbaren Stickstoff und der dabei ermittelte N_{\min} -Wert ist ein zentraler Bestandteil der Düngedarfsermittlung und verpflichtend für Betriebe, die Hopfenflächen in den „roten Gebieten“ bewirtschaften.

2021 beteiligten sich in den bayerischen Anbaugebieten Hallertau und Spalt mehr als die Hälfte der Hopfenbaubetriebe an der N_{\min} -Untersuchung. Dabei wurden 3 344 Hopfengärten (2020: 3 782 Proben) auf den N_{\min} -Gehalt untersucht. Der durchschnittliche N_{\min} -Gehalt der Hopfenböden aller bayerischen Anbaugebiete betrug exakt wie im Vorjahr 59 kg N/ha. 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.

Gemäß Düngeverordnung (DüV) muss jeder Hopfenpflanzer den Düngedarf 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 mit Hopfenflächen **außerhalb** der „roten Gebiete“, 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 2021 in den Landkreisen bzw. Anbauregionen

Landkreis/Anbaugebiet	Anzahl Untersuchungen	Vorläufiger N_{\min} -Wert (Stand 22.03.2021)	Endgültiger N_{\min} -Wert
Eichstätt (inkl. Kinding)	240	69	69
Freising	330	63	60
Hersbruck	76	53	68
Kelheim	1317	61	61
Landshut	174	70	69
Pfaffenhofen (u. Neuburg-Schrobenhausen)	1102	48	50
Spalt	105	89	88
Bayern	3344	58	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. 2021 traf dies in der Anbauregion Hersbruck zu. Hier lag der durchschnittliche endgültige N_{\min} -Wert um 15 kg N/ha über dem vorläufigen N_{\min} -Wert. Hopfenbaubetriebe in der Region Hersbruck, die mit dem vorläufigen N_{\min} -Wert von 53 kg N/ha gerechnet hatten, mussten die Düngedarfsermittlung mit dem höheren endgültigen N_{\min} -Wert von 68 kg N/ha korrigieren.

Betriebe mit Hopfenanbau **in den „roten Gebieten“** mussten 2021 mindestens 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.

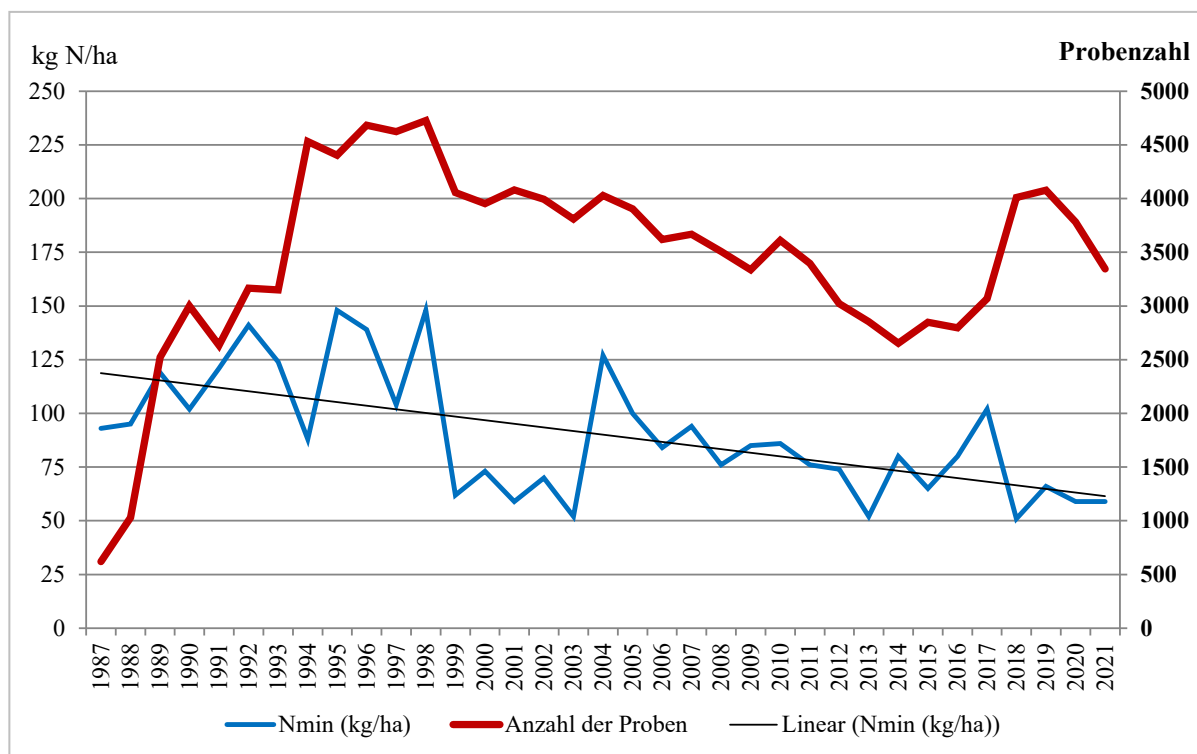


Abb. 4.1: N_{\min} -Untersuchungen, N_{\min} -Gehalte und Trendlinie der N_{\min} -Werte der Hopfengärten in Bayern im Verlauf der Jahre

4.2 Zusammenfassung der Forschungsarbeiten zu „Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen“

In der Arbeitsgruppe Hopfenbau und Produktionstechnik IPZ 5a wurde bereits in den 1990er Jahren mit Bewässerungsversuchen im Hopfen begonnen. Intensiviert wurde die Erforschung der Hopfenbewässerung ab 2011 mit zwei großen Forschungsprojekten (Promotionsarbeiten).

Der Fokus der Forschung der letzten Jahre lag nicht mehr darauf, die Notwendigkeit von Zusatzwassergaben bei Hopfen zu belegen, die inzwischen in Fachkreisen der Hopfenexperten weitgehend unumstritten ist, sondern in den Fragen, ab welchem Zeitpunkt und in welcher Menge Zusatzwassergaben benötigt werden.

Die ALB-Bewässerungs-App, die in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e. V. (ALB Bayern) auf die Bewässerung von Hopfen angepasst wurde, bietet den Hopfenpflanzern dabei ein gutes Hilfsmittel zur Steuerung der Bewässerungsgaben; denn oberstes Ziel muss ein ressourcenschonender und nachhaltiger Umgang mit Bewässerungswasser sein. Deshalb rät die LfL ausschließlich zum Einsatz der wassersparenden Tröpfchenbewässerung im Hopfen.



Abb. 4.2: Tropfbewässerung im Hopfen

Ein weiteres Ziel der Bewässerungsversuche war die Erforschung neuer Düngesysteme mit Einspeisung von Nährstoffen in das Bewässerungswasser (Fertigation). Während beim herkömmlichen Düngesystem die ausgebrachte Stickstoffmenge auf 3 Einzelgaben verteilt wird, wird bei dem kombinierten System ein Großteil der benötigten N-Menge über das Bewässerungswasser zum Zeitpunkt des Bedarfes verabreicht. Während sich der gestreute Stickstoffdünger bei ausbleibenden Niederschlägen nicht auflöst und somit nicht pflanzenverfügbar ist, kann der mit dem Bewässerungswasser zugeführte Stickstoff sofort bedarfsgerecht und gezielt aufgenommen werden und es bleiben weniger überschüssige Reststickstoffmengen im Boden zurück, die nach der Ernte verlagert oder ausgewaschen werden können.

Nach Absicherung der Ergebnisse war es an der Zeit, die Erfahrungen und Erkenntnisse zusammenzutragen und das gesammelte Wissen in einer LfL-Informationsschrift „Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen“ praxisgerecht und verständlich den Hopfenpflanzern zur Verfügung zu stellen. Die 74-seitige LfL-Informationsbroschüre kann bei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft als Druckversion bezogen oder von der LfL-Seite im Internet unter dem nachfolgenden Link heruntergeladen werden.

<https://www.lfl.bayern.de/publikationen/informationen/268104>



Eine Zusammenfassung der Broschüre gibt es auch in einem mit den Umweltbehörden abgestimmten sogenannten ALB-Arbeitsblatt „Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen“ unter

https://www.alb-bayern.de/De/Bewaesserung/BewaesserungsforumBayern/Ergebnisse/hopfenanbau-klimawandel-bewaesserungsmanagement_bef11.html



Alle Forschungsergebnisse können ausführlich in der Dissertation „Bedarfsgerechte Stickstoffernährung von Hopfen (*Humulus Lupulus* L.) durch Düngesysteme mit Fertigation“ von Dr. Johannes Stampfl nachgelesen werden.

<http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2021/1889/>



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, insbesondere die älteren Landsorten, hohe Ansprüche an die Nährstoffversorgung haben, ist das Düngenniveau für Stickstoff relativ hoch, was sich bei Betrieben mit zusätzlicher Ausbringung organischer Dünger in Form von erhöhten Nitratgehalten im Boden widerspiegeln kann. Verbleibende Reststickstoffmengen im Boden werden nach der Ernte vom Hopfen nicht mehr aufgenommen. Lediglich mit Zwischenfrüchten können diese Stickstofffrachten teilweise abgeschöpft werden. Der verbleibende Stickstoff unterliegt der Verlagerung und kann zur Nitratauswaschung führen.

Ziel

Im Rahmen des Projektes wurde die Stickstoffdynamik in Hopfenböden von 21 Hopfenbau-betrieben untersucht. Dazu wurden intensive N_{\min} -Untersuchungen im Frühjahr, Herbst und Winter durchgeführt. Außerdem wurde für diese Flächen der notwendige Stickstoffbedarf er-mittelt, die tatsächliche N-Düngung erhoben und ein betrieblicher Nährstoffvergleich erstellt. Dadurch soll die Stickstoffverlagerung und das Verlustpotential im Vegetationsverlauf für ver-schiedene 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 Ein-haltung 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 umfassten verschiedenste Be-triebs- und Düngesysteme. Die N_{\min} -Beprobung erfolgt zu Vegetationsbeginn im März, nach der Ernte im Oktober zur Erfassung der verbleibenden Stickstoffmengen im Boden und wäh-rend der Vegetationsruhe im Winter, um eine mögliche Verlagerung während der Vegetations-ruhe feststellen zu können. Dabei wurde standardmäßig der verfügbare Stickstoff in Form von Ammonium und Nitrat bis zu 90 cm Bodentiefe untersucht. Die Probe wurde in drei 30 cm-Abschnitte geteilt, um die Verlagerung in den Bodenschichten besser feststellen zu können. Jeder Betrieb erhielt eine individuelle Beratung zu Fragen bei der Düngung. Alle Stickstoff-düngegaben wurden in Zeit und Menge erfasst.

Bei der ersten Ernte 2018 erfolgte eine Dolden- und Rest-pflanzen-Beprobung, um die exakte Stickstoffabfuhr zu be-rechnen. Dadurch sollte eine flächenspezifische Nährstoff-bilanz ermittelt werden und der Zusammenhang zu den N_{\min} -Gehalten im Boden hergestellt werden. Da die exakten Dolden und Rebenhäckselmengen bei der Ernte an den Praxisbetrieben nur bedingt genau ermittelt werden konn-ten, wurde von der Beprobung in den folgenden beiden Jahren abgesehen. Anstelle dessen wurden verschiedene Praxisflächen mit den wichtigsten Sorten der Hallertau in Hüll exakt beerntet. Dadurch konnten folgende Parameter getrennt für die Dolden und Rebenhäcksel sowie für die Ge-samtpflanze für verschiedene Sorten bei unterschiedlichen Ertragsniveaus ermittelt werden:

- Frischmasse und Trockenmasse je ha
- TS-Gehalte
- N-Gehalte
- N-Entzug der Dolden- und Rebenhäcksel
- Verhältnis des Anfalls von Dolden und Rebenhäcksel (Haupternteprodukt-Nebenernte-produkt-Verhältnis = HNV)



Abb. 4.3: Bodenprobennehmer

Mithilfe dieser Daten können die Stickstoffentzüge sowie der Anfall an Rebenhäckseln für das mittlerweile stark erweiterte Sortenspektrum in Abhängigkeit vom Doldenertrag ermittelt und evtl. neu bewertet werden.

Ergebnisse

Nach den Versuchsjahren 2018-2021 konnten umfangreiche Erkenntnisse zur Stickstoffdynamik im Hopfen gewonnen werden. Anhand von 10 Beprobungen lässt sich die Aufteilung der N_{min} -Gehalte auf die jeweiligen Schichten in Abhängigkeit vom Probenahmetermin darstellen (Abb. 4.4). Auffällig dabei sind die höheren N_{min} -Gehalte im Herbst in den oberen 30 Zentimetern, aber auch absolut. Der Rückgang bis zum Frühjahr kann durch die N-Aufnahme der Zwischenfrüchte erklärt werden. Stickstoffverlagerungen in tiefere Bodenschichten - insbesondere bei hohen Herbst- und Winterniederschlägen - können aber auch nicht ausgeschlossen werden.

Zudem waren starke jährliche Schwankungen der N_{min} -Gehalte zu erkennen.

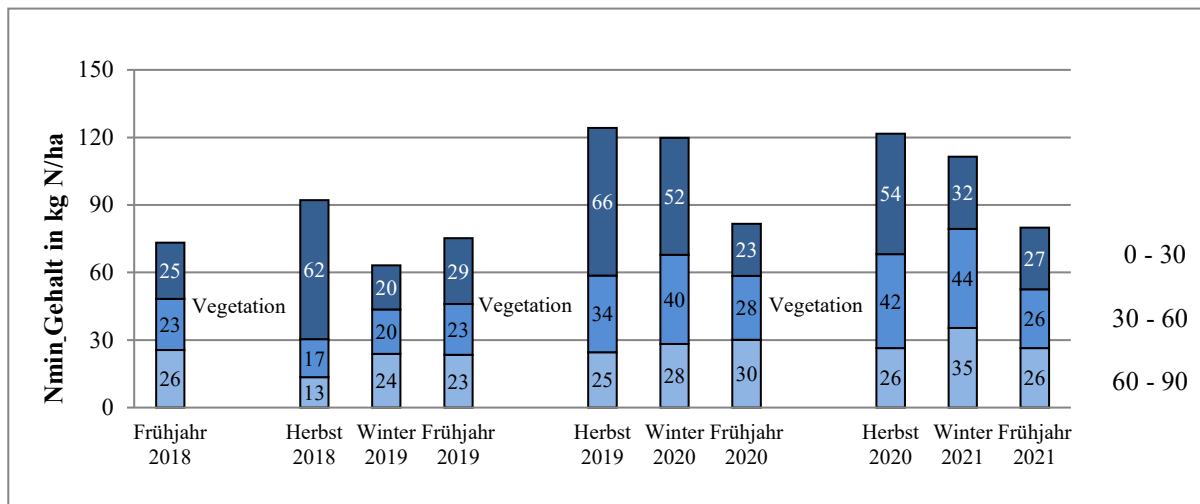


Abb. 4.4: N_{min} -Gehalte über alle Beprobungstermine hinweg, gegliedert in Bodenschichten (0-30, 30-60, 60-90), 2018-2021

Bei differenzierter Betrachtung der N_{min} -Gehalte in Abhängigkeit von der Sorte der jeweils beprobten Fläche ist auffällig, dass die Aromasorten höhere N_{min} -Gehalte aufweisen als die Bittersorten. Die geringe Anzahl der Flächen mit neuen Hüller Aromasorten und Landsorten lässt keine Bewertung der N_{min} -Gehalte in Abhängigkeit der Sortengruppen zu (Abb. 4.5). Die Differenzen im N_{min} -Gehalt zwischen Aroma- und Bittersorten waren besonders bei der Herbstbeprobung ausgeprägt. Die Unterschiede lassen sich durch ein stärker ausgeprägtes Wurzelsystem und höheren N-Entzügen der Bittersorten bei der Ernte erklären. Zudem konnte im Rahmen der Düngedokumentation festgestellt werden, dass bisher nicht immer bei der N-Düngung zwischen den Sortengruppen oder Ertragsniveaus differenziert wurde. Eine differenzierte N-Düngung in Abhängigkeit von der Sorte und des standortbedingten Ertragsniveaus wird als Optimierungsansatz bei der N-Düngung im Hopfen angesehen.

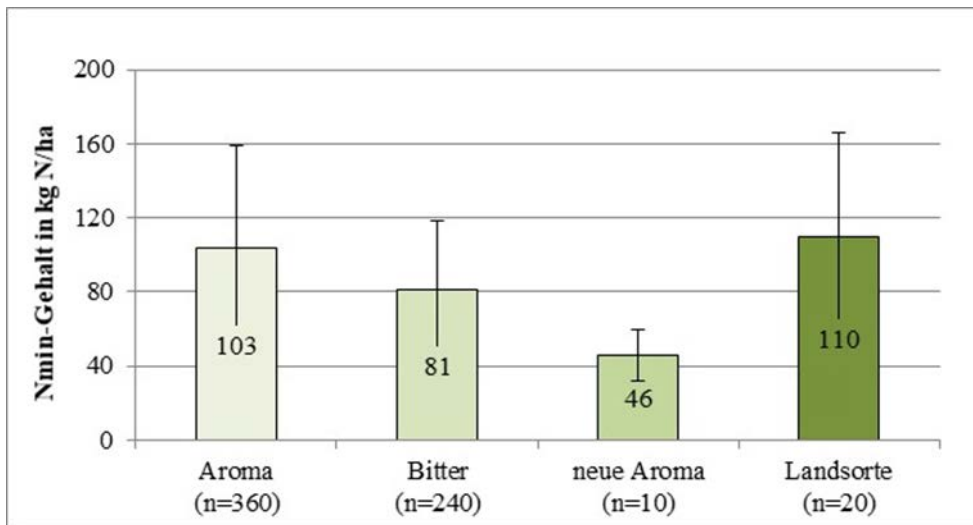


Abb. 4.5: N_{\min} -Gehalte im Mittel über alle Beprobungstermine gegliedert nach Sortengruppen (2018-2021)

Im Rahmen des Projektes wurde auch die organische Düngung aller Betriebe exakt erfasst und es konnten Kategorien gebildet werden, nach denen die N_{\min} -Gehalte betrachtet wurden. Dabei düngten 3 von 21 Betrieben ihre Hopfenflächen ohne jeglichen organischen Dünger, 4 Betriebe düngten mit einem organischen Dünger (ohne Rebenhäcksel), 7 Betriebe applizierten organische Dünger ausschließlich in Form von Rebenhäckseln und wiederum 7 Betriebe düngten zusätzlich zu den Rebenhäckseln im Herbst noch weitere organische Dünger. Bei Betrachtung der Frühjahrs- N_{\min} -Gehalte in Abhängigkeit von der organischen Düngung lässt sich eine klare Tendenz erkennen (Abb. 4.6). Je mehr organischer Dünger im Betrieb eingesetzt wurde, desto höher lagen im Mittel die N_{\min} -Gehalte. Die langfristige Düngewirkung des organisch gebundenen Stickstoffs in den organischen Düngern spiegelt sich also im N_{\min} -Gehalt wider. Die Stickstoffnachlieferung von organischen Düngern ist deshalb bei der mineralischen Ergänzungsdüngung zu berücksichtigen.

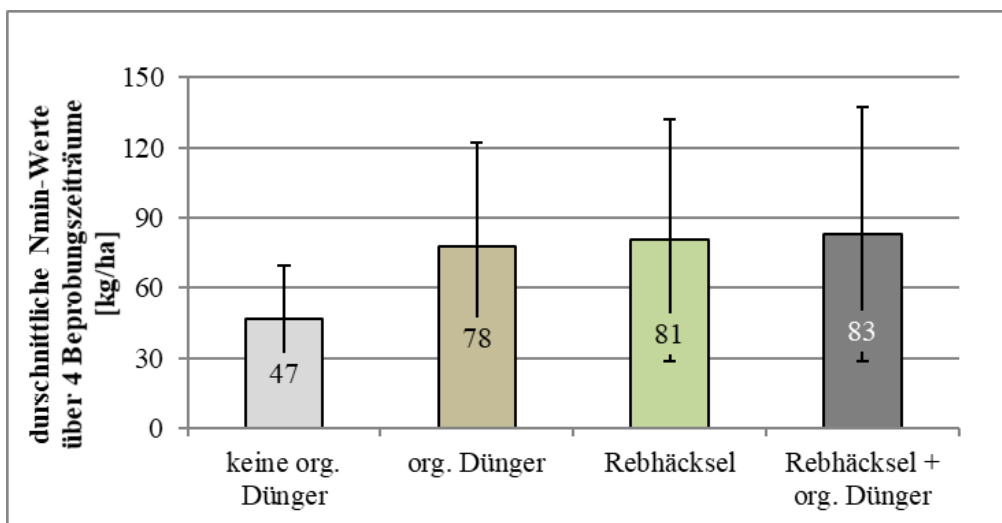


Abb. 4.6: Frühjahrs- N_{\min} -Gehalte im Mittel über 4 Beprobungen in Abhängigkeit von den eingesetzten organischen Düngern im Betrieb (2018-2021)

Im Hinblick auf den Einfluss der Bodenart auf den mittleren N_{\min} -Gehalt in den 4 Jahren der Beprobung konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Abb. 4.7). Tendenziell am niedrigsten waren die N_{\min} -Gehalte von Flächen auf sehr leichten Standorten (02). Den höchsten Mittelwert im N_{\min} -Gehalt zeigten mittlere Standorte mit sandigem Lehm (04).

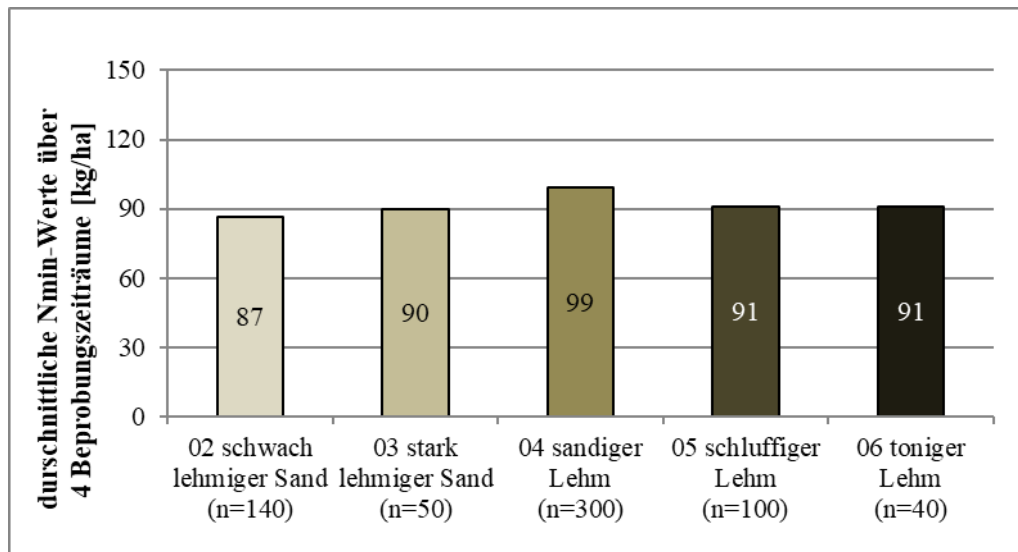


Abb. 4.7: N_{\min} -Gehalte im Mittel aller Beprobungstermine in Abhängigkeit von der Bodenart (2018-2021)

4.4 Versuche zur Kompostierung und Verwertung von Hopfenrebenhäcksel zur Optimierung der Nährstoffeffizienz des organisch gebundenen Stickstoffs (ID 6239)

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenbau, Produktionstechnik
Finanzierung:	Erzeugergemeinschaft HVG e. G.
Projektleiter:	J. Portner
Bearbeitung:	A. Schlagenhauer, 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 Hopfenanbaugbiet Hallertau bewirtschaften 860 Betriebe knapp 17 000 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, wurden über drei Jahre hinweg umfassende Kompostier- und Feldversuche mit Hopfenrebenhäcksel durchgeführt.

Projektziele

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

Methodik

Der Versuchsaufbau des Projektes gliederte sich in vier Teile (Arbeitspakete (AP) 1 bis 4): Die Versuchsbasis bildeten Kompostiersversuche (AP 1), bei denen im kleinen Maßstab (Mietengröße ca. 1,5 m³) die grundlegenden Bedingungen für eine aerobe Kompostierung erarbeitet wurden. Parallel wurde in einem weiteren Versuch Rebhäckselmaterial 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 hatte mehrere Ziele. Zum einen sollten die gewonnenen Erkenntnisse unter kleinmaßstäblichen Bedingungen auf ihre Praxistauglichkeit geprüft werden. Zum anderen sollte 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 stammte 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 bildeten (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 wurden im Rahmen dieses Projektes weiter intensiviert.



aerober Kompost

MC-Verfahren

Silage

klassische Lagerung

Ausbringung der generierten Substrate als organische Dünger auf Feldversuche und Gefäßversuche



Abb. 4.8: Darstellung Versuchsschema:

oben: AP 2, praxisnaher Kompostierversuch

unten links: AP 4, Feldversuch Hopfen, Rebenhäckselausbringung im Mai

unten rechts: AP 3, Parzellenversuche mit Rebenhäcksel

Ergebnisse

Kleinkompostierversuche (AP 1):

Im Rahmen der Kleinkompostierversuche konnte im ersten Versuchsjahr die grundlegende Kompostierbarkeit von Hopfenrebenhäckseln untersucht werden. Dabei wurden 6 Kompostboxen mit homogenem Rebenhäckselmaterials gleichermaßen befüllt und während der Heißrottephase in unterschiedlichen Intervallen umgesetzt. Während der Kompostierung wurden in regelmäßigen Abständen Messungen der wesentlichen Prozessparameter durchgeführt (Temperatur sowie O₂-, CO₂-, CH₄-, H₂S- und NH₃-Konzentration) Zusätzliche wurde der Trockenmasse- und Stickstoffverlust der 6 Varianten ermittelt. Austretendes Sickerwasser wurde aufgefangen und auf Nitrat untersucht.

Abb. 4.9 zeigt den Temperaturverlauf in den sechs Kompostboxen. Ein Einfluss der Umsetzhäufigkeit ist nicht festzustellen (Box 1 wurde am häufigsten umgesetzt, Box 6 wurde nicht umgesetzt). Bereits kurz nach dem Ansetzen der Boxen kam es zu einem starken Temperaturanstieg auf über 60 °C. Während der ersten sieben Tage blieben die Temperaturen auf diesem Niveau und fielen dann kontinuierlich ab.

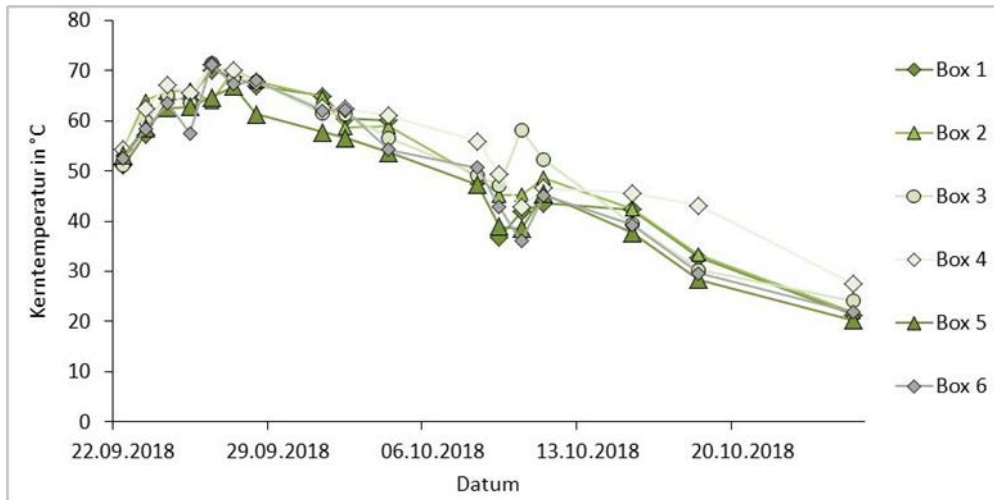


Abb. 4.9: Verlauf der Kerntemperatur in den Kompostboxen (Mittelwert aus 50 und 75 cm Tiefe; jeweils 2 Einstiche von oben und 2 seitlich)

Auch in den Trockenmasseverlusten (33%) und den Stickstoffverlusten (14%) unterschieden sich die Varianten aufgrund ihrer Umsetzhäufigkeit nicht. Sickerwasser trat aufgrund der relativ guten Durchlüftung der Kompostboxen nicht auf, weshalb die Stickstoffverluste ausschließlich gasförmig waren. Im zweiten Versuchsjahr wurde daher untersucht, ob mithilfe der Zugabe von Chabazite bzw. Pflanzenkohle die gasförmigen N-Verluste reduziert werden können. Durch die Zugabe der Zuschlagsstoffe konnte die Kompostierung nicht wesentlich beeinflusst werden. Die Kleinkompostierversuche im 3. Versuchsjahr wurden dazu genutzt, um in Zusammenarbeit mit der *Verticillium*-Forschung am Hopfen (LfL-Arbeitsgruppe IPZ 5b) Versuche zur thermischen Behandlung von mit *Verticillium* befallenen Rebenhäckseln anzulegen. Die Ergebnisse aus diesen Versuchen können den Jahresberichten des Forschungsprojekts zur *Verticillium*-Welke entnommen werden.

Praxisnaher Kompostierversuch (AP 2):

Im praxisnahen Kompostierversuch wurde das Rottegut der folgenden 5 Varianten auf die Parameter Frischmasse (FM), TS-Gehalt, Trockenmasse (TM) und N-Gehalt in der TM zu Beginn und zum Ende des jeweiligen Verfahrens untersucht.

- klassische Ablagerung → 4 Wochen (September-Oktober)
 - aerobe Kompostierung
 - MC-Verfahren
 - Silierung
 - Überlagerung → 1 Jahr (September-September)
- } 7 Monate (September- Mai)

Bereits nach 4-wöchiger Ablagerung der Rebenhäckseln, entsprechend der derzeitigen Praxis, konnten im Mittel der Jahre Trockenmasseverluste von rund 20 % und Stickstoffverluste von 8 %, welche hauptsächlich auf gasförmige Verluste zurückzuführen sind, festgestellt werden (Abb. 4.10). Bei den beiden Kompostierverfahren stiegen die Verlustraten in nahezu gleichem Umfang mit längerer Lagerzeit an. Dabei lagen die Trockenmasseverluste im Bereich von 50 % und die Stickstoffverluste bei der aeroben Kompostierung bei 14 % und beim MC-Verfahren bei 21 %. Bei der Silierung traten erwartungsgemäß weder nennenswerte Masse- noch Stickstoffverluste auf. Bei dem Verfahren „Überlagerung“ lagen die Trockenmasseverluste bei rund 60 %, die N-Verluste bei 28 %.

Bei allen Varianten waren die kumulierten N-Austräge über den Sickersaft sehr niedrig.

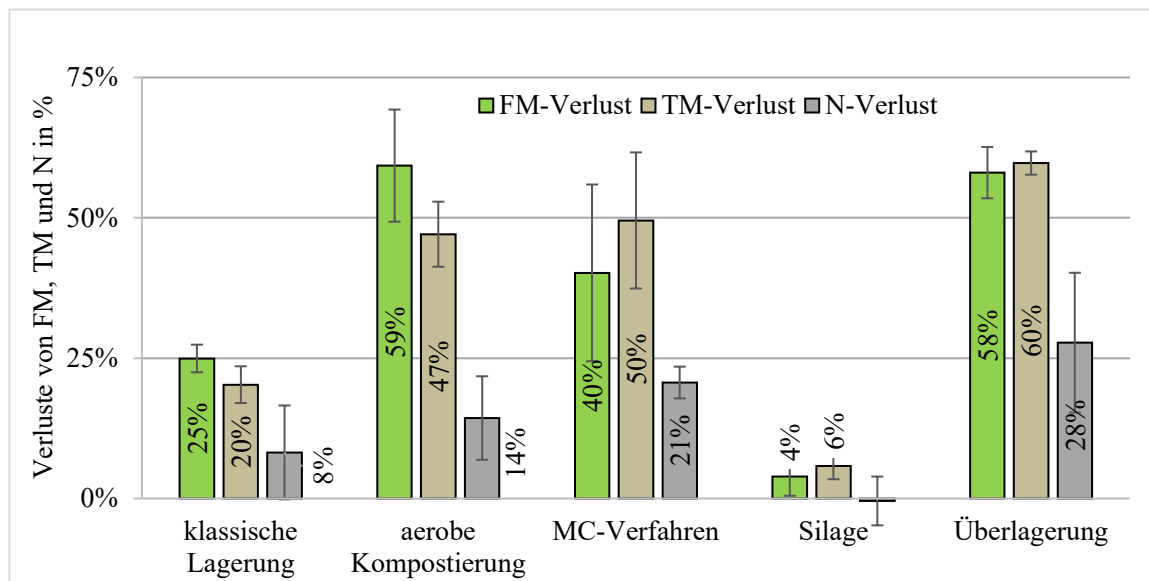


Abb. 4.10: Frischmasse-, Trockenmasse- und N-Verluste in % in Abhängigkeit vom Lagerverfahren

Parzellenversuche im Getreide (AP 3):

In Form von wiederholten Parzellenversuche wurden die Substrate der „klassischen Lagerung“, der „aeroben Kompostierung“, des „MC-Verfahrens“ und der „Silage“ im Vergleich zu einer Nullkontrolle und einer Mineraldüngervariante auf ihre N-Effizienz als organischer Dünger untersucht werden. Dazu wurden die organischen Dünger jährlich auf gleicher N-Basis auf die jeweiligen Parzellen ausgebracht. Dabei waren die Parzellen in Bracheparzellen, die lediglich die N-Mineralisation aus den Rebenhäckseln im Freiland zeigen sollten, und bepflanzen Getreideparzellen, mithilfe derer die N-Düngewirkung der Substrate untersucht werden sollten, aufgeteilt.

Im ersten Versuchsjahr wurden die organischen Dünger auf Grünroggen ausgebracht, da dieser einen hohen Anspruch an die Stickstoffversorgung stellt. Die im Herbst ausgebrachten Rebenhäckseln steigerten beim Grünroggen die Biomasseproduktion um knapp 7 % im Vergleich zur Nullkontrolle und die Stickstoffaufnahme war – unter Berücksichtigung der Veränderung der N_{\min} -Vorräte bis 90 cm Tiefe von der Aussaat bis zur Ernte – um 46 kg N/ha höher. Allerdings ließen sich diese Unterschiede statistisch nicht absichern.

Der darauffolgende Sommerhaferbestand entwickelte sich unabhängig von der Variante nur sehr schwach. Ursache hierfür ist vermutlich die versuchs- und witterungsbedingt sehr späte Aussaat in Verbindung mit der im Anschluss herrschenden Trockenheit.

Unterschiede in der N-Düngewirkung zwischen den organischen Düngern konnten bis dahin nicht festgestellt werden. Die weitere Fruchtfolge bestand aus Winterweizen - Zwischenfrucht - Silomais. Zu den beiden letzten Hauptkulturen Weizen und Mais liegt noch keine Ernteausschüttung vor.

Feldversuche im Hopfen (AP 4):

In den Feldversuchen im Hopfen wurde das Hauptaugenmerk auf die Untersuchung der kurz- und langfristigen N-Düngewirkung von im Herbst – entsprechend der derzeitigen Praxis – ausgebrachten Rebenhäckseln gelegt. Dafür wurde im Herbst 2018 ein Feldversuch auf leichtem Standort mit der Sorte Herkules angelegt. Aus nachfolgender Tabelle können die Düngevarianten des Feldversuches entnommen werden.

Tab. 4.2: Düngevarianten des Feldversuchs Hopfen

Monat KW	Okt 19		April					Mai					Juni				Juli				Gesamt [kg N/ha]
	Rebh.	N _{ges}	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Kontrolle					50				40											90	
Rebh. Herbst	15 t	90			50				40											180	
Mineralisch					50				40				45				45			180	

Die N-Düngewirkung von Hopfenrebenhäckseln konnte anhand der N-Entzüge bei der Versuchsernte festgestellt werden. In der Abb. 4.11 sind die Stickstoffentzüge bei der Ernte gegliedert in Dolden- und Restpflanzenentzug der 3 Varianten im Mittel von 3 Versuchsjahren dargestellt. Die N-Düngewirkung der Rebenhäckseln lässt sich anhand der Differenz zwischen „Kontrolle“ und „Rebh. Herbst“ ableiten. Mit einem nur 15 kg N/ha höheren Stickstoffentzug kann die kurzfristige N-Düngewirkung aus Rebenhäckseln als gering angesehen werden.

Um eine Aussage zur langfristigen N-Düngewirkung von Rebenhäckseln tätigen zu können, wird dieser Teilversuch weiterverfolgt und langjährig betrachtet.

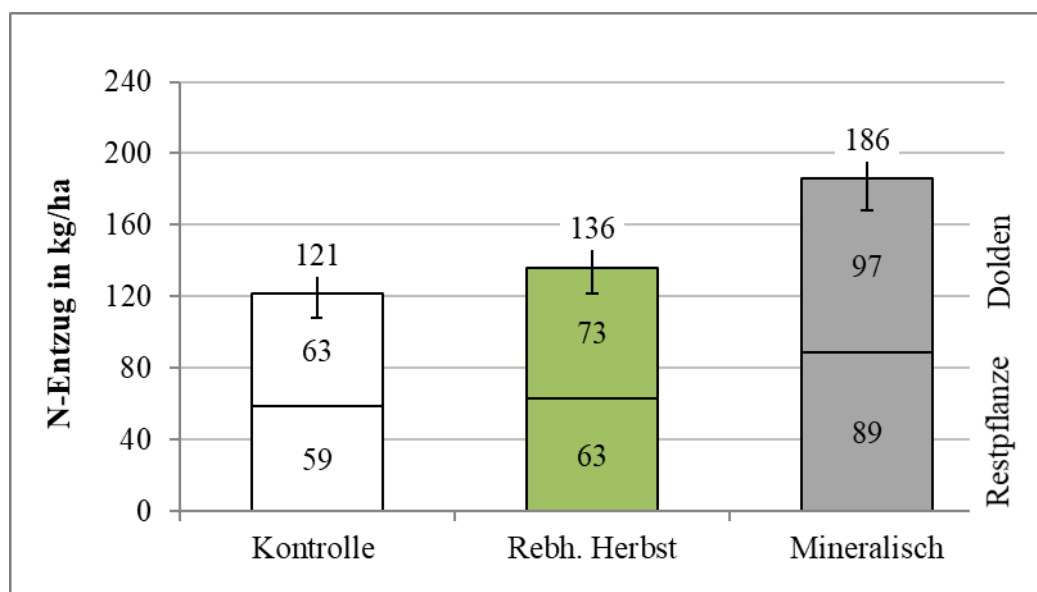


Abb. 4.11: 3-jährig mittlere N-Entzüge gegliedert in Dolden- und Restpflanzenentzug in Abhängigkeit der N-Düngung (Kontrolle = 90 N mineralisch; Rebh. Herbst = 90 N mineralisch + 90 N via Rebh.; Mineralisch = 180 N mineralisch) 2018-2021, Sorte Herkules, leichter Standort

4.5 Eignung verschiedener laubvolumen- und laubwandflächen-bezogener Pflanzenschutzdosiermodelle im Hopfenbau (Bachelorarbeit Tobias Berger)

Bearbeitung: T. Berger (Bachelorarbeit)
A. Schlagenhauser (LfL)

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

Laufzeit: Mai 2021 - September 2021

Hintergrund und Ziel der Arbeit

Von der European and Mediterranean Plant Protection Organization wird die Einführung eines neuen Pflanzenschutzdosiermodells im Hopfen mit Bezug zur Laubwand gefordert. Denkbar wäre der Einsatz des Leaf Wall Area-Modells (LWA) oder des Tree Row Volume-Modells (TRV). Dieses soll das derzeitige entwicklungsstadienbezogene Modell ersetzen. Dabei soll die Dosierung der Pflanzenschutzmittel nicht mehr, wie bisher in drei Stufen erfolgen, sondern angepasst an die Laubfläche der Kulturen. Somit soll in allen Raumkulturen ein einheitliches Bezugssystem vorhanden sein, was die Übertragung von Zulassungen von Pflanzenschutzmitteln zwischen den Kulturen und unterschiedlicher Anbauverfahren erleichtert. Um die Eignung der verschiedenen Modelle für den Hopfenbau festzustellen, wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit neben Wuchshöhen- und Breitenmessungen auch Blattflächenmessungen an den Hopfenpflanzen durchgeführt.

Methodik

Die Versuche zu den Messungen wurden an zwei Standorten mit den Sorten Perle und Herkules angelegt. Von jeder Sorte wurden zu Beginn der Vegetation zehn Pflanzen mit zwei Aufleitungen ausgewählt, von denen wöchentlich die Wuchshöhe und die durchschnittliche Breite der Rebe gemessen wurden. Bei der Längenmessung wurde jeder einzelne Trieb der Aufleitungen vermessen. Außerdem wurden an drei Terminen je drei Reben beider Sorten einer Blattflächenmessung unterzogen. Dazu wurden alle Blätter der Reben händisch gezupft und nach ihrer Größe sortiert. Für die Sortierung wurden 10 Kategorien mit Schablonen angelegt. So konnte ein abgezupftes Blatt mit der Schablone verglichen und in die entsprechende Kategorie einsortiert werden. In Abb. 4.12 ist beispielhaft die Schablone für die Kategorie 8 dargestellt.



Abb. 4.12: Schablone zur Ermittlung der Größe der Blattoberfläche

Am Schluss wurden alle Blätter der Kategorien gezählt und mit der gemessenen Blattfläche der jeweiligen Schablone multipliziert. In Abb. 4.13 ist der Versuchsaufbau zum Abzupfen, Sortieren und Auszählen der Laubblätter zu erkennen.



Abb. 4.13: Versuchsaufbau zum Abzupfen, Sortieren und Zählen der Laubblätter ausgewählter Hopfenreben

Durch diese Vorgehensweise entstand für jeden Termin und jede Sorte ein genauer Wert, der der Realität am besten entspricht. Da beim letzten Termin der Blattflächenmessung (Mitte August) auch Dolden vorhanden waren, wurden diese ebenfalls gepflückt und gezählt. Dann wurden diese fotografiert und die Bilder mit dem Bildverarbeitungsprogramm „ImageJ“ ausgewertet. Der Fotoaufbau ist in Abb. 4.14 dargestellt. So konnten die Dolden mit der Software gezählt und die Oberfläche in cm^2 ermittelt werden. Verrechnet mit den Ergebnissen aus den Blattflächenmessungen entstand dann für jede Rebe eine gesamte Laubfläche.



Abb. 4.14: Aufbau zur Fotografie der Hopfendolden

Die Wuchshöhen- und Breitenmessungen wurden benötigt, um die Modelle der LWA und TRV nach vorgegebenen Formeln zu berechnen. Die beiden Dosiermodelle berechnen sich wie folgt:

$$LWA = \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{Reihenabstand [m]}} * \text{behandelte Laubwandhöhe} * \text{Seitenzahl}$$

$$TRV = \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{Reihenabstand [m]}} * \text{behandelte Laubwandhöhe} * \text{mittlere Breite [m]}$$

Beide Modelle wurden nach der Berechnung mit den selbst gemessenen Blatt- und Doldenflächen verglichen, um so herauszufinden, welches Dosiermodell nun am besten zur Realität passt. Dabei wurde beim LWA-Modell zwischen LWA-2Seiten und LWA-4Seiten, und beim TRV-Modell zwischen TRV-Reihe, TRV-Zylinder und TRA-Zylinder unterschieden. Diese Formeln unterscheiden sich lediglich hinsichtlich ihrer Berechnungsgrundlage.

Ergebnisse

Einen Überblick über die Größe der gemessenen Laubflächen und die Anzahl der Blätter und Dolden pro Rebe gibt die nachfolgende Tabelle. Die geringen Laubflächen bei der Sorte Herkules bei T3 könnten sich durch die zum Zeitpunkt der Messung noch nicht vollständig ausgebildeten Dolden ergeben.

Tab. 4.3: Größe der Laubfläche und Anzahl der Blätter und Dolden pro Rebe bei den Sorten Herkules (HKS) und Perle (PER) an drei verschiedenen Terminen

	HKS			PER		
	23. Jun	22. Jul	19. Aug	23. Jun	22. Jul	19. Aug
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Doldenfläche/Rebe [m ²]	--	--	6,5	--	--	9,3
Blattfläche/Rebe [m ²]	3,05	14,02	15,46	3,03	11,71	12,50
Laubfläche/Rebe [m²]	3,05	14,02	21,99	3,03	11,71	21,77
Dolden/Rebe	--	--	6.109	--	--	9.144
Blätter/Rebe	259	2.128	3.249	204	2.475	3.073

Bei der Dosierung der Pflanzenschutzmittel spielt die zu benetzende Oberfläche der Blätter und später auch der Dolden eine wesentliche Rolle. Damit einher geht eine ausreichende Wasseraufwandmenge, um genügend Wirkstoff an die zu schützenden Pflanzenteile zu transportieren. In der Vergangenheit wurden daher Konzentrationsangaben verwendet, die es ermöglichten, in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium und der Blattmasse die notwendige Wirkstoffmenge zu applizieren. Insbesondere bei der Anwendung von Kontaktmitteln ist eine gleichmäßige Benetzung mit ausreichend Wirkstoff entscheidend für den Bekämpfungserfolg.

Um die verschiedenen Dosiermodelle bzgl. ihrer Eignung bewerten zu können, sollten sich diese stets an dem Referenzwert „gemessene Blatt- und Doldenfläche“ orientieren (Abb. 4.15).

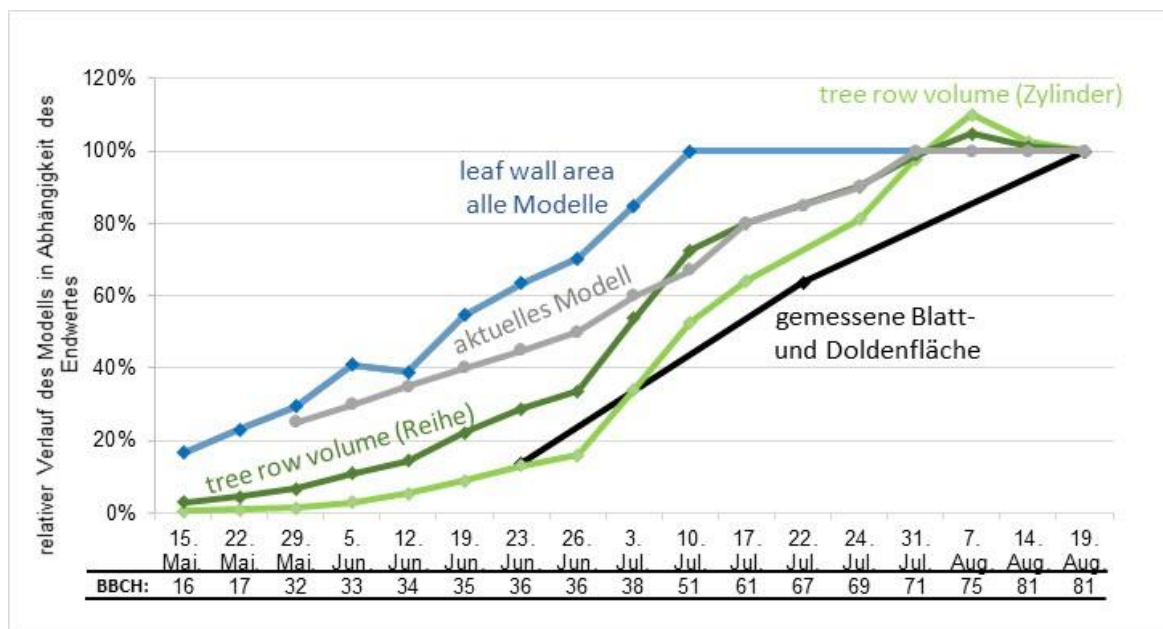


Abb. 4.15: Prozentuale Veränderung der Dosiermodelle in Abhängigkeit vom Endwert am 19. August bei der Sorte Perle

Alle errechneten Modelle (LWA, TRV-Reihe und TRV-Zylinder) und auch das aktuelle, stadienbasierte Stufenmodell eilen der tatsächlichen Blatt- und Doldenfläche etwas voraus. Am deutlichsten unterscheiden sich die LWA-Modelle. Problematisch ist hier vor allem der hohe Anstieg in frühen Stadien der Hopfenpflanzen. Die Formel der LWA berücksichtigt nur die Wuchshöhe der Triebe. Zu Beginn der Vegetation haben die Pflanzen zwar schnell große Trieb-längen erreicht, die tatsächlichen Laubflächen sind aber aufgrund kleiner, weniger Blätter noch gering. Aus diesem Grund ergeben sich die großen Abweichungen zwischen beiden LWA-Modellen und der Realität. Ein weiteres Problem dieses Modells stellt das Erreichen der maximalen Gerüsthöhe dar. Sobald die Triebe Ende Juni mit ca. 7 m ihre maximale Wuchshöhe erreicht haben, verändert sich der Wert der LWA nicht mehr, da die Wuchshöhe konstant bleibt. Tatsächlich ist jedoch ab diesem Datum noch ein deutlicher Anstieg der Laubflächen und später der Doldenoberfläche zu erkennen, welcher im LWA-Modell nicht berücksichtigt werden kann.

Besser passen die TRV-Modelle. Zu Beginn der Vegetation kommen diese den gemessenen Laubflächen am nächsten, da neben der Wuchshöhe auch die Breite der Pflanzen berücksichtigt wird. Ab Mitte Juni ist dann ein stärkerer Anstieg zu erkennen. Dieser begründet sich durch stark wachsende Seitentriebe, die den Durchmesser der Rebe stark vergrößern und somit auch das scheinbare Volumen steigen lassen. Das Volumen der Pflanzen steigt in Realität zwar weiter an, aber nicht so stark wie durch das TRV-Modell berechnet wird.

Interessant ist in der grafischen Darstellung, dass das bisherige stadienbasierte Stufenmodell gute Parallelen mit den TRV-Modellen aufweist. Dies ist auch naheliegend, da für eine Benetzung aller Pflanzenteile hauptsächlich die Pflanzenmasse und somit das Volumen maßgeblich ist und nicht die Fläche einer fiktiven Laubwand, die sich nach Erreichen der Gerüsthöhe nicht mehr ändert.

Für den Hopfenbau eignet sich das aktuelle Modell also nach wie vor am besten. Sollte dieses aber aus administrativen Gründen abgelöst werden, wird z. B. mit Korrekturfaktoren oder Konzentrationshinweisen eine Anpassung des neuen Dosiermodells an den tatsächlichen Blatt-flächenzuwachs des Hopfens nötig sein.

4.6 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 2021 zusammengefasst.

4.6.1 TS- und Alphasäurenmonitoring

In der Zeit vom 17.08. - 28.09.2021 wurden – über die Hallertau verteilt – von den Hopfensorten Hallertauer Mfr., Hallertauer Tradition, Perle, Hersbrucker Spät, Hallertauer Magnum und Herkules an mehreren Terminen (Aromasorten 5 und Bittersorten 7) 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.

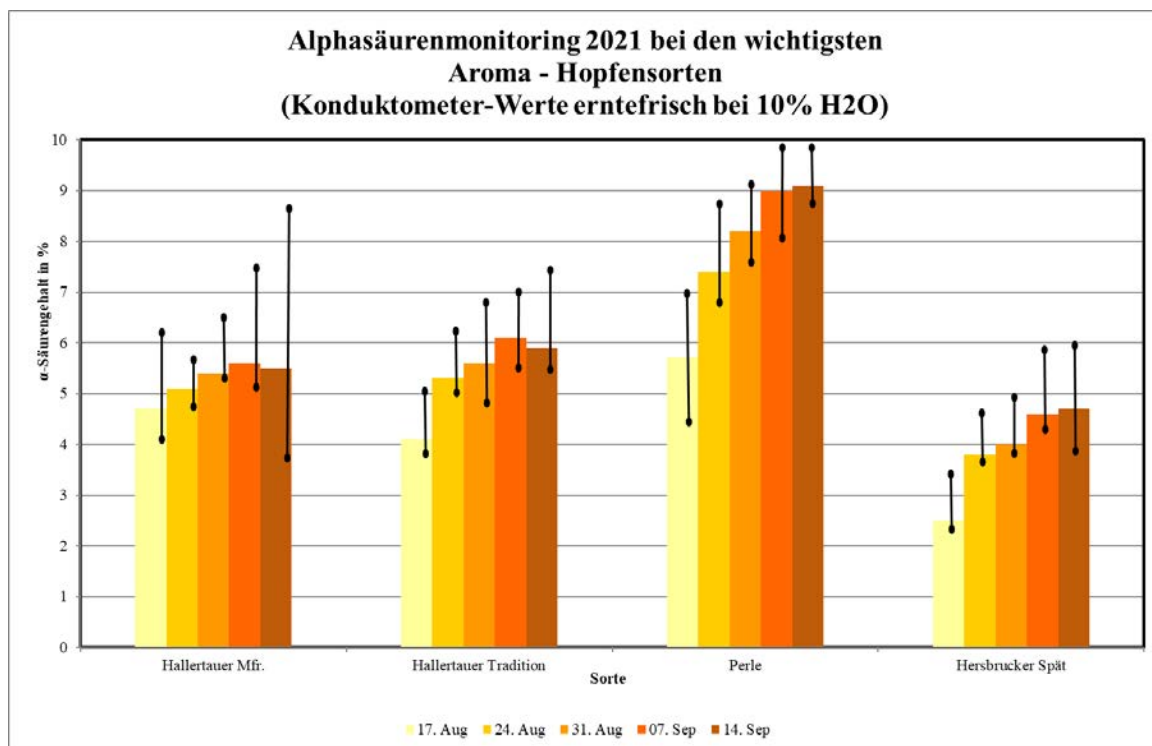


Abb. 4.16: Monitoring zur Entwicklung der Alphasäuregehalte 2021 bei den wichtigsten Aromasorten

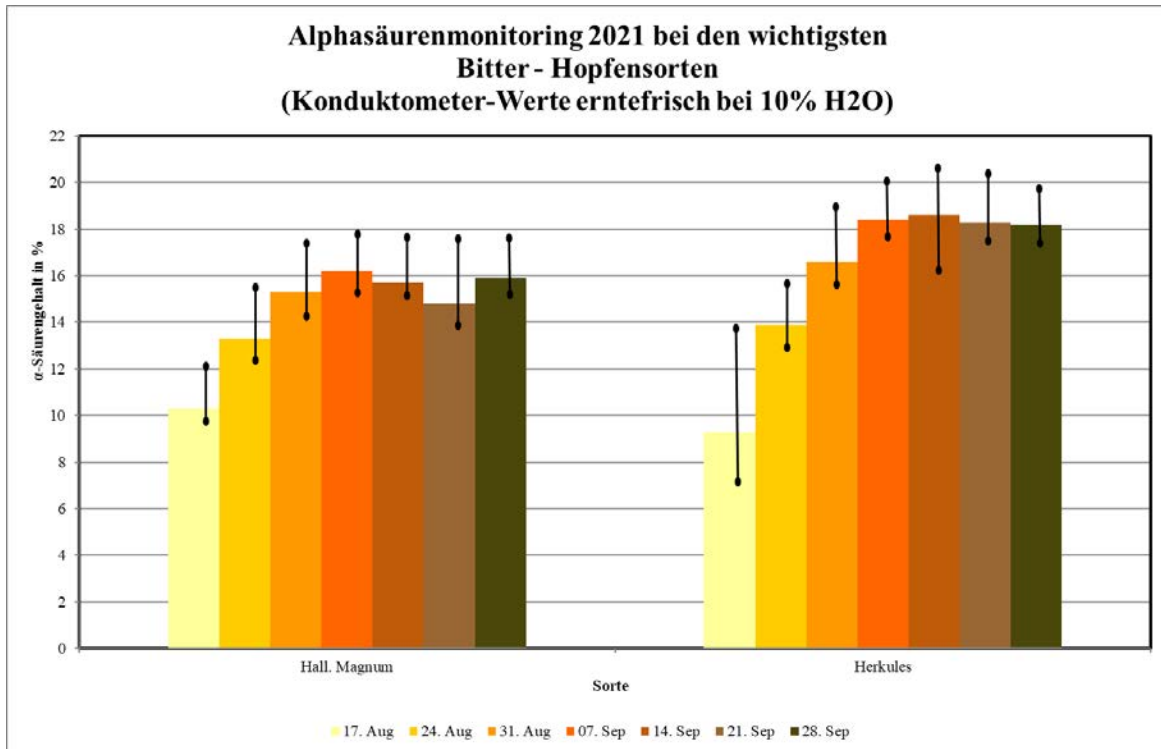


Abb. 4.17: Monitoring zur Entwicklung der Alphasäuregehalte 2021 bei den Hochalphasorten

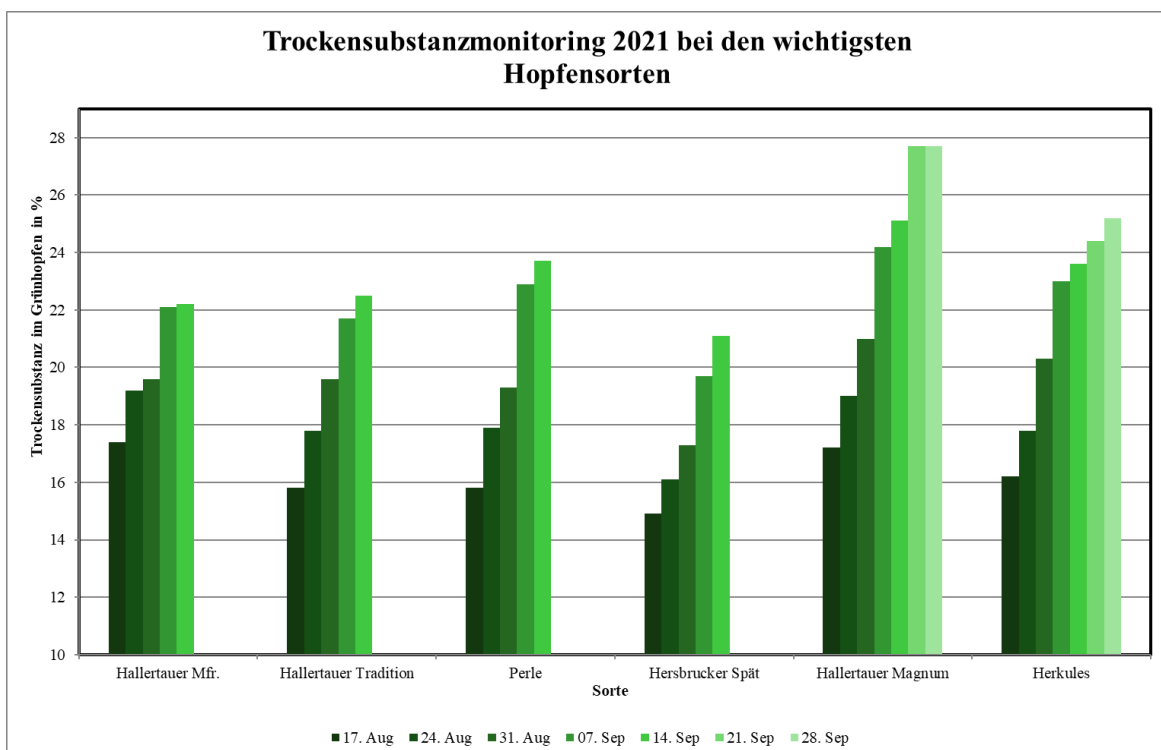


Abb. 4.18: Monitoring zur Entwicklung der Trockensubstanzgehalte 2021 der wichtigsten Hopfensorten

In einer grafisch neu aufbereiteten Übersicht wird ein Vergleich der Daten der Jahre 2020, 2021 sowie dem Durchschnitt der letzten 6 Jahre abhängig von den gestaffelten Erntezeitpunkten dargestellt. Dadurch kann das Alphasäurenniveau der einzelnen Sorten im Vergleich zu den Vorjahren besser beurteilt werden. Den nachfolgenden Abbildungen kann man entnehmen, dass die Alphasäuregehalte 2021 später angestiegen sind, was die Empfehlung für einen späteren Beginn der Erntereife im vergangenen Jahr bestätigt. Exemplarisch sind die Sorten Perle und Herkules dargestellt.

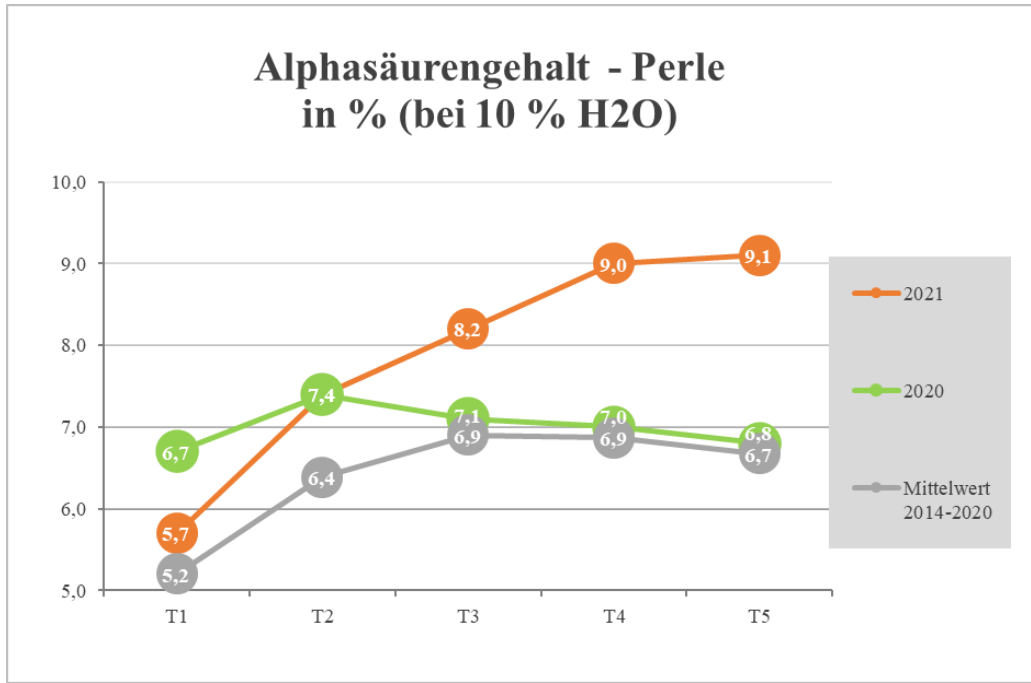


Abb. 4.19: Entwicklung der Alphasäuregehalte im Monitoring bei der Sorte Perle im Vergleich zu den Vorjahren.

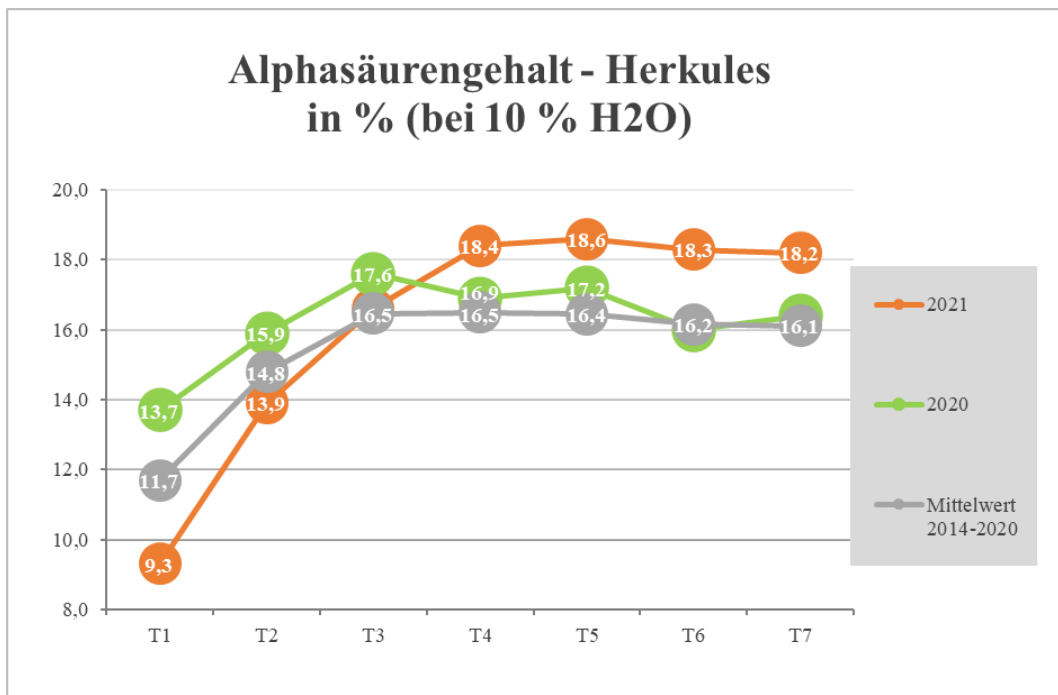


Abb. 4.20: Entwicklung der Alphasäuregehalte im Monitoring bei der Sorte Herkules im Vergleich zu den Vorjahren.

4.6.2 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 25. Mai bis 9. August 2021 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.

Einen Überblick über den Verlauf des Spinnmilben Befallsindex ist in der Abb. 4.21 exemplarisch dargestellt. Durch die kühle Frühjahrswitterung im Jahr 2021 konnten die ersten Spinnmilben erst zu einem späteren Zeitpunkt gefunden werden und der Befall entwickelte sich deutlich langsamer als in den beiden Vorjahren. Allerdings wurde durch einen sprunghaften Anstieg des Spinnmilbenbefalls die Bekämpfungsschwelle auf zahlreichen Flächen wie in den Vorjahren zur Kalenderwoche 26 überschritten. Die nachfolgenden Bekämpfungsmaßnahmen führen zu einem Rückgang des Befallsindex im Monitoring.

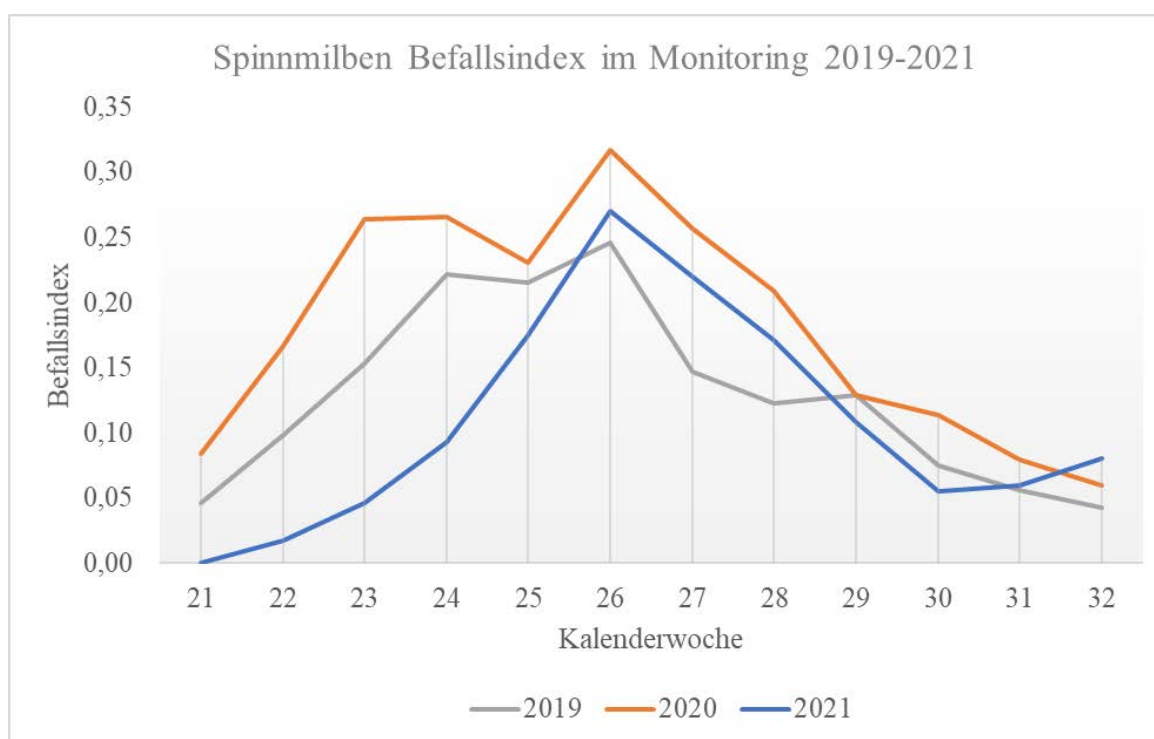


Abb. 4.21: Verlauf des Spinnmilben-Befallsindex als Mittelwert über alle 33 Monitoringstandorte

4.6.3 Chlorophyllmessungen an Hopfenblättern zur Einschätzung der Stickstoffversorgung und des Düngedarfs

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 Termin in 4 Wiederholungen je 20 Einzelmessungen an Blättern auf einer Höhe von ca. 1,6 m. Um eine Aussage zum tatsächlichen N-Versorgungszustand zu erhalten, werden 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 Mineraldüngeversuch klar identifizieren (Jahresbericht 2019).

Im Versuchsjahr 2021 wurden die Messungen bereits im 2. Jahr 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. Wie Abb. 4.22 entnommen werden kann, konnten über alle Termine hinweg anfangs geringere, aber ab Mitte Juni größere Unterschiede in der Stickstoffversorgung mithilfe des SPAD-Meters zwischen den Varianten erkannt werden.

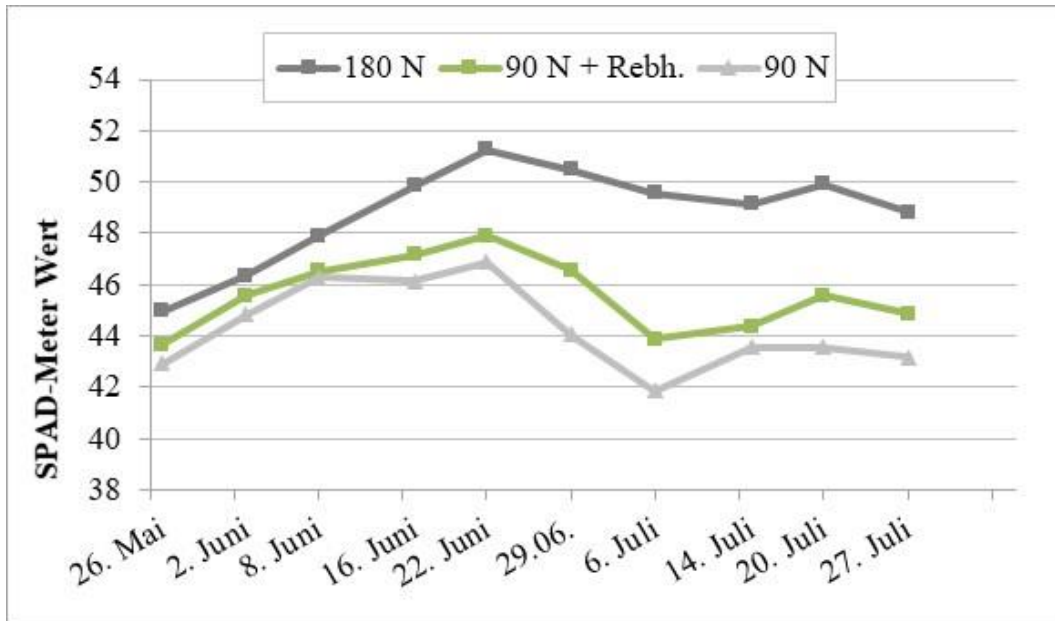


Abb. 4.22: SPAD-Werte im Jahresverlauf 2021 der Sorte Herkules auf leichtem Standort bei drei Düngeneiveaus: 180 N = 180 kg N/ha mineralisch, 90 N + Rebh. = 90 kg N/ha mineralisch + 100 kg N/ha organisch (Rebhäcksel), 90 N = 90 kg N/ha mineralisch (Kontrolle)

Abb. 4.23 zeigt den Zusammenhang zwischen den Chlorophyllmessungen mit dem SPAD-Meter und den gemessenen N-Gehalten in den Blättern. Im Jahr 2021 war es erst ab dem Zeitpunkt T6 (22. Juni) möglich, durch die Chlorophyllmessungen sehr exakt auf die tatsächlichen N-Gehalte in den gemessenen Blattspreiten und somit auf die N-Versorgung der Pflanzen Rückschlüsse zu ziehen. In diesem Versuch konnten höhere Bestimmtheitsmaße (R^2) von über 0,60 erst ab T6 erreicht werden. Die bisherigen Ergebnisse sprechen dafür, dass der Zusammenhang zwischen den gemessenen Chlorophyllwerten und der tatsächlichen Stickstoffversorgung zu früheren Terminen nicht so exakt hergestellt werden kann als später in der Vegetation.

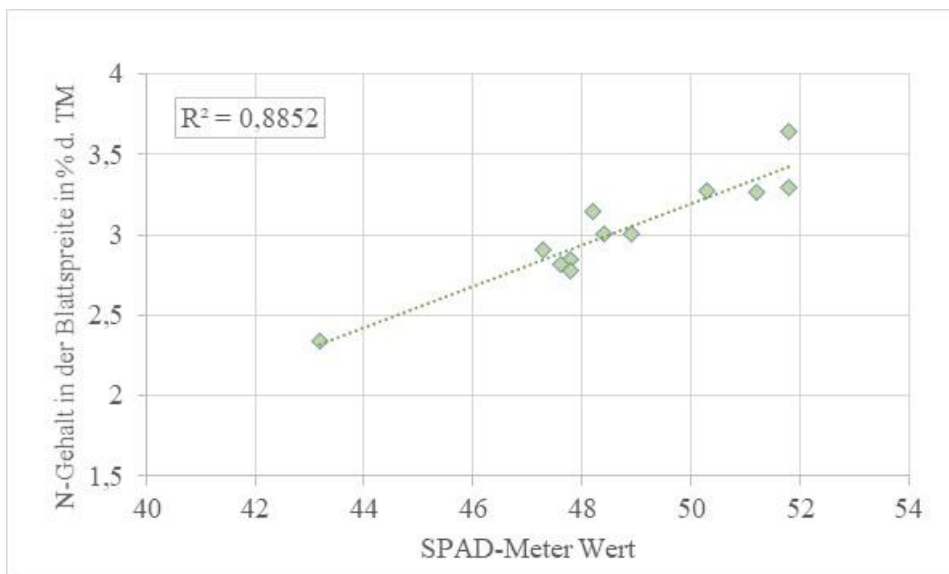


Abb. 4.23: N-Gehalte der Blattspreiten in % d. TM in Abhängigkeit vom SPAD-Meterwert, HKS, leichter Standort, T6 = 22.06.2021

4.6.4 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.

4.7 Beratungs- und Schulungstätigkeit

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

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

4.7.1 Informationen in schriftlicher Form

- Das „Grüne Heft“ Hopfen 2021 – 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 2 100 Stück von der LfL an die ÄELF und Forschungseinrichtungen und vom Hopfenring Hallertau an die Hopfenpflanzer verteilt.
- In der 74-seitigen LfL-Informationsschrift „Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen“ wurden langjährige Versuchsergebnisse und Praxiserfahrungen in ein umfassendes Nachschlagewerk zur Bewässerung und Düngeeinspeisung bei Hopfen zusammengefasst und über die Erzeugergemeinschaft HVG allen Hopfenpflanzern zur Verfügung gestellt.
- Über das Ringfax des Hopfenrings (2021: 68 Faxe in der Hallertau, Spalt und Hersbruck ca. 1000 Abonnenten) wurden in 33 Faxen aktuelle Hopfenbauhinweise und Warndienstaufträge der LfL an die Hopfenpflanzer verschickt.
- In einem ER-Rundschreiben des Hopfenrings, 9 Monatsausgaben der Hopfen-Rundschau und 3 Artikeln in der Hopfenrundschau international wurden Beratungshinweise und Fachbeiträge für die Hopfenpflanzer und Brauwirtschaft veröffentlicht.

4.7.2 Internet und Intranet

Warndienst- und Beratungshinweise, Fachbeiträge, Vorträge und 3 Videos wurden über das Internet für die Hopfenpflanzer zur Verfügung gestellt.

4.7.3 Telefonberatung, Ansagedienste

- Der Peronospora-Warndienst wurde in der Zeit vom 11.05. - 01.09.2021 von der Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik in Wolnzach in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Pflanzenschutz in Hüll erstellt und zur Abfrage über den Anrufbeantworter (Tel. 08161 8640 2460) oder das Internet 79mal 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.

4.7.4 Vorträge, Tagungen, Führungen, Schulungen und Versammlungen

- wöchentlicher Erfahrungsaustausch während der Vegetationszeit mit den Ringfachberatern
- 15 Fachvorträge
- diverse Tagungen, Fachveranstaltungen, Seminare oder Workshops

4.7.5 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
- Durchführung eines BiLa-Seminars „Hopfenbau“ an 4 Abenden
- 1 Schultag des Sommersemesters der Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen
- 1 Informationsveranstaltung für Berufsschüler von Pfaffenhofen
- 1 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 2021

Im Anbaujahr 2021 waren insgesamt sieben Spritzaufrufe gegen die Peronospora Sekundärinfektion, sowohl für anfällige als auch tolerante Sorten notwendig.

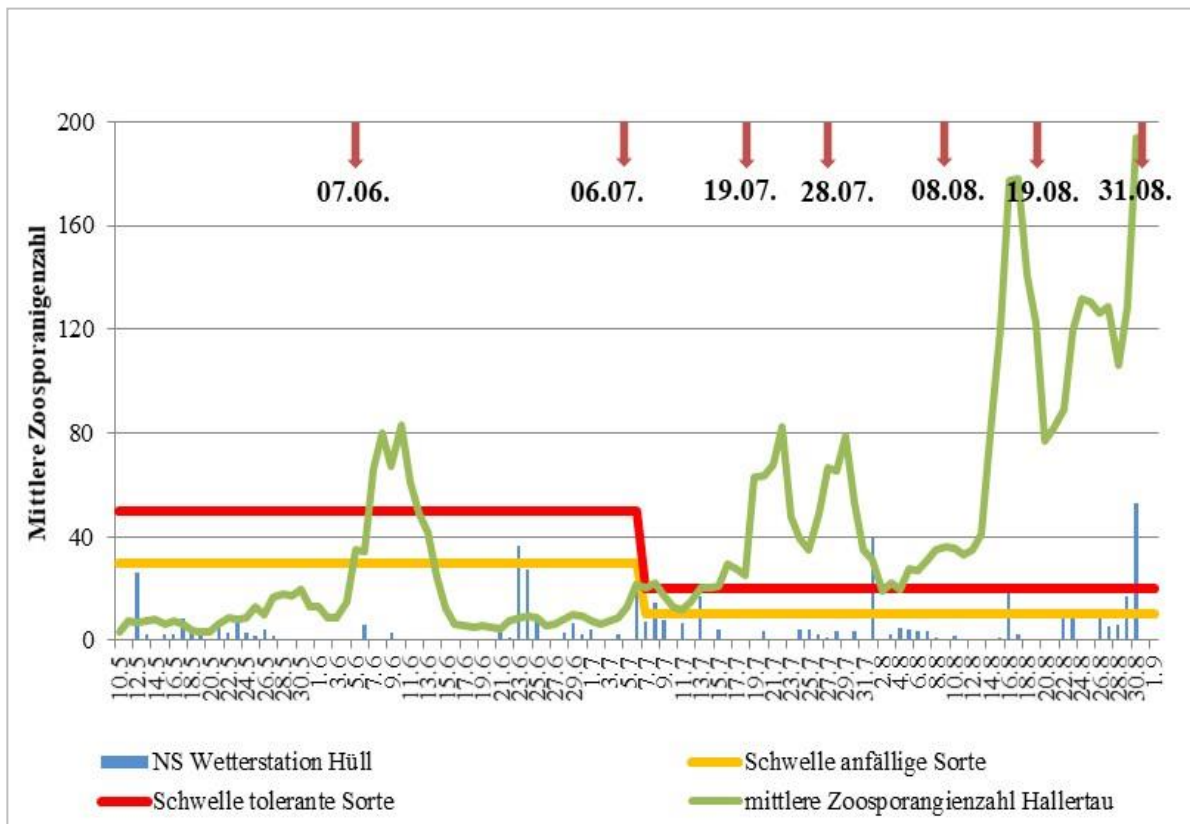


Abb. 5.1: Darstellung des Peronospora-Warndienst 2021 (Mittlere Zoosporanzahl Hallertau (4-Tagessumme, 5 Orte) und Bekämpfungsaufrufe), Quelle IPZ 5a

5.1.2 Zuflug der Aphisfliege 2021

Beim Aphisfliegenzuflug im Anbaujahr 2021 im Raum Wolnzach wurden keine Besonderheiten festgestellt. Die ersten Aphisfliegen wurden im Mai auf den Winterwirten entdeckt. Bis Mitte Juni nahm der Zuflug zu und klang anschließend bis Ende Juni ab.

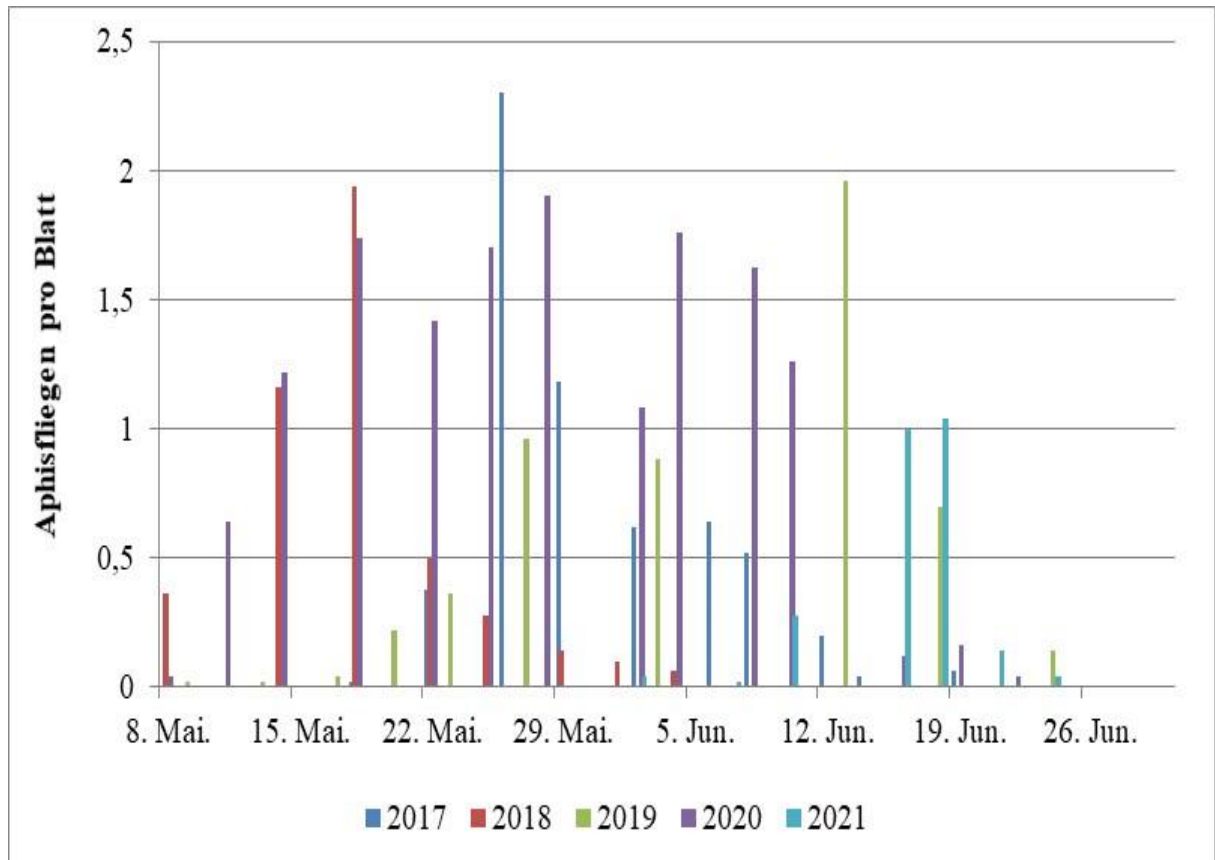


Abb. 5.2: Zuflug der Aphisfliege im Raum Wolnzach der Jahre 2017 - 2021

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

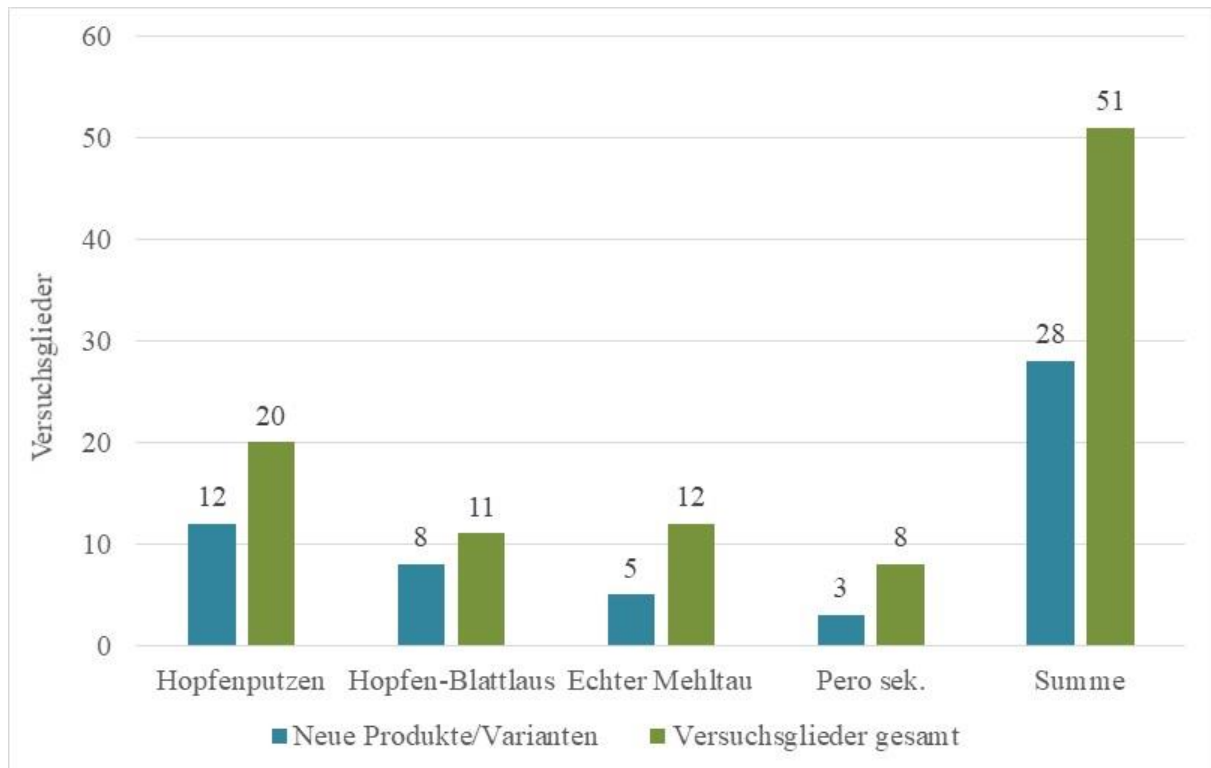


Abb. 5.3: GEP-Versuche der Amtliche Mittelprüfung 2021

Im Versuchsjahr 2021 wurden in der Amtlichen Mittelprüfung sechs AMP-Versuche nach GEP-Norm durchgeführt (Abb. 5.3). Bei diesen GEP-Versuchen wurden fünf Indikationen abgedeckt, wodurch auf ca. 5 ha 28 neue Produkte oder Kombinationen in 51 Versuchsgliedern geprüft werden konnten.

Im Weiteren wurde ein Gewächshausversuch zur Indikation Echter Mehltau und zwei Freiland Tastversuche gemeinsam mit Hopfenpflanzern und dem Hopfenring e. V. gegen den Echten Mehltau und die Gemeine Spinnmilbe durchgeführt. Um Ergebnisse bzw. Lösungen für die Rückstandsproblematik zu Fluopicolide (EU-Norm-Absenkung auf 0,15 ppm) und dem fehlenden Pelagonsäure - MRL für Japan zu generieren, wurden ebenfalls von der LfL gemeinsam mit den Pflanzenschutzfirmen Rückstandsversuche durchgeführt. Auch die Folpan 80 WDG Problematik im Hinblick auf mögliche Captanrückstände wurde durch die Versuchsplanerstellung unterstützt.

In der Saison 2022 werden weitere Rückstandsversuche zu Fluopicolide sowie zu Folpan 80 WDG durchgeführt.

5.3 Einführung der Versuchssoftware ARM (Agriculture Research Management)

Die Versuche der Amtlichen Mittelprüfung wurden in den letzten Jahren mit Hilfe von Excel geplant und ausgewertet. Dies führte zu einem großen Mehraufwand bei allen Auftraggebern, da diese die Daten zur Verrechnung der einzelnen Versuche mühevoll in Ihre Versuchssoftware eintragen mussten. Um die Zusammenarbeit zu verbessern, wurde eine Umfrage unter allen Auftraggebern durchgeführt, mit dem Ergebnis, dass die absolute Mehrheit mit ARM arbeitet. Nach großem Einsatz des Institutsleiters, Herrn Dr. Doleschel konnte die Arbeitsgruppe IPZ 5b als erste deutsche Behörde zwei ARM Lizenzen erwerben.

5.4 Anlage eines Versuchsgartens für Wirksamkeitsversuche von Pflanzenschutzmitteln

Für zukünftige Wirksamkeitsversuche der Amtlichen Mittelprüfung wurde im Jahr 2021 ein Versuchshopfungarten angelegt. Dieser soll dazu dienen, frühzeitig bei der Entwicklung von Pflanzenschutzmitteln zu unterstützen und so eine schnelle Verfügbarkeit neuer Produkte für die Praxis zu gewährleisten. Die frische Hopfenfläche wurde im Oktober 2021 mit zertifiziertem Herkules Pflanzgut bepflanzt. Sie bietet mit einer Fläche von rund 1 ha Platz für neun Versuchsglieder. Die ersten Wirksamkeitsversuche für Pflanzenschutzmittel sind für das Jahr 2023 geplant. Jährlich kann jedoch nur einer der Wirksamkeitsversuche auf dieser Fläche durchgeführt werden, sodass auch ab dem Jahr 2023 für alle weiteren Versuche Praxisflächen der Hopfenpflanze benötigt werden.

Die Pachtkosten der Fläche werden von der GfH (Deutschen Gesellschaft für Hopfenforschung e. V.) übernommen.

5.5 Anschaffung von Wetterstationen

Für die Durchführung von Pflanzenschutzmittelversuchen ist es äußerst wichtig, Witterungsdaten vom Versuchsstandort zu erheben. Bei einigen Standorten ist es jedoch immer wieder ein Problem, dass bestehende Wetterstationen mehr als 5 - 15 km entfernt liegen. So können z.B. örtliche Niederschläge nicht erfasst werden. Für die Durchführung und Auswertung der Versuche ist es jedoch entscheidend zu wissen, wann der erste Niederschlag nach der Behandlung gefallen ist. Denn dieser könnte zu Wirkstoffabwaschungen führen und infolgedessen zu einer Minderwirkung bzw., zu einer früher notwendig werdenden Folgeapplikation.

Durch die große Unterstützung von Herrn Walter Kerscher (Agrarmeteorologie Bayern) werden für die Saison 2022 drei Wetterstationen für die Amtliche Mittelprüfung zur Verfügung stehen. Eine der drei Stationen wird jedoch fest „im“ neuen Versuchsgarten aufgestellt um die Witterungsdaten, die im Hopfungarten gewonnen werden, mit denen der außerhalb des Gartens stehenden Wetterstation vergleichen zu können.

5.6 Automatische Blattlauszählung via APP

In einem gemeinsamen Projekt mit der Dynamic Ventures, INC. d/b/a CountThings wurde in der Saison 2021 an der Entwicklung einer Zählung-Formatvorlage für Hopfenblattläuse gearbeitet. Diese ist aktuell in der Gratisversion von CountThings nutzbar. Für die Saison 2022 ist die Verbesserung dieser Zählungs-Formatvorlage geplant. Die aktuellen Schwierigkeiten liegen vor allem noch an dem Unterscheiden von ausgeprägten Lupulindrüsen und Blattläusen, der gewölbten Oberfläche mancher Hopfenblätter und bei der Zählung von Blattläusen auf jungen Hopfenblättern.

5.7 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. Innerhalb der Laborversuche sind die Ergebnisse Konsistent und Resistenzen können frühzeitig entdeckt werden. Die Ergebnisse aus diesen Versuchen können je nach Wirkstoff stark von der Praxis abweichen. Auf die Veröffentlichung der Ergebnisse wird daher verzichtet. Im Jahr 2021 wurden sieben Wirkstoffe in jeweils sieben Konzentrationen getestet.

5.8 Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) zur Identifizierung von Hopfenmosaikvirus (HpMV) und Apfelmosaikvirus (ApMV) Infektionen an Hopfen

Leitung: S. Euringer

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

Viruserkrankungen sind in allen Hopfenbaugebieten weit verbreitet. Um mit Virus infizierte Pflanzen zu identifizieren und erkennen zu können, wurde der ELISA-Test am Hopfenforschungszentrum Hüll erneut etabliert.

Tab. 5.1: Ergebnis der ELISA-Tests im Jahr 2021

	Untersuchung Pflanzmaterial für 2021						
	Anzahl Pflanzen gesamt	ApMV		HpMV		Summe Pflanzen	
		n.n.	positiv	n.n.	positiv	n.n.	positiv
Mutterpflanzen Hopfenvermehrter - Teil 2	72	72	0	72	0	72	0
Zuchtmaterial IPZ 5c	659	659	0	643	16	643	16
Untersuchung Pflanzmaterial für 2022							
Mutterpflanzen Hopfenvermehrter - Teil 1	270	261	9	263	7	256	14
Zuchtmaterial IPZ 5c	Frühjahr 2022						

* 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 1001 getesteten Pflanzen wurden 30 verworfen. Die gesunden Pflanzen wurden als Zuchtmaterial und als Mutterpflanzen für den Vertragsvermehrter der GfH bereitgestellt (Tab. 5.1).

Ein besonderer Dank geht an Daniel Eisenbraun (IPZ 3a), der die Arbeitsgruppe IPZ 5b im Frühjahr 2021 tatkräftig bei der Analyse der Proben unterstützte und mit Rat und Tat zur Seite stand.

5.9 Monitoring der im Frühjahr 2021 verstärkt aufgetretenen Virose

Hintergrund

Im Juni und Juli 2021 wurden in der Hallertau verstärkt Hopfenpflanzen mit Wuchsanomalien festgestellt. Das verzögerte Wachstum, sowie Form und Farbe der Blätter deuteten auf Viruskrankungen hin. Aus diesem Grunde wurde gemeinsam mit dem Hopfenring und der LfL (IPS 2c und IPZ 5a / 5c) ein Virusmonitoring durchgeführt.



Abb. 5.4: Herkulespflanzen mit Virussyntomen

Methodik

Aus verschiedenen Regionen und Hopfengärten der Hallertau wurden am 14. Juli 2021 Proben symptomträchtiger Pflanzen eingesammelt. Diese wurden gesammelt an das Labor von Frau Dr. Luitgardis Seigner (IPS 2c) übergeben. Dort fand eine Untersuchung auf Apfelsmosaik-Virus und Hopfenmosaik-Virus via ELISA (DAS-ELISA basierend auf PM 7/125(1) ELISA tests for viruses 2015-09) sowie mit Realtime RT-PCR (Realtime Reverse Transkriptase-Polymerase-Kettenreaktion) auf American hop latent virus und Hop latent virus statt.

Ergebnisse

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Befall mit anderen Viren, auf die nicht getestet wurde, vorlag. Des Weiteren ist unklar, wie sich verschiedene Kreuzinfektionen auf die Hopfenpflanze auswirken. Ein sehr geringer Befall ist trotz eines negativen Untersuchungsergebnisses nicht auszuschließen. Die folgende Tabelle zeigt das keine der symptomträchtigen Hopfenpflanzen virusfrei war. Am häufigsten lag eine Infektion mit dem Apfelsmosaik-Virus (ApMV) gefolgt vom Hopfenmosaik-Virus (HpMV) und Hop latent virus (HpLV) vor. Lediglich 5 % der Pflanzen wiesen eine Infektion mit American hop latent virus (AHpLV) auf.

Tab. 5.2: Prozentuale Darstellung der Befunde auf Virusbefall

	AHpLV (American hop latent virus)	HpLV (Hop latent vi- rus)	ApMV (Apfelsmosaik-Vi- rus)	HpMV (Hopfenmosaik-Vi- rus)
positiv	5 %	48 %	76 %	62 %
unklar	5 %*	52 %**	24 %	38 %
nn	90 %	0 %	0 %	0 %

nn = Virus im untersuchten Material nicht nachweisbar

* Bei dieser Probe ergibt sich ein schwaches Nachweissignal für AHpLV, das Ergebnis wird als unklar bewertet.

** Für HpLV war bei einigen Proben das Ergebnis unklar (schwache, unterschwellige, für positive Proben untypische Fluoreszenz in der Realtime RT-PCR). Es ist eher davon auszugehen, dass es sich in diesen Fällen um negative Befunde handelt. [Seigner, L., 2021]

5.10 Erdbeeren als Zeigerpflanzen für den Echten Mehltau (*Sphaerotheca macularis*)

Hintergrund

Ein Prognosemodell für den Echten Mehltau, einen der wichtigsten Schaderreger des Hopfens, befindet sich derzeit noch in der Entwicklungs- und Erprobungs-Phase. Aus diesem Grund wäre eine Zeigerpflanze, also eine Pflanze, die noch viel anfälliger für den Echten Mehltau ist, von großem Interesse. Zeigten sich an der Zeigerpflanze die ersten Symptome des Echten Mehltaus, wäre es an der Zeit, die etwas weniger anfälligen Hopfenpflanzen mit einer gezielten Spritzung gegen den Echten Mehltau zu schützen. Wodurch sich ein Einsparungspotential von Pflanzenschutzmitteln zu Beginn der Saison ergeben könnte. Die Wahl der Zeigerpflanze fiel auf Erdbeeren. Auch Sie werden wie der Hopfen von *Sphaerotheca macularis* befallen. Bei Erdbeeren handelt es sich um *Sphaerotheca macularis* f. *sp. fragariae*. Als Sorte wurde Daroyal, eine gegen Echten Mehltau anfällige Sorte, ausgewählt.

Methodik

Die Pflanzen wurden gemeinsam mit Hopfenpflanzen am 1. März 2021 im Gewächshaus untergebracht. In diesem Gewächshaus wurden am 9. März 2021 Sporen von *Sphaerotheca macularis* ausgebracht. Hierzu wurde eine stark infizierte Pflanze in die Kojе gebracht und die Sporen dieser Pflanze wurden durch einen Laubbläser in dem Raum auf Hopfen und Erdbeerpflanzen verteilt.

Ergebnis

Die Erdbeerpflanzen blieben auch nach mehreren Wochen symptomlos, wobei die Hopfenpflanzen bereits starke Infektionen mit Echtem Mehltau zeigten. In diesem Gewächshausversuch konnten somit Erdbeerpflanzen nicht als Zeigerpflanzen für *Sphaerotheca macularis* in Hopfen bestätigt werden.



Abb. 5.5 Hopfenpflanze am 6. April 2021



Abb. 5.6: Erdbeerpflanze ohne Symptome von Echtem Mehltau

5.11 Fehlaromen durch den Einsatz von Schwefelpräparaten zum Schutz des Hopfens gegen den Echten Mehltau



Abb. 5.7: Mit dem Echten Mehltau befallene Hopfendolden

Hintergrund

In der Praxis häuft sich das Gerücht, dass flüssiger Schwefel, im speziellen Thiopron, einen geringeren bzw. keinen Geruch bei Einsatz ab der Ausdoldung auf den Dolden hinterlässt. Im diesjährigen Wirksamkeitsversuch bot sich die einmalige Gelegenheit dies zu testen, da sowohl ein Versuchsglied mit festem Schwefel wie auch mit flüssigem Schwefel behandelt wurde.

Methodik

Die von uns ausgewählten Proben für die Geruchsverkostung stammen aus einem Wirksamkeitsversuch zum Echten Mehltau in der Sorte Herkules. Die Versuchsglieder, aus denen die zwei Schwefelproben stammen, wurden die ganze Saison über entweder nur mit Thiopron (flüssiger Schwefel) oder nur mit Microthiol WG (fester Schwefel) behandelt. Eine weitere Probe, die aus demselben Versuch stammt, wurde mit herkömmlichen Pflanzenschutzmitteln (PSM) gegen den Echten Mehltau zu den gleichen Spritzterminen behandelt. In diesem Versuchsglied wurden keine Schwefelprodukte eingesetzt.

Der Versuch wurde an einem Standort 3 km entfernt von Hüll durchgeführt. Hier fanden insgesamt sechs Behandlungen gegen den Echten Mehltau statt. Die letzte Applikation wurde am 3. September 2021 durchgeführt. Geerntet wurde der Versuch am 14. September 2021.

Witterung

Im Zuge des Wirksamkeitsversuches wurde dokumentiert, dass im Zeithorizont von sechs Stunden nach der Applikation lediglich am 3. Spritztermin ein Niederschlagsereignis aufgetreten war. Hier fielen 28 mm Niederschlag drei Stunden nach der Applikation. Zwischen dem letzten Behandlungstermin und der Ernte des Hopfens fand kein Niederschlagsereignis statt.

Grundsätzlich jedoch war die Witterung während der Versuchsphase von mehr Niederschlag im Mai, Juli und August 2021 (+19,6 mm bis +104,6 mm) geprägt. Bedeutend weniger Niederschlag wurde im September 2021 (-53,2 mm) im Vergleich zum vieljährigen Mittel DWD (1961 – 1990) registriert. Die Temperaturen im Jahr 2021 waren etwas niedriger im Mai (-1,2 °C) und etwas höher (+0,3 °C bis +4 °C) von Juni bis September 2021 im Vergleich zum vieljährigen Mittel DWD.

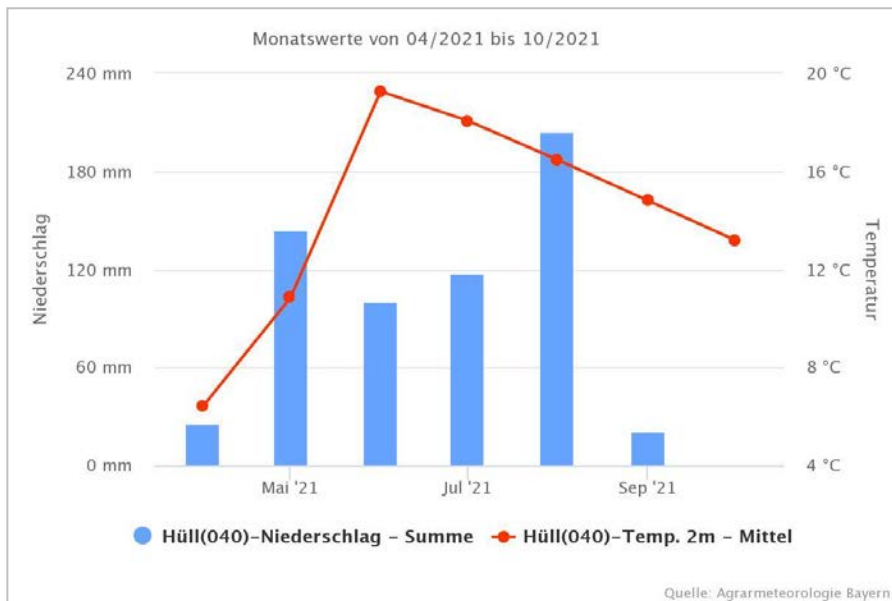


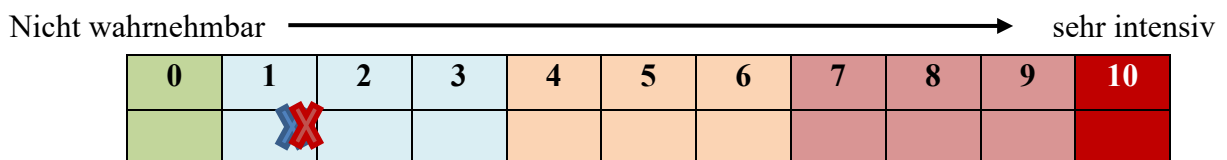
Abb. 5.8: Witterungsdaten zu Niederschlag und Temperatur in den Monaten April bis September 2021

Ergebnisse

Um ein repräsentatives Ergebnis zu generieren, wurden Hopfenproben von Experten (Ergebnisse **X**) sowie auch von Laien (Ergebnisse **X**) blind verkostet. Diese haben die einzelnen Proben hinsichtlich des Fehlparomas durch den Einsatz von Schwefelpräparaten anhand einer Skala (Schwefelgeruch nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv) bewertet und sind zu folgenden Ergebnissen gekommen:

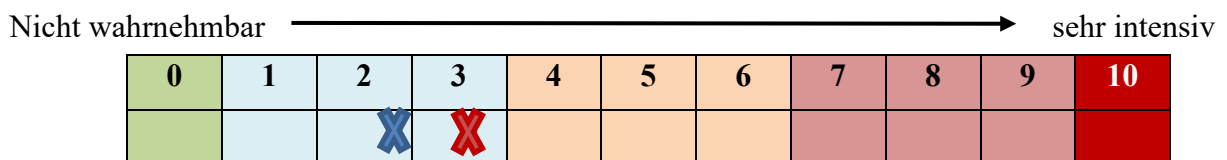
Proben-Nr. 2 (herkömmliche PSM ohne Schwefel):

Schwefelgeruch



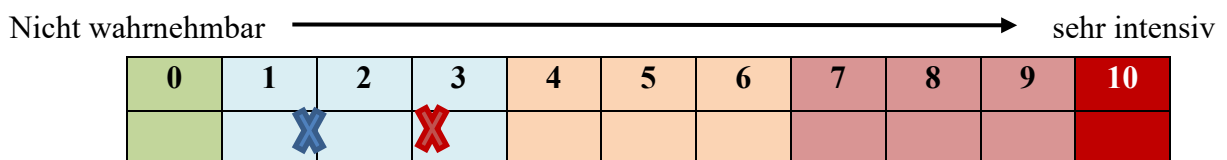
Proben-Nr. 3 (Thiopron/flüssiger Schwefel):

Schwefelgeruch



Proben-Nr. 6 (Microthiol WG/fester Schwefel):

Schwefelgeruch



Die Wahrnehmung von Schwefelgerüchen ist in allen Proben gering. In der Referenz wurde ebenfalls, von einigen Teilnehmern, ein leichter Schwefelgeruch festgestellt, obwohl diese Dolden nicht mit Schwefel in Berührung kamen.

- Die vermehrten Niederschläge 2021 könnten eine Erklärung für die wenig wahrnehmbaren Schwefelgerüche darstellen. Diese führten zu einer kontinuierlichen Abwaschung des Schwefelbelages an den Dolden.
- Im Weiteren wird davon ausgegangen, dass die Sorte Herkules mit seinem intensiven Eigengeruch leichte Schwefelgerüche überdeckt.
- Zu guter Letzt könnte bei voller Aufwandmenge weniger Produkt an die einzelne Dolde gelangt sein verglichen mit traditionellen Aromasorten. Diese Hypothese stützt sich auf die enorme Doldenfläche der Sorte Herkules, wodurch es zu einem gewissen Verdünnungseffekt gekommen sein könnte.

5.12 Hopfenputzen: Herbizideinsatz vermindern durch Essig?



Abb. 5.9: Versuchsglied 12c 80%iger Essig 30%ig + Adhäsit 0,1 %ig + Break Thru 0,04%ig

Hintergrund

Das Hopfenputzen fördert das Wachstum der angeleiteten Haupttriebe und hat gleichzeitig eine phytosanitäre Wirkung. Dabei werden im Normalfall an zwei Terminen die unteren Blätter und Seitentriebe der Hopfenrebe sowie neu austreibende Bodentriebe entfernt. Das Hopfenputzen beschränkt sich auf den Bifangbereich, so dass lediglich ein Drittel der zugelassenen Menge je Hektar ausgebracht wird. Bei diesen Anwendungen stehen den Pflanzern aktuell neben den nichtchemischen Maßnahmen wie der Handentlaubung oder dem Abflammen, drei Herbizide zur Verfügung: Beloukha (keine JP MRL), Quickdown (US MRL 0,02 ppm; aktuell nicht bekannt, ob ausreichend) und Vorox F, welches lediglich eine Zulassung bis BBCH 55 besitzt und nicht für Junghopfen oder schwache Bestände empfohlen wird. Bei Vorox F und Beloukha wird die gewünschte Wirkung durch die gleichzeitige Ausbringung von zumeist stickstoffhaltigen Nährstofflösungen erzielt. Im Rahmen von Stickstoffminimierungsvorschriften z. B. in Roten Gebieten sind zwei Anwendungen zum Hopfenputzen mit stickstoffhaltigen Nährstofflösungen oft nicht möglich.

Im Weiteren laufen ständige Bestrebungen den Pflanzenschutzmitteleinsatz zu senken. Aus diesem Grund wurde im diesjährigen GEP Versuch der Einsatz von Essig, als mögliche Alternative zur Senkung von Nährstofflösungen und als Herbizidersatz zum 1. und 2. Hopfenputzen erprobt. Für Essig ist eine Genehmigung als Grundstoff möglich.

Versuchsplan

Der Versuch wurde an einem Standort 5 km entfernt von Hüll in der Sorte Herkules durchgeführt. Als Versuchsdesign wurde die randomisierte vollständige Blockanlage gewählt. Die einzelnen Parzellen der Versuchsglieder wurden nacheinander - bis auf das Versuchsglied Nummer 1 (Kontrolle/Unbehandelt) - an zwei Terminen behandelt. Einzig bei Versuchsglied vier gab es zwischen dem 1. Hopfenputzen am 16. Juni 2021 und dem zweiten Hopfenputzen am 22. Juli 2021 einen Unterschied in der Aufwandsmenge von Vorox F.

Übersicht der einzelnen Versuchsglieder:

Versuchsglied Nr.	Produkt Name	Aufwandsmenge Produkt	Einheit	Appl. Code	Brühemenge	Einheit
1	Untreated Check					
2	AHL	30	% v/v	AB	1200	L/ha
4	Vorox F	0,06	kg/ha	A	1200	L/ha
	Vorox F	0,09	kg/ha	B	1200	L/ha
	AHL	30	% v/v	AB		
8	AHL	15	% v/v	AB	1200	L/ha
	Adhäsit	0,1	% v/v	AB	1200	L/ha
	Break Thru	0,04	% v/v	AB	1200	L/ha
10	60 %iger Essig	30	% v/v	AB	1200	L/ha
	Adhäsit	0,1	% v/v	AB	1200	L/ha
	Break Thru	0,04	% v/v	AB	1200	L/ha
11	60 %iger Essig	30	% v/v	AB	1200	L/ha
	AHL	15	% v/v	AB	1200	L/ha
	Adhäsit	0,1	% v/v	AB	1200	L/ha
	Break Thru	0,04	% v/v	AB	1200	L/ha
12	80 %iger Essig	30	% v/v	AB	1200	L/ha
	Adhäsit	0,1	% v/v	AB	1200	L/ha
	Break Thru	0,04	% v/v	AB	1200	L/ha

Als Applikationsgerät wurde ein Caffini-Spritzgerät mit jeweils zwei TD 80-04 Düsen pro Seite verwendet. Aus versuchstechnischen Gründen können je Seite nicht mehr als zwei Düsen des Typs TD 80-04 verwendet werden. Klar ist jedoch, dass die Verwendung von drei oder vier Düsen je Seite ein besseres Ergebnis generieren könnte. Dieser Faktor ist jedoch über alle Parzellen gleich und stellt somit im Vergleich der Varianten kein Problem dar.

Witterung

Im Folgenden ist der Niederschlag vor und nach den Applikationsterminen (blau eingefärbt) dargestellt:

Datum	Niederschlag NN050 in mm	Datum	Niederschlag NN050 in mm
06.06.2021	5,9	12.07.2021	0,2
07.06.2021	0,0	13.07.2021	16,9
08.06.2021	0,0	14.07.2021	0,0
09.06.2021	2,9	15.07.2021	4,3
10.06.2021	0,1	16.07.2021	0,0
11.06.2021	0,0	17.07.2021	0,2
12.06.2021	0,0	18.07.2021	0,0
13.06.2021	0,0	19.07.2021	0,1
14.06.2021	0,0	20.07.2021	3,8
15.06.2021	0,0	21.07.2021	0,0
16.06.2021 1. Hopfenputzen	0,0	22.07.2021 2. Hopfenputzen	0,0
17.06.2021	0,0	23.07.2021	0,0
18.06.2021	0,0	24.07.2021	4,2
19.06.2021	0,0	25.07.2021	4,3
20.06.2021	0,0	26.07.2021	2,4
21.06.2021	3,3	27.07.2021	1,2
22.06.2021	1,3	28.07.2021	3,6

[Quelle: Agrarmeteorologie Bayern Wetterstation Hüll]

Ergebnisse der Blatt- und Seitentriebsbonitur

Bei der ersten Bonitur vier Tage nach dem 1. Hopfenputzen schnitt Versuchsglied 4 (Vorox F + AHL 30 %) am besten ab. Auf Platz zwei lagen die reine AHL 30 % Variante (VG 2) und gleich auf die Variante 80 %iger Essig 30 % + Adhäsit + Break Thru (VG 12). Das schlechteste Ergebnis lieferte das VG 10 (60 %iger Essig 30 % + Adhäsit + Break Thru).

Die Bonitur fünf Tage nach dem 2. Hopfenputzen zeigte, dass weder Essig noch AHL allein der Wirkung der Mischung mit Vorox F (VG 4) nahekommen. Mit dem Versuchsglied 11 (60 %iger Essig 30 % + AHL 15 % + Adhäsit + Break Thru) konnte ein deutlich besseres Ergebnis erzielt werden als mit der gleichen Variante (VG 8) nur ohne Essig. Dies und die Tatsache, dass VG 12 (80 %igem Essig + Adhäsit + Break Thru) eine Wirkung aufweist, belegt die Wirkung von Essig.

Am 10. August 2021 erfolgte 19 Tage nach dem 2. Hopfenputzen eine weitere Bonitur, bei der die beste Wirkung wieder die Vorox F Variante (VG 4) erbrachte. Gefolgt von der reinen AHL 30 % Variante (VG 2). Im Weiteren bestätigte sich, dass die Variante AHL 15 % (VG 8) mit 30 %igem Essig (VG 11) aufgewertet werden kann. Die Variante mit 80 %igem Essig 30 % (VG 12) schnitt besser ab als die Variante mit 60 %igem Essig 30 % (VG 10) und die Variante AHL 15 % (VG 8).

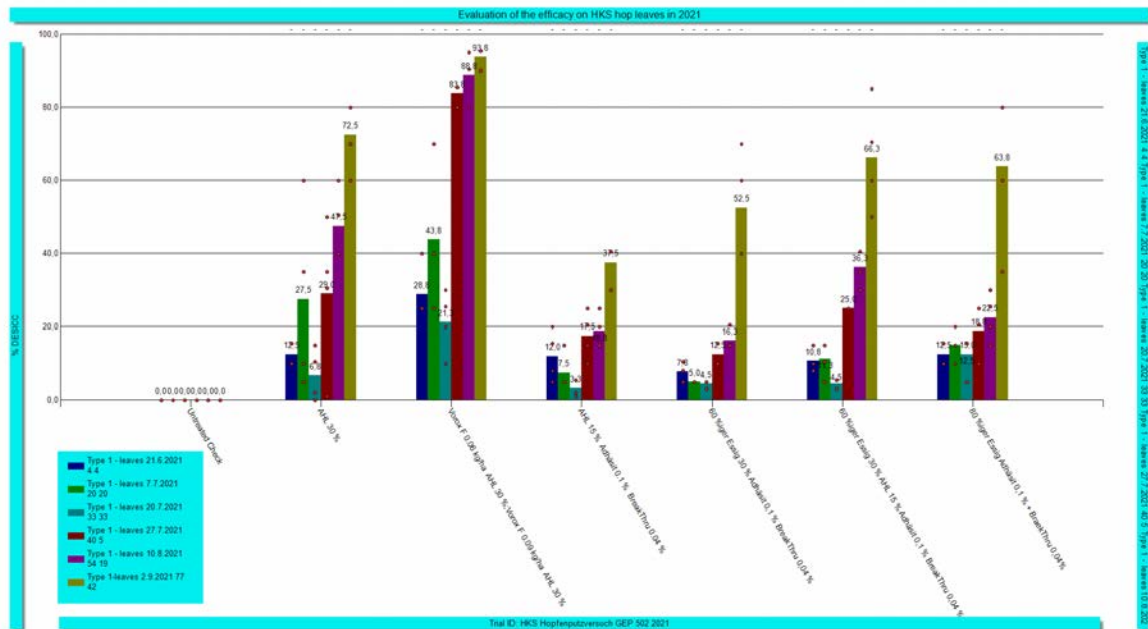


Abb. 5.10: Wirksamkeit der einzelnen Varianten auf die Blätter des Hopfens. Legende: Boniturstyp, Boniturdatum, Tage nach dem 1. Hopfenputzen, Tage nach dem 2. Hopfenputzen

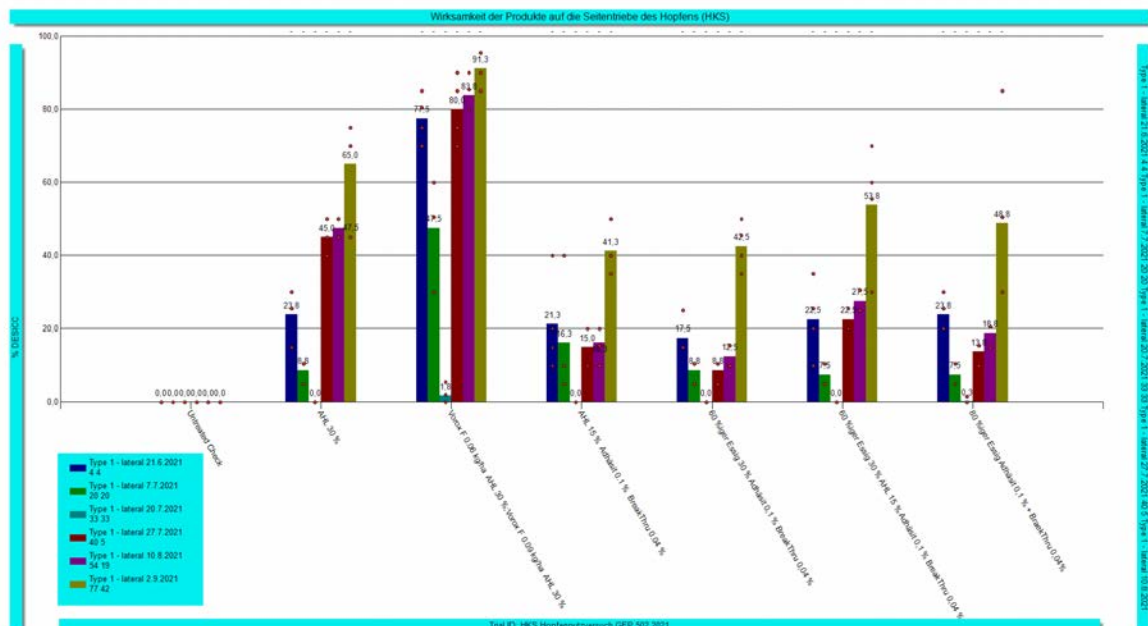


Abb. 5.11 Wirksamkeit der einzelnen Varianten auf die Seitentriebe des Hopfens. Legende: Boniturstyp, Boniturdatum, Tage nach dem 1. Hopfenputzen, Tage nach dem 2. Hopfenputzen

Essig Versuchsergebnisse kurz und knapp

- ✓ Essig konnte im Versuch eine Wirkung aufweisen
- ✓ 80%iger Essig wies eine bessere Wirkung als 60 %iger Essig auf
- ✓ Essig zeigte eine bessere Wirkung gegen die Blätter des Hopfens als gegen die Seitentriebe
- ✓ Essigwirkung ist aktuell noch unbefriedigend

Fazit: Die in diesem Versuch erzielte Wirkung von Essigvarianten erwies sich als für die Praxis unzureichend, sodass künftig an möglichen Wirkungssteigerungen, sei es technischer Art oder mit Hilfe von Mischungspartnern, gearbeitet werden sollte. Für Essig erscheint eine Genehmigung als Grundstoff im Hopfen möglich.

5.13 GfH-Projekt zur *Verticillium*-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 Stämmen von *Verticillium nonalfalfae*, 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 als Dauermyzel ohne Wirtspflanzen 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.

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, sowie von 147 Praxisflächen mittels Realtime-qPCR auf *Verticillium nonalfalfae* analysiert. Diese Analysen werden von der AG Züchtungsforschung (siehe 6.5) 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 allen beprobten Hopfengärten wurde 2021 die letale Form des Pilzes nachgewiesen.

Selektionsgärten

Die Welke-Toleranz der angebauten Sorten und Zuchtstämme wird in sogenannten Selektionsgärten geprüft. Diese Hopfengärten, die von Landwirten zur Verfügung gestellt werden, sind nachweislich mit der letalen Form der Welke befallen und wurden aufgrund dessen zur Selektion ausgewählt. In der Saison 2021 wurde das Zuchtmaterial auf zwei Standorten in der Hallertau getestet.

Ab Mitte Mai werden dort in zwei-wöchigem Abstand regelmäßig 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.

Nach der Saison 2021 wurde der Hopfengarten in Engelbrechtsmünster gerodet, da die fünfjährige Welke-Prüfung an diesem Standort abgeschlossen ist. Einen Ausschnitt der Auswertung zeigt Tab. 5.3. 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 die Boniturnote 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 gute *Verticillium*-Toleranz.

*Tab. 5.3: Auswertung des Selektionsgartens Engelbrechtsmünster für die Jahre 2019, 2020 und 2021; 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*

Stamm/Sorte	Referenz 2019	Referenz 2020	Referenz 2021
Northern Brewer	3,3	8,1	6,2
Hallertauer Mittelfrüh	3,7	8,8	6,9
Hallertauer Tradition	1,2	5,0	3,5
Opal	1,9	4,3	1,8
Perle	0,7	1,3	1,5
Smaragd	1,8	4,0	2,1
Huell Melon	0,9	0,8	0,4
Htr. Magnum	1,0	1,6	1,3
Herkules	1,0	1,0	1,0
Polaris	1,0	0,8	0,5
Callista	1,2	1,5	0,9
Tango	1,0	0,2	0,2
Hallertau Blanc	1,5	1,3	1,1
Wye Target	1,6	3,1	3,0
Ariana	0,9	0,6	0,5
Mandarina Bavaria	0,8	1,7	0,7
Spalter Select	1,4	3,1	2,9
Cascade	0,9	1,3	1,2
2011/071/019	1,3	2,0	1,4
Saphir	2,3	7,7	6,9

Ausblick

Die Prüfung der Sorten und Zuchtstämme auf deren *Verticillium*-Toleranz soll beibehalten werden. Die Bonitur des verbleibenden Selektionsgartens in Gebrontshausen wird auch in der Saison 2021 fortgeführt.

Wirtspflanzen: *Verticillium* in Zwischenfrüchten und Unkräutern

Zwischen den Bifängen empfiehlt es sich, *Verticillium*-neutrale Zwischenfrüchte anzubauen. Aufgrund der geringen Wirtsspezifität können alle dikotylen Pflanzen als potenzieller Wirt für die Hopfenwelke in Frage kommen, weswegen auf befallenen Flächen bevorzugt Gräser/Getreide angebaut werden sollten. Auch die Bekämpfung von Unkräutern, die als Wirtspflanzen dienen können, reduziert durch deren Entfernung die Erreger-Population.

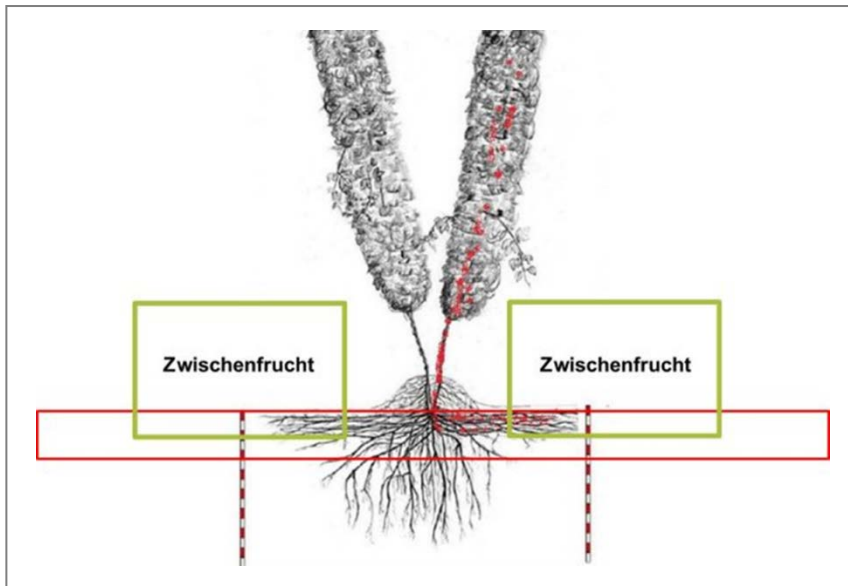


Abb. 5.12: *Verticillium nonalfalfae* in der Hopfenpflanze (rot markiert); Graf, 2016 abgeändert durch Euringer, 2018

Bei einem Topfversuch konnte gezeigt werden, dass sich viele der gängigen Zwischenfrüchte im Hopfen mit dem Pilz infizieren lassen. In Tab. 5.4 findet sich eine Übersicht der bisher getesteten Pflanzenarten.

Tab. 5.4: künstlich infizierte Pflanzenarten, in denen mittels qPCR-Analyse *Verticillium nonalfalfae* nachgewiesen werden konnte

Raps (Kreuzblütler)	Wicke (Hülsenfrüchtler)
Senf (Kreuzblütler)	Klee (Hülsenfrüchtler)
Ölrettich (Kreuzblütler)	Ramtilkraut (Korbblütler)
Rübsen (Kreuzblütler)	Distel (Korbblütler)
Öllein (Leingewächse)	Löwenzahn (Korbblütler)

Ausblick

In der kommenden Saison sollen Infektionsversuche mit weiteren Zwischenfrüchten und Beikräutern durchgeführt werden.

5.14 Fernerkundungen in Hopfen mittels UAV

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Finanzierung:	Förderung aus Mitteln der Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)
Projektleitung:	S. Euringer
Bearbeitung:	K. Lutz, F. Weiß, Team IPZ 5b
Kooperation:	geo-konzept GmbH
Laufzeit:	05.2021 - 08.2021

Ziel

Aufgrund der Digitalisierung in der Landwirtschaft werden in der Praxis zunehmend Daten mittels Fernerkundung generiert. Diese werden in verschiedenen Ackerbaukulturen bereits zur Früherkennung von Schädlingen bzw. Krankheiten und zur objektiven Bonitur von Neuzüchtungen genutzt. Weitere Vorteile der Fernerkundung sind zudem die nicht destruktive Messung des N-Versorgungszustands der Pflanzen sowie der Abschätzung des Biomasseaufwuchses für eine optimale Pflanzenernährung. Erkenntnisse aus der Fernerkundung von anderen Ackerbaukulturen sollten auf diesem Weg in den Hopfen übertragen werden. Des Weiteren sollte aus den gewonnenen Daten ein *Verticillium*-Befall noch vor dem Auftreten optischer Symptome erkannt werden.

Methode

Die Daten der Fernerkundung wurden mittels Unmanned-Aircraft-Vehicle (UAV), umgangssprachlich auch Drohne genannt, beim Überfliegen erfasst. Die Drohnen konnten durch unterschiedliche Sensoren neben dem sichtbaren Spektrum zusätzlich Wellenlängen erfassen, die für das menschliche Auge nicht sichtbar sind. Diese Multi- bzw. Hyperspektralaufnahmen sind von besonderem wissenschaftlichem Interesse, da in diesen Bereich Indikatoren für z.B. Pflanzenstress erkannt werden können. Um die digital generierten Messwerte einordnen und validieren zu können, waren zudem sehr viele analoge, im Bestand durchgeführte Bonituren notwendig. Erst durch diese Kombination ist es möglich, die Messdaten der Drohne entsprechend einzuordnen und zu interpretieren.

Hyperspektrale Sortenunterschiede als Merkmal in der Züchtung neuer Hopfensorten

Mit Hilfe von Hyperspektralaufnahmen kann die Reflexion von Quanten außerhalb des Spektrums des sichtbaren Lichts gemessen und als objektiver, numerischer Wert ausgegeben werden. Ergänzend zu optischen Bonituren können so Aussagen über Pflanzengesundheit und -ernährung getroffen werden.

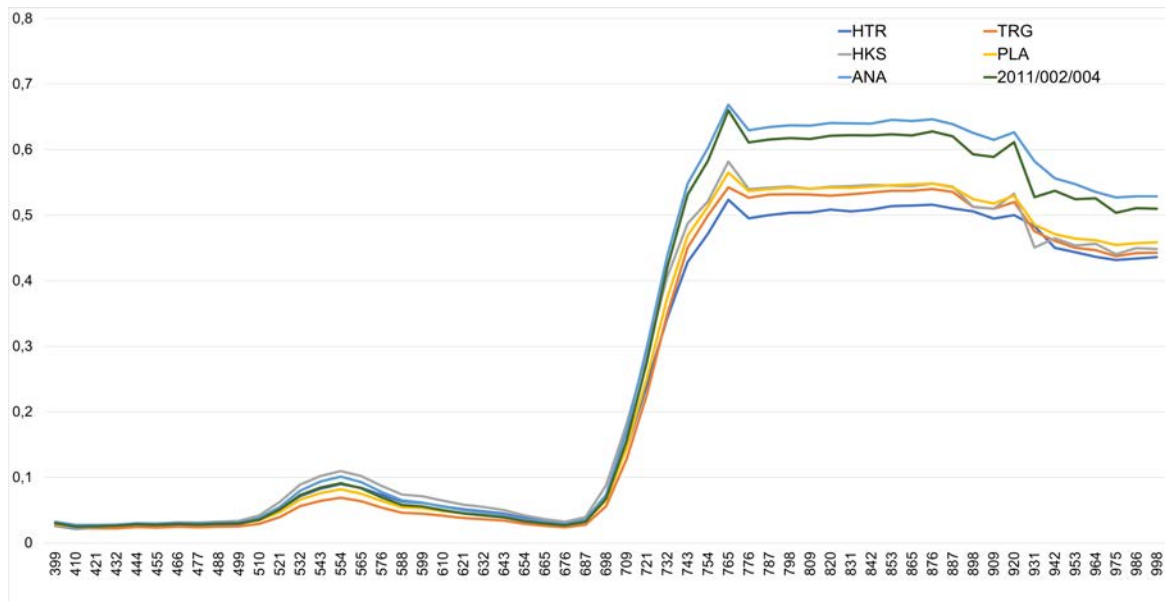


Abb. 5.13: Reflexionskurven ausgewählter Sorten

Die Abb. 5.13 zeigt die Reflexionskurven unterschiedlicher Hopfsorten in einem breiten Spektrum. Die Messwerte jeder Wellenlänge wurden für jede Sorte aus drei repräsentativen Einzelpflanzen gemittelt.

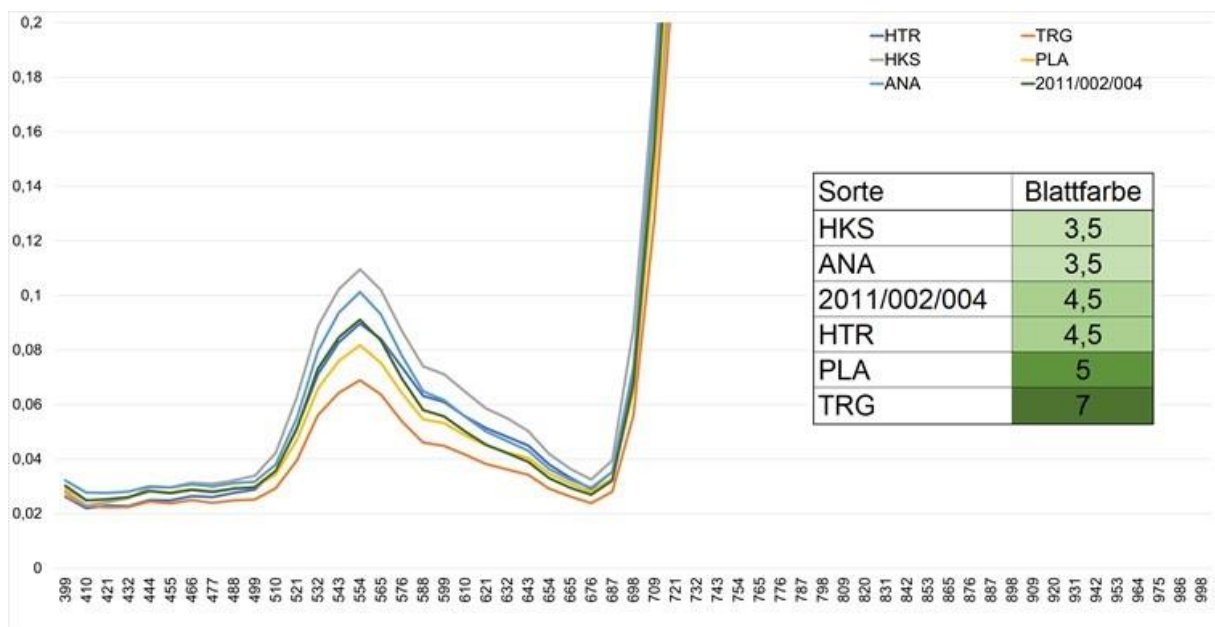


Abb. 5.14: Reflexion im sichtbaren Spektrum sowie Bonitur der Blattfarbe unterschiedlicher Hopfsorten

Von besonderem Interesse war der Bereich des sichtbaren Spektrums, da in diesem die Messungen anhand optischer Boniturdaten validiert werden konnten. Wie in Abb. 5.14 erkennbar, erscheinen Sorten mit niedrigen Messwerten als dunkler und grüner gefärbt als Sorten mit höheren Messwerten. Die Reflexionskurven stimmen folglich mit der Bonitur der Blattfarbe überein. Die Hyperspektralmessung ist möglicherweise sogar noch genauer als die optische Bonitur der Blattfarbe. Die Sorten Herkules und Ariana werden vom menschlichen Auge als gleich wahrgenommen. Betrachtet man dagegen die Reflexionskurven dieser beiden Sorten, sind dennoch Unterschiede erkennbar.

Eine Herausforderung ist jedoch, dass die Daten nicht auf unterschiedliche Standorte übertragbar sind. Die Blattfarbe ist abhängig vom Chlorophyllgehalt der Pflanze und somit ebenfalls vom Stickstoffangebot und weiteren Faktoren am jeweiligen Standort.

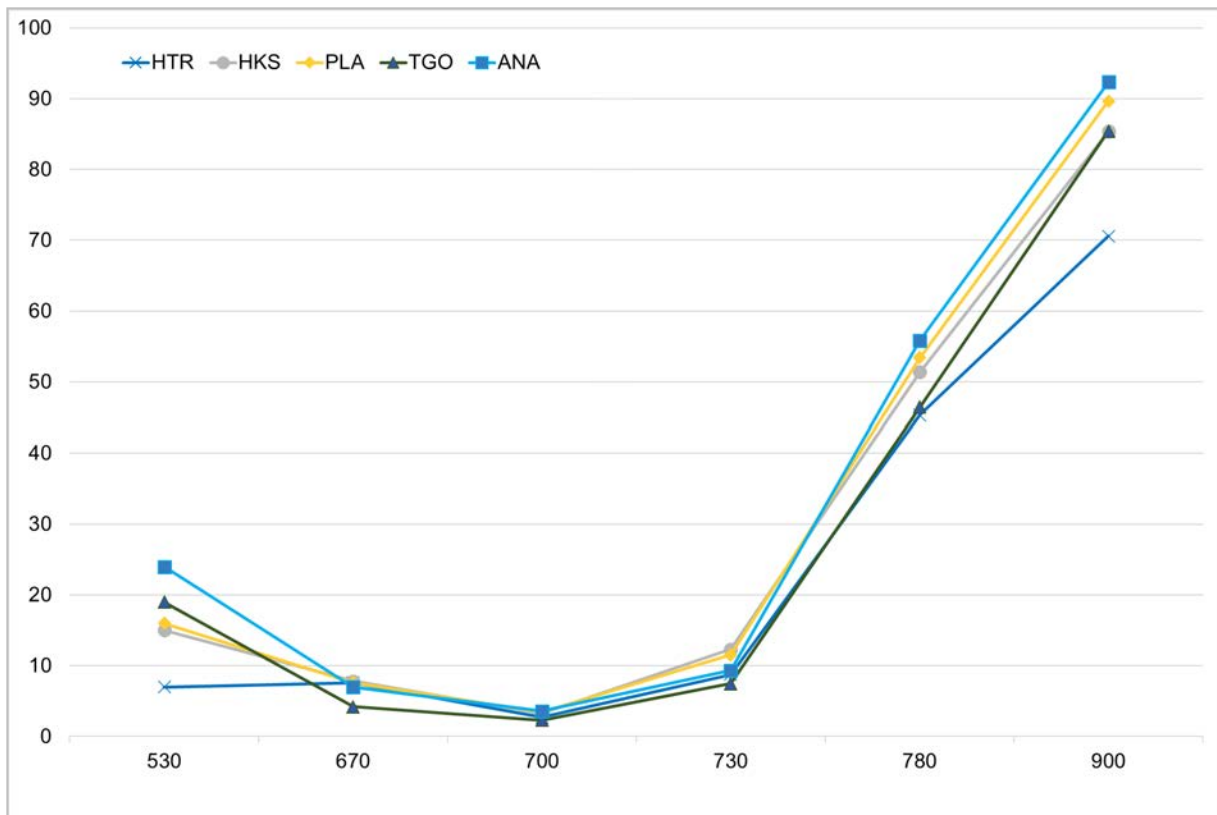


Abb. 5.15: Multispektralmessdaten vom Standort Stadelhof

Die Reihenfolge der Sorten unterscheidet sich bei Multi- und Hyperspektralmessung durch unterschiedlich starke Düngung an den jeweiligen Standorten. In Stadelhof erfolgt eine sehr moderate Düngung, wodurch sich die Reaktion unterschiedlicher Sorten auf ein geringeres Stickstoffangebot zeigt. Die hellere Blattfärbung bei den neueren Sorten zeigt die erhöhte Effizienz der N-Verwertung. Die neuen Sorten bilden bei identischer Düngung mehr Biomasse und Ertrag.

Früherkennung von *Verticillium* in Hopfen

Bei einer Infektion von Hopfen mit *Verticillium nonalfalfae* kann es mehrere Monate dauern bis sich erste optische Symptome zeigen. Als Teil des Projekts wurde untersucht, ob mittels Messwerten aus sichtbarem und nicht sichtbarem Spektrum eine Früherkennung möglich ist. Zudem würde dies die bisher durchgeführten Einzelstockbonituren vereinfachen.

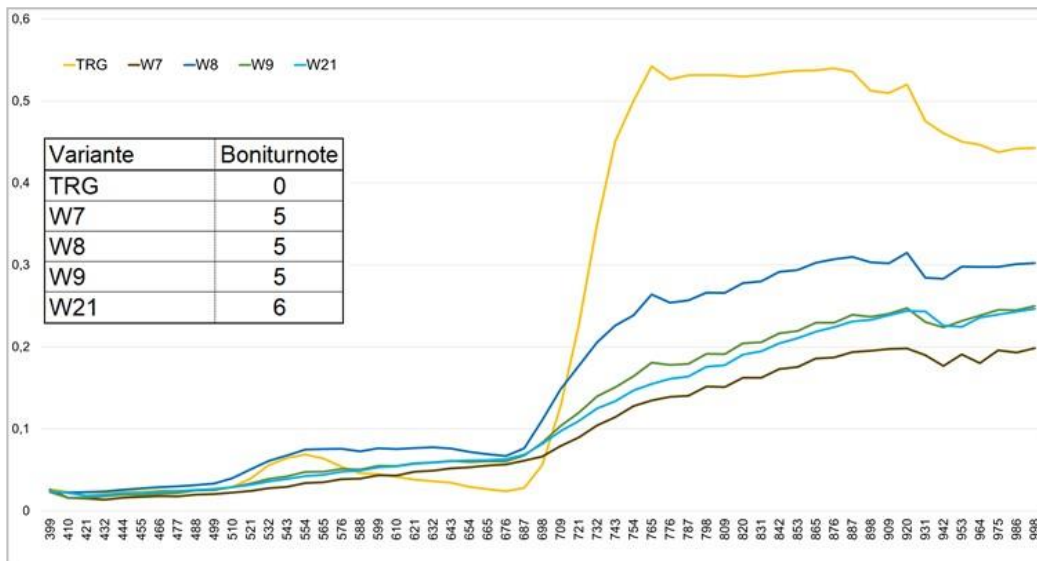


Abb. 5.16: Reflexionskurven von Welkepflanzen; Boniturnote 0 = keine optischen Symptome, 9 = abgestorben

Die Unterschiede in der Reflexion bei gesunden Pflanzen und Pflanzen mit Welkebefall zeigen sich in Abb. 5.16 sehr deutlich. Der Trockenstress, welcher eine Folge des Verschließens der Leitungsbahnen durch die *Verticillium*-Infektion ist, wird bei der Hyperspektralaufnahme sehr gut erfasst und in der Reflexionskurve sichtbar.

Herausforderungen und Chancen

Eine besondere Herausforderung bei der Erhebung qualitativ hochwertiger Daten stellte die Wuchshöhe des Hopfens dar. Mit den genutzten Sensoren konnten oftmals nur Messwerte von den obersten 3 m der Pflanzen erfasst werden. Die Eigenbeschattung aufgrund der niedrigen Pflanzabstände erschwerte die Datenerfassung zusätzlich. Wechselnde Lichtverhältnisse bzw. Veränderungen der Strahlungsintensität durch Wolken während der Aufnahmen können die Messwerte der hoch empfindlichen Sensoren ebenfalls negativ beeinträchtigen. Eine Kalibrierung des Sensors ist aus diesem Grund eine wichtige Voraussetzung, um verlässliche Daten zu generieren.

Eine weitere Schwierigkeit stellte die automatische Auswertung von Einzelpflanzen dar. Besonders gegen Ende der Vegetationsperiode konnten einzelne Reben nicht mehr vom Programm getrennt werden, da die Seitenarme zusammengewachsen waren.

Um kausale Zusammenhänge herstellen zu können, sind umfangreiche Spektralmessungen und intensive Beobachtungen des Pflanzenbestandes durchzuführen. Diese sind für eine künftige statistische Auswertung essenziell.

Die Vorteile der Fernerkundung liegen vor allem in der zerstörungsfreien messtechnischen Beobachtung der lebenden Pflanzenbestände und der einfachen Durchführung der spektroskopischen Messungen, welche weitestgehend automatisiert ablaufen. Die gewonnenen Daten beschreiben die physiologische Entwicklung des Bestandes und geben auf diesem Weg Informationen über Nährstoffversorgung, Schädlingsbefall, Inhaltsstoffe und Qualitätsentwicklung. Die Fernerkundung eröffnet neue Möglichkeiten der Bestandsbeobachtung. Zudem können zukünftige Projektvorhaben, die spektrale Messdaten erheben, auf diesen Grundlagen aufbauen.

Ausblick

Die Fernerkundung durch Drohnen im Hopfen wird auch zukünftig weiter verfolgt werden.

5.15 CBCVd-Monitoring 2021

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,
Bearbeitung:	IPZ 5b, IPZ 5a, IPS 2c
Laufzeit:	01.04.2021 – 31.03.2023
Beprobungszeitraum:	06.2021 – 09.2021

Im Anbaujahr 2021 wurde in der Hallertau erneut ein CBCVd-Monitoring durchgeführt. In anderen deutschen Anbaugebieten wurde kein Monitoring durchgeführt. Die zu beprobenden Feldstücke wurden anhand ihrer Gefährdung für eine Infektion ausgewählt. Anders als im Vorjahr wurden immer 10 Pflanzen zu einer Mischprobe zusammengefasst, was zu einer reduzierten Probenzahl und einer erhöhten Anzahl beprobter Pflanzen führt.

Tab. 5.5: Einteilung des CBCVd-Monitoring 2021

Einteilung CBCVd-Monitoring 2021	Feldstücke	Proben	Beprobte Pflanzen	Betriebe
Anbaugbietsmonitoring mit Befallsregion	165	1650	16500	
HVG Biogasmonitoring	137	137	1370	
Freiwilliges Monitoring (EG HVG)	~15	~15	150	
Flächen der neuen Befallsbetriebe (2021)	~30	~45	450	
Summe	~350	~1850	18470	

Tab. 5.6: Ergebnisse des CBCVd-Monitoring 2021

Jahr	2019	2020	2021
Betroffene Betriebe	3	7	10
Befallene Hopfenfläche [ha]	37	94	91

Im Monitoring 2021 wurde erneut CBCVd in 3 neuen Betrieben nachgewiesen, womit die Anzahl der betroffenen Betriebe auf 10 ansteigt. Die neuen Betriebe befinden sich am Rand bereits bekannter Befallsgebiete. Die Fläche auf der CBCVd 2021 nachgewiesen wurde, sank durch das Roden von Flächen, auf denen im Vorjahr CBCVd vorhanden war.

Folgende Erkenntnisse konnte aus dem CBCVd-Monitoring 2021 gewonnen bzw. aus dem CBCVd-Monitoring von 2020 bestätigt werden:

- Befallsgebiete weiten sich immer weiter aus
- Befallsstärke in den betroffenen Betrieben reicht von gering bis hoch, wobei mit einer Zunahme der Befallsstärke zu rechnen ist
- Gute Betreuung der Befallsbetriebe bei Bekämpfungsversuchen und Eindämmungsmaßnahmen muss organisiert werden
- Innerhalb eines Betriebes kann die Ausbreitung (ohne Hygienekonzept) sehr rasch fortschreiten
- 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 – der Nachweis im Labor ist zwingend erforderlich
- Stärke der Symptomausprägung ist nicht jedes Jahr gleich und beim Auftreten der Symptome sind zeitliche Verschiebungen möglich

Ausblick 2022

- Monitoring wird 2022 fortgesetzt
- Pflanzenpass wird überarbeitet, um die benötigten Hygienestandards im Hinblick auf Viroid-Pathogene erfüllen zu können

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 2021

Im Jahr 2021 wurden insgesamt 92 Kreuzungen durchgeführt.

6.2 Tango – mit Klimatoleranz und Nachhaltigkeit in die Zukunft

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

Tango ist die neue Aromasorte aus dem Hopfenforschungszentrum Hüll, die den klaren Erfolg der Hüller Züchtungsstrategie „low Input – high Output“ widerspiegelt. Sie vereint hervorragende Brauqualität, Klimastresstoleranz sowie optimierte Anbau- und Resistenzeigenschaften mit der Nachhaltigkeit einer modernen Zuchtsorte.

Klimawandel und Umweltschutz machen eine Neuausrichtung der Hopfenproduktion mit neuen modernen Sorten notwendig, um die Rohstoffversorgung zu sichern. Mit Tango kommt eine neue Hüller Aromazuchtsorte in den Anbau und ab 2022 auf den Markt, die die züchterisch gelungene Kombination aus hervorragender Brauqualität, Klimatoleranz sowie optimierten Anbau- und Resistenzeigenschaften in sich kombiniert. Tango ist gleichermaßen für Brauer und Hopfenpflanzer die zukunftssichere und nachhaltige Alternative zu den aktuellen Aromasorten. „Tango tritt in die Fußstapfen ihrer Großmutter Hallertauer Tradition und ist zugleich Schrittmacher in die Zukunft“, wie es Dr. Michael Möller, Vorstandsvorsitzender der Gesellschaft für Hopfenforschung, ausdrückt.

Namensgebung

Die Namensfindung für die jüngste Tochter aus der Hüller Züchtung war nicht leicht. Die Gesellschaft für Hopfenforschung bat zusammen mit dem Bayrischen Rundfunk über Social-Media-Kanäle und im Radioprogramm um Vorschläge mit einer passenden Interpretation. Es war klar, die Namensliste für Hüller Aromasorten mit Bezeichnungen für Edelsteine wie Perle, Saphir, Opal und Diamant war erschöpft, sodass man einen neuen Namen suchte. Zugleich sollte eine neue Namensreihe begonnen werden, die den in die Zukunft gerichteten Charaktereigenschaften der Neuzüchtung gerecht wird. Mit einer Liste von möglichen Hopfennamen aus der Welt der Musik und der ersten Namensgebung „Tango“ ist dies perfekt gelungen. Wie beim Tango, dem temperamentvollen südamerikanischen Tanz, in dem Tempo und Bewegung oft recht abrupt wechseln, meistert die Sorte Tango souverän die schnell wechselnden Klimabedingungen und Witterungsherausforderungen. Wie die Blicke der Tanzenden, die oftmals nach vorne, in die Ferne gerichtet sind, ist die Sorte Tango ein Schrittmacher in die Zukunft insbesondere in der Pflanzengesundheit und in punkto Nachhaltigkeit. Ob beim Namensgeber, einem Hallertauer Hopfenpflanzer, all diese Überlegungen mitgeschwungen haben oder letztlich die Reise zum IHB-Kongress nach Argentinien den größeren inspirierenden Einfluss hatte, ist nicht bekannt.



Abb. 6.1: Die neue Hüller Aromasorte Tango – Doldensträußchen, Dolden-Längsschnitt und Doldenbild

Aroma im Rohhopfen und Bier

Die Vielseitigkeit von Tango beim Brauen zeigt sich bereits beim Rohhopfen selbst. Klassisch hopfige wie auch fruchtige Aromenoten bestimmen das Aromaprofil der Sorte, wie es die Experten des GfH-Beratungsgremiums beim Zerreiben und bei der Aromabonitur der getrockneten Dolden beschrieben.

Bei den chemischen Analysen (Tab. 6.1) fiel sofort auf, was Brauer besonders interessieren dürfte, dass Tango einen mehr als doppelt so hohen Gesamtölgehalt besitzt, verglichen mit den seit Jahrzehnten bewährten und bei Brauern weltweit gefragten Hüller Aromasorten Perle und Hallertauer Tradition. Besonders hervorzuheben ist dabei der enorm hohe Farnesengehalt von Tango. Auch wenn bis heute die Aromabedeutung dieser Leitsubstanz für den Saazer Formenkreis in Bieren nicht eindeutig belegt ist, so werden doch positive synergistische Effekte auf das Bieraroma diskutiert und nicht ausgeschlossen [1 und Schönberger, pers. Mitteilung]. Doch neben dem hohen, mit Tettmanger, Spalter und Diamant vergleichbaren β -Farnesenwert kann Tango sicherlich durch seinen hohen Linaloolgehalt punkten.

Diese Ölkomponente wurde ja in vielen Arbeiten als die Schlüsselsubstanz für eine ausgeprägte Hopfenblume wissenschaftlich bestätigt [1, 2]. Typisch für Tango sind auch die von Geraniol und Geranolsäure abgeleiteten Ester wie Geranolsäuremethylester, Geranylacetat, Geranylisobutyrat sowie Geranylpropionat, die für die fruchtige Seite dieser neuen Hüller Aromasorte widerspiegeln. Dabei steht Geranylpropionat eher als Alleinstellungsmerkmal für Tango, da dieser Ester in anderen Hopfensorten kaum vorkommt.

Zu diesem fruchtigen Aromapotenzial tragen auch die niedermolekularen und damit wasserlöslichen nicht-terpenoiden Ester bei (Tab. 6.1), wobei die Konzentration von 2-Methylbutylacetat bemerkenswert hoch ist. Auch dieser Ester kommt bei anderen Hopfensorten in deutlich geringeren Mengen vor und kann wohl als typisches Kennzeichen von Tango betrachtet werden.

Der typisch hopfig-grüne-harzige Aromaeindruck ist auf den hohen Myrcengehalt zurückzuführen, der in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt mehr oder weniger stark ausgeprägt ist. In Bier selbst spielt Myrcen keine Rolle, außer nach der Trockenhopfung [3].

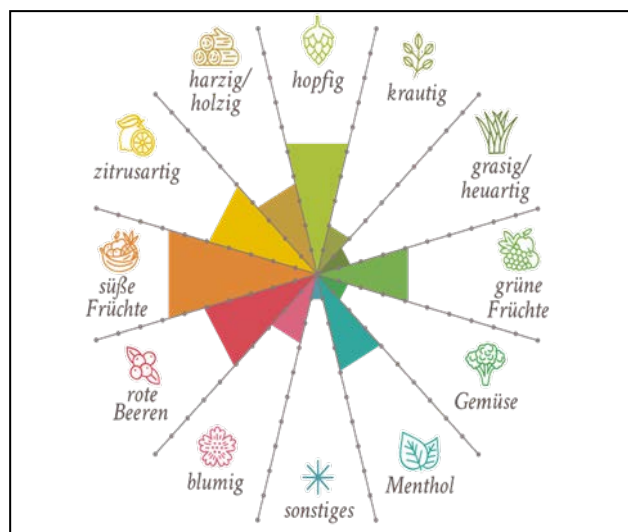


Abb. 6.2: Aromaprofil des Rohhopfens von Tango

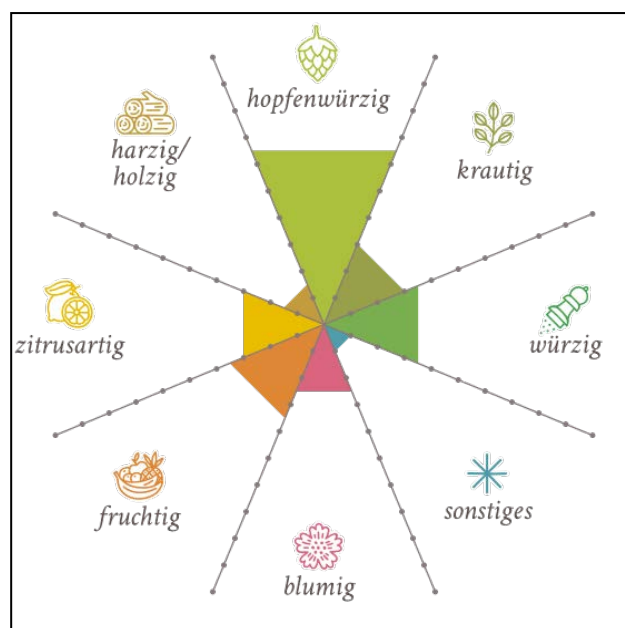


Abb. 6.3: Aromaprofil von Tango in klassischen Bieren

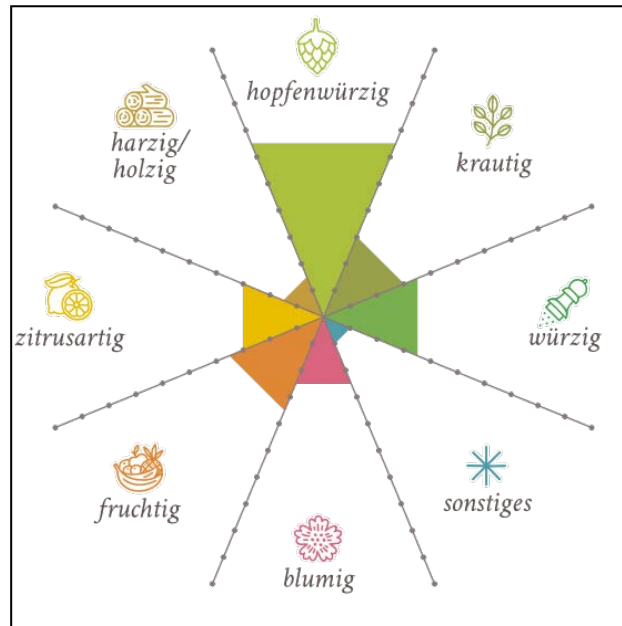


Abb. 6.4: Aromaprofil von Tango bei später Hopfengabe und Kalthopfung

Die Bitterstoff- und Ölgehaltsdaten sind Mittelwerte aus mehrjährigen Anbauprüfungen der LfL und auf Praxisbetrieben. Die quantitativen Aussagen beziehen sich auf erntefrische Einzelmuster des Jahres 2019 /2020 bei Perle und Hallertauer Tradition bzw. 2020 und 2021 bei Tango.

Tab. 6.1. Chemische Daten zu den für Bitterkeit und Aroma entscheidenden Inhaltsstoffen von Tango in erntefrischen Mustern im Vergleich zu Hallertauer Tradition und Perle.

Chemische Verbindungen	Tango	Perle	Hall. Tradition
Gesamtölgehalt (EBC 7.10 in ml/100g)	3,5	1,7	1,2
Bittersubstanzen (EBC 7.7)			
alpha-Säuren (%)	9,0 (7,5 – 11)	7,4	6,2
beta- Säuren (%)	8,5 (6 – 10)	5,2	5,0
Verhältnis β/α	0,86	0,70	0,80
Cohumulonanteil (rel. % der α -Säuren)	23 (20 – 25)	30	26
Xanthohumol (%)	0,6 (0,5 – 0,8)	0,55	0,41
Ausgewählte Mono- und Sesquiterpene (mg/100 g)			
Myrcen	2954	1164	721
β -Pinen	36	17	9
β -Ocimen	1	12	2
β -Caryophyllen	27	106	44
Humulen	49	279	125

Chemische Verbindungen	Tango	Perle	Hall. Tradition
β-Farnesen	163	1	1
β-Eudesmen (β-Selinen)	36	4	3
α-Eudesmen (α-Selinen)	48	6	4
α-Cadinen	24	20	5
Monoterpenalkohole und -ester (mg/100 g)			
Linalool	18	7	10
α-Terpineol	2	< 1	< 1
Geraniol	2	1	< 1
Geranylsäuremethylester	12	10	3
Geranylacetat	10	1	1
Geranylisobutytrat	5	1	1
Geranylpropionat	4	n.n.	n.n.
nicht terpenoide Ester (wasserlöslich) (mg/100 g)			
Isobutyl-propionat	0,1	0,1	< 0,1
Isobutyl-isobutytrat	3	10	5
2-Methylbutyl-acetat	13	< 0,1	< 0,1
Methyl-hexanoat	2	1	1
2-Methylbutyl-propionat	9	8	5
3-Methylbutyl-isobutytrat = Isoamyl-isobutytrat	4	3	1
2-Methylbutyl-isobutytrat	8	29	11
nicht terpenoide Ester (schlecht wasserlöslich) (mg/100g)			
Heptansäuremethylester	18	10	7
Caprylsäuremethylester = Oktansäuremethylester	14	3	5
Pelargonsäuremethylester = Nonansäuremethylester	6	4	2
Gesamt-Polyphenole (EBC 7.14)	4,1	4,0	4,5

Brauqualität in zahlreichen Brauversuchen

Zahlreiche Brauversuche mit Tango bestätigen das klassische, hopfentypische Aroma (Abb. 6.2) in traditionellen Bierstilen, wie es Brauer auch bei Hallertauer Tradition und Perle schätzen. Doch neben diesem gefühlvoll-sinnlichen Aromausdruck beweist Tango auch seine temperamentvolle und kräftig-aromaintensive Seite. Bei späten Hopfengaben bzw. bei der Trockenhopfung erzeugt er ein beeindruckend frisches, fruchtiges, vor allem von Maracujannoten geprägtes Aromaspektrum im Bier (Abb. 6.3), das sich durch den Einsatz aromaintensiver obergäriger Hefen bzw. Alehefen noch intensivieren lässt. Eine angenehm milde Bittere verleiht schließlich den Bieren eine perfekte Drinkability. Selbst bei sehr hopfenintensiven Bieren aus der Craftbeer-Szene überzeugt Tango mit einer gut eingebetteten schönen Bittere, die sich nicht aufdrängt und der Aromakomposition des Braumeisters Raum zur Entfaltung lässt.

Durchweg fiel den geschulten Verkostern am Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie in Weihenstephan die feinporige und lange anhaltende Schaumkrone bei den Versuchsbieren auf. Die Hopfennote wurde insgesamt als angenehm, sauber und frisch mit Nuancen von grünen Früchten beschrieben.

Für Brauzwecke lässt sich TANGO sicherlich multifunktional je nach Aromaphilosophie und Hopfungstechnologie der Braumeister ausrichten. So kann Tango einerseits als Substitutionsorte im Aromabereich ältere Hopfensorten ersetzen, ohne den klassischen Biergeschmack nachhaltig zu verändern, andererseits stehen mit Tango aber auch die Türen der Kreativität und der Aromavielfalt innerhalb des Reinheitsgebotes weit offen.

Umwelt- und ressourcenschonende Produktion trotz Klimawandel

Mit den genetischen Wurzeln von Cascade, Hallertauer Tradition und ausgewählten Hüller Aromalini, die bei der Kreuzungsplanung von Anton Lutz berücksichtigt wurden, besitzt Tango nicht nur hervorragende Brauqualität, sondern darüber hinaus viele Vorteile einer modernen Zuchtsorte (Tab. 6.2).

Um den Herausforderungen im Hopfenbau rund um Umwelt- und Ressourcenschutz zu entsprechen, verzichtete das Hüller Züchtungsteam bei der langjährigen Sorten-Entwicklung in den Zuchtgärten ganz bewusst auf Bewässerung, minimierte die Düngergaben und beschränkte drastisch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Tango ist daher auf Nährstoffeffizienz, Wassereinsparung und auf Pflanzenschutzmittelreduktion hin adaptiert. Aber trotz dieser „low Input“-Strategie überzeugte die Neuzüchtung selbst unter klimatisch extrem schwierigen Bedingungen durch „high Output“ mit stabil hohen Erträgen, Alphasäuren- und Ölgehalten. Dies wurde auch in zahlreichen Anbauprüfungen in der Hallertau, in Tettngang, Spalt wie auch in der Elbe-Saale-Region bestätigt.

Des Weiteren besitzt Tango eine bemerkenswert gute Resistenz- und Toleranzausstattung gegenüber den gängigen Hopfenkrankheiten und -schädlingen, wie die umfassenden Gewächshaus-, Labor- und Feldprüfungen zeigen. Nur durch diese breite Widerstandsfähigkeit konnte Tango unter den oben beschriebenen „low Input“-Bedingungen in den Hüller Anbauprüfungen den harten Selektionsprozess über die Jahre hinweg bestehen. In Praxisprüfungen konnte letztlich dieser Züchtungsfortschritt im Bereich Resistenz/Toleranz bestätigt werden, wodurch eine deutliche Reduktion des chemischen Pflanzenschutzes möglich wird.

Im Rahmen der Versuchsernten wurde zudem ein optimiertes Verhältnis von wirtschaftlich ausschlaggebendem Doldenertrag zu Restpflanzengewicht (Rebe, Blätter) nachgewiesen. Bei einer Sorte mit weniger Blättern ergeben sich entscheidende Einsparmöglichkeiten im Bereich Dünger und Wasser und - falls nötig - auch bei Pflanzenschutzmitteln.

Ein weiterer Beweis, dass mit Tango die Hüller Züchtungsstrategie „low Input – high Output“ als wesentlicher Beitrag zu einer nachhaltigen Hopfenproduktion erfolgreich verwirklicht worden ist. Jetzt liegt es an den Brauern, ihren oft geäußerten Wunsch nach einer nachhaltigen Erzeugung der Rohstoffe mit Leben zu erfüllen und den erreichten Zuchtfortschritt bei Aromahopfenarten schrittweise mit Brauversuchen in die Rezepturen zu übernehmen.

Durch den auf Hektarbasis durchgeführten Großflächenversuchsanbau konnten nicht nur die oben aufgeführten umfassenden Erfahrungen und Erkenntnisse zur Produktion ergänzt, sondern auch ausreichend Erntegut für Brauversuche zur Verfügung gestellt werden. Dieses Angebot wurde von vielen interessierten Mitgliedern der GfH bereits genutzt, wie die zahlreichen eingangs erwähnten und aktuell noch laufenden Brauversuche bestätigen.

Innovative Züchtungsmethodik für moderne Sorten

Die Neuzüchtung aus Hüll zeigt sich nicht nur in allen wichtigen Eigenschaften als modern und zukunftsweisend, sondern steht auch für den Start einer neuen Züchtungsmethodik, der sogenannten Genom-basierten Präzisionszüchtung, die künftig die praktische Hüller Züchtung bei der Auslese vielversprechender Sämlinge ergänzen wird. So war Tango, noch unter seinem Codenamen „2011/02/04“, Teil des Hopfenreferenzsortiments, das zur Entwicklung molekularer Selektionsmarker für züchterisch bedeutende Merkmale verwendet wurde. Aktuell wird daran gearbeitet, die identifizierten Selektionsmarker in die Hüller Züchtungspraxis einzuführen.

Tab. 6.2: Ursprung und agronomische Merkmale der neuen Aromasorte Tango

Ursprung	Cascade /Hallertauer Tradition x Hüller Aromalinien
Resistenzen / Toleranzen	breite Resistenz bzw. Toleranz gegenüber Krankheiten und Schädlingen
Low Input	reduzierter Bedarf an Pflanzenschutzmitteln, Wasser und Stickstoffdünger
High Output	hohe Erträge und Alphasäuregehalte, hohe Ölgehalte
Stress- und Klimatoleranz	sehr gut mit stabil hohen Erträgen und Alphasäuregehalten, keine Frühblüte
Reife	mittelspät (zwischen Perle und Hersbrucker Spät)

Meilenstein in Richtung umweltgerechte, klimastabile Produktion von Qualitätshopfen

Mit Tango ist ein Meilenstein bei der Umsetzung der in Hopfen- und Brauwirtschaft gesetzten Ziele rund um Klimaadaptation, Umwelt- und Ressourcenschutz, Düngeverordnung und Liefersicherheit erreicht. Für Brauer und Hopfenpflanzer ist diese Sorte eine zukunftssichere Alternative zu altbewährten Aromasorten wie Perle und Hallertauer Tradition.

Verfügbarkeit

Die neue Hüller Aromasorte wurde im Dezember 2020 von der Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. unter dem Namen Tango beim Europäischen Sortenamts angemeldet. Interessenten haben bereits einige Lizenzen zum Anbau von Tango bei der GfH erworben. Ab Frühjahr 2021 wurde mit dem Flächenaufbau begonnen. Bis genügend Erntemengen für alle Brauer zur Verfügung stehen, können interessierte Brauer versuchsübliche Mengen auf Anfrage über die GfH erhalten.

Zusammenfassung

Mit Tango kommt eine Zukunftssorte im Aromabereich auf den Markt, die Hopfenpflanzer wie Brauer überzeugen wird. Tango steht für hervorragende Braueigenschaften, stabil hohe Erträge auch bei Klimastress, verbesserte breite Krankheitsresistenzen sowie für eine nachhaltige umweltfreundliche Hopfenproduktion. Sie macht den Hopfenanbau fit für die Zukunft.

Aus Brauwelt Ausgabe Nr. 46-47 (2020)

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

Ausgangssituation

Elbe-Saale ist mit seinen 1.581 ha (7,7 % der deutschen Hopfenfläche) nach der Hallertau das zweitgrößte Hopfenanbaugebiet und leistet damit einen entscheidenden Beitrag zur weltmarktbestimmenden Rolle Deutschlands in der Hopfenproduktion. Während der Anbau früher durch die tschechische Landsorte Saazer und die englische Sorte Northern Brewer geprägt war, hat sich das Sortenspektrum seit der Wende deutlich verbreitert und der Anbau wird zu etwa 80 % von Hüller Zuchtsorten dominiert. Hauptsorte ist nach wie vor seit ca. 25 Jahren die robuste Hochalphasorte Hallertauer Magnum, auch wenn sich der Flächenanteil von 65 % auf 39 % reduzierte. Aber Hallertauer Magnum mit seinem Alphasäureertrag von 280 kg α /ha ist im Vergleich zur Hüller Hochalphasorte Herkules mit 500 kg α /ha nicht mehr konkurrenzfähig. Der Umstieg im Anbau auf die Sorte Herkules ist in den Elbe-Saale-Hopfenanlagen aufgrund seiner hohen Stockfäuleanfälligkeit nicht gelungen.

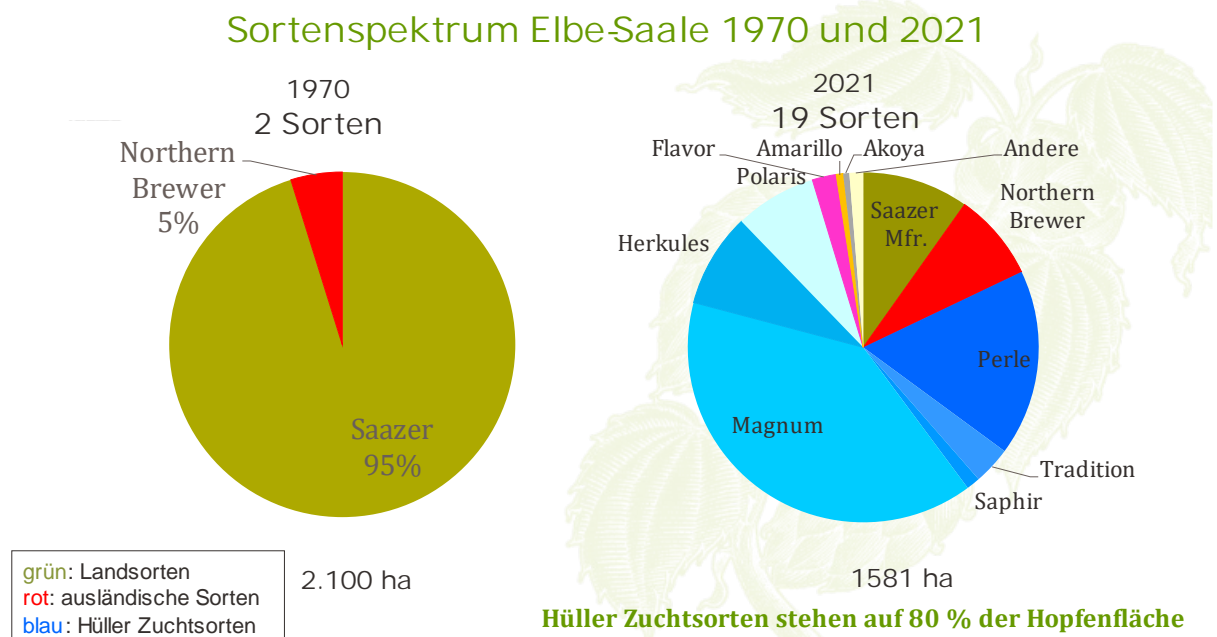


Abb. 6.5: Veränderung des Sortenspektrums im Anbaugebiet Elbe-Saale in den letzten 50 Jahren

Zielsetzung

Zielsetzung dieses Züchtungsvorhabens ist es, neue, leistungsfähige und robuste Hopfensorten zu züchten, die durch ihre hohen Alphasäureerträge und ihre breiten Krankheitsresistenzen, insbesondere gegenüber Stockfäuleerregern, auch unter den speziellen Klima- und Bodenbedingungen des Anbaugbietes Elbe-Saale wirtschaftlich und zugleich umweltschonend produziert werden können. Des Weiteren werden von modernen Hochalphasorten eine verbesserte Klimaadaptation und Nährstoffeffizienz erwartet.

Die Landwirtschaftsministerien der drei Hopfenbauländer Thüringen, Sachsen-Anhalt und Sachsen unterstützen diese Arbeiten finanziell.

Durchführung und Methoden

Kreuzungsteil

- Gezielte Kreuzungen mit vorselektiertem Hüller Zuchtmaterial
- Mehltaresistenztestung der Sämlinge bzw. Zuchtstämme im Gewächshaus und Labor
- Sämlingsprüfung mit Einzelpflanzen im Gewächshaus
- Anbauprüfungen bei reduziertem Pflanzenschutzmittel- und Düngereinsatz
- 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
- Pathogeneliminierung über Meristemkultur

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

Aussichtsreiche Zuchtstämme aus dem Hochalpha-Züchtungsprogrammen der LfL werden im Anbaugbiet Elbe-Saale unter Praxisbedingungen getestet:

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

2021 begann in Zusammenarbeit mit der Hopfenhandelsfirma BarthHaas ein Großparzellenanbau-Versuch mit dem Zuchtstamm 2011/071/019 (Titan) auf dem Betrieb Regner.

Ergebnisse

Kreuzungspart

Seit Projektbeginn 2016 wurden über 245 gezielte Kreuzungen mit speziell ausgewählten Kreuzungseltern aus dem Hüller Zuchtmaterial zur Umsetzung der gesetzten Ziele durchgeführt. Allein im Juli 2021 waren es 45 Kreuzungen.

Sämlingsvorselektion

Knapp 57 000 Sämlinge aus diesem Züchtungsprogramm wurden im Frühjahr 2021 zuerst auf Pilzresistenz im Gewächshaus in Hüll geprüft. Ab Mai 2021 standen dann über 2 250 auf Krankheitsresistenz vorgetestete Sämlinge in der Vegetationshalle zur Begutachtung, um bis zum Herbst Wüchsigkeit, Resistenz unter natürlichen Infektionsbedingungen und Windefähigkeit und Geschlecht begutachten zu können.

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 2021 in den Zuchtgarten in Hüll ausgepflanzt.

Vielversprechende Sämlingskandidaten der Vorjahre durchlaufen aktuell die 3-jährige Sämlingsprüfung im Zuchtgarten in Hüll. Bei minimalem Pflanzenschutz Aufwand und reduzierten Düngergaben im Zuchtgarten über die gesamte Vegetationsperiode wurden nur die robustesten und damit verheißungsvollsten Sämlinge unter Berücksichtigung von etwa 40 Selektionskriterien begutachtet. 47 Sämlinge der Jahrgänge 2018/2019/2020 wurden im Herbst beerntet.

Die Doldenmuster der jeweiligen Pflanzen wurden in Hüll von IPZ 5d chemisch analysiert und die Dolden eingehend bonitiert.

4-jährige Stammesprüfung

Sechzehn vielversprechende Sämlinge wurden für die Stammesprüfung 2021 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 und war ohne Befund. *Verticillium*-Freiheit des Hopfenstockes wurde vom züchtungseigenen Genomanalyse-Team in Freising unter Nutzung der hochsensitiven Realtime PCR-Technik bestätigt.

Aktuell stehen 54 Hochalpha-Zuchtstämme in Hüll bzw. Stadelhof in Anbauprüfungen. 46 Kandidaten aus den Stammesprüfungen SP 2018, SP 2019 und SP 2020 wurden 2021 beerntet.

Eine zuverlässige Beurteilung aller Selektionskriterien, insbesondere belastbare Aussagen zu Ertrag, Inhaltsstoffen 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 und wurden im Frühjahr 2021 ausgepflanzt.

Reihenversuchsanbau

Aktuell stehen fünf Hüller Hochalpha-Zuchtstämme im Vergleich zu Hallertauer Magnum, Polaris und Ariana im Reihenversuchsanbau bei einem Pflanzler in Thüringen. Ein Hochalpha-Zuchtstamm wurde wegen seines zu geringen Leistungspotentials gerodet und durch zwei neue erfolgversprechende Zuchtstämme ersetzt. 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.

Großflächenversuchsanbau mit dem Hochalphastamm 2011/071/19

Aus dem aktuell laufenden Reihenversuchsanbau kristallisierte sich ein Hochalphastamm heraus, der sich durch sein sehr hohes, selbst unter Stressbedingungen stabiles Alphasäuren- und Ertragspotenzial auszeichnet. Des Weiteren erfüllt er die Forderung nach weitreichenden Krankheitsresistenzen, insbesondere gegen Stockfäule und Mehltau. Inzwischen liegen außerdem vielversprechende Brauer-Kenntnisse aus Sudversuchen 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 er auf einer Fläche von 5,4 ha der Stamm in der Hallertau eingelegt. 2021 erfolgte auch im Elbe-Saale-Gebiet die Auspflanzung auf 0,5 ha.

Mittlerweile ist der Zulassungsantrag beim Gemeinschaftlichen Sortenamts der EU (CPVO) gestellt und mit der Sortenbezeichnung „Titan“ beantragt. Im Jahr 2022 soll der Probeanbau noch weiter ausgedehnt werden. Mit der Versuchsernte 2021 wird eine Verarbeitungsstudie (Pellets und Extrakt) gemacht. Es ist geplant, mit den Produkten weltweit Sudversuche bei Braukonzernen zu initiieren, um möglichst rasch die Freigabe für den Einsatz in den Brauereien zu erreichen.

Ausblick

Bei den Neuzüchtungen sind erfolgsversprechende 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 im Reihenversuchsanbau im Elbe-Saale Anbaugebiet noch nicht 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 unterstützt.

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 Stockfäuleerreger sowie hohe Stickstoffeffizienz. Durch reduzierten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Dünger machen sie die Hopfenproduktion umwelt- und ressourcenschonender und helfen Kosten zu sparen. Zusätzlich sind diese Neuzüchtungen auf die speziellen Anbaubedingungen der Elbe-Saale-Region hin selektiert.

Damit können sie 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. (2021): Entwicklung von leistungsstarken, gesunden Hopfen mit hohen Alphasäuregehalten und besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet. 5. Sachbericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt.

Eigenschaften	Hallertauer Magnum	Herkules	Polaris	Ariana	Tango	Stamm 2011/71/19	Stamm 2010/75/78	Stamm 2015/58/58
Pflanzjahr	1998	2001	2012	2016	Juni 2017	Juni 2015	Mai 2019	Mai 2019
Aromaeinschätzung	angenehm	angenehm	angenehm, frisch	angenehm, fruchtig	angenehm hopfig, frisch	angenehm	angenehm	angenehm
Alphasäuren (%)¹	12,9 (10,6 – 16,2)	13,9 (13,5 – 14,5)	16,8 (13,7 – 19,4)	8,8 (8,1 – 10,2)	7,6 (5,2 – 9,9)	16,6 (14,3 – 19,8)	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.)		2 230		
Erntejahr 2017	2 925	1 950	2 785	4 490		2 930		
Erntejahr 2018	2 420	wg. Stockfäule nicht mehr im Anbau	2 255	3 090	2 825	2 395		
Erntejahr 2019	2 740		2 555	3 175	4200	2 335		
Erntejahr 2020	2 585		2 515	3 930	4680	1 955	2 700	3 890
Erntejahr 2021	2970		2770	3180	4340	3415	2680	2735
kg α/ha	330 (174 – 481)	325 (221 – 453)	433 (309 – 537)	314 (257 – 376)	314 (137 – 384)	381 (280 – 466)	367	580
Stockgesundheit	sehr gut	gering	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut
Agronomische Einschätzung	robust, wüchsig	Ertrag wegen Stockfäule re- duziert	robust, lang- sam wachsend	robust, breite Resistenz	robust, breite Resistenz	Mehltaure- sistenz, gu- ter Habitus	robust, wüchsig,	guter Habitus, hohes Ertrags- potenzial

Tab. 6.3: Ergebnisse der Reihen-Anbauprüfung von Hüller Hochalphastämmen bei einem Elbe-Saale-Pflanzer mit Hallertauer Magnum, Herkules und Polaris als Referenzsorten; ¹ α -Säuregehalt in Gew.-% lfr. nach EBC 7.4

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

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

In der Saison 2021 stellte der Befall des Hopfens mit dem Falschen Mehltaupilz (*Pseudoperonospora humuli*) die Pflanze vor Herausforderungen. Neben dem seit annähernd drei Jahrzehnten etablierten Peronospora-Warndienst kann die Züchtung einen wesentlichen Beitrag zur Lösung des Peronospora-Problems leisten. Ziel ist es, Hopfen mit deutlich verbesserter Toleranz gegenüber diesem Pilz zu entwickeln.

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 dieser Methode kann die Toleranz bzw. Anfälligkeit gegenüber Peronospora abgeschätzt werden. Hierbei wird nur die Toleranz gegenüber der Sekundärinfektion erfasst.

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. Falls keine Abwehrreaktion des Hopfens erfolgt, wachsen die Zoosporen, die bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit aus den Sporangien freigesetzt werden, auf der Blattunterseite zu einem sporulierenden Pilzmyzel aus.

Da dieses Myzel ein typisches Symptom für anfällige Hopfen ist, wird der Fokus der Bonituren auf die Sporulation gesetzt. Die Bewertung erfolgt auf einer Skala von 0 bis 5: 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. Im späteren Stadium werden dunkelbraune Nekrosen sichtbar.

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

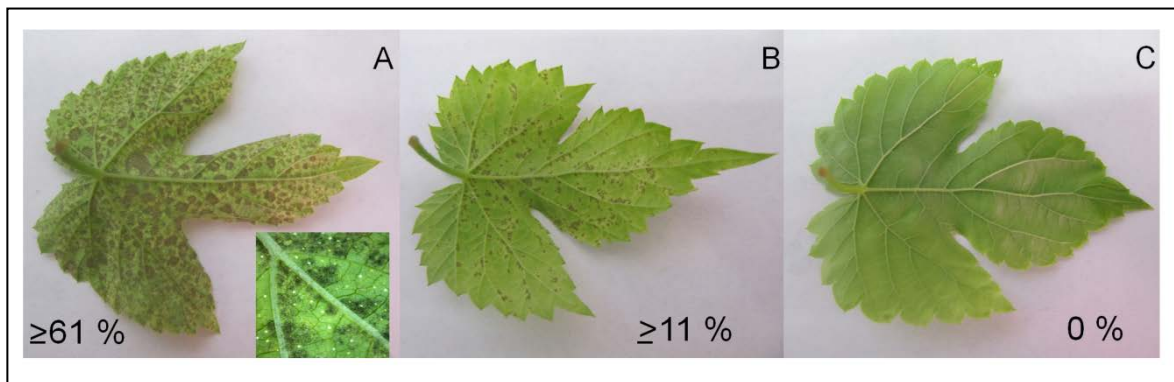


Abb. 6.6: Unterschiedliche Reaktionen von Hopfenblättern 6 Tage nach Inokulation mit *Peronospora*: anfällig (A), mittel tolerant (B) und hoch tolerant (C) gegenüber dem Pilz; % der infizierten Blattfläche = Sporulation; in Foto A zusätzlich eine Nahaufnahme des *Peronospora*-Befalls mit schwarzen Sporenarealen

Ergebnisse

Im Jahr 2021 begann die Testsaison Anfang April. Insgesamt wurden 13 Versuchsreihen mit jeweils einer Sorte und sechs Zuchtstämmen durchgeführt. Als Referenzen für unterschiedliche *Peronospora*-Toleranz wurden bei jedem Versuch Blätter von Hallertauer Tradition (hohe Widerstandsfähigkeit) und Polaris (geringe Toleranz) mitgeführt. Die Versuche 1 und 2, bei denen ein zu niedriger Blattbefall festgestellt wurde, wurden bei der statistischen Verrechnung nicht mit einbezogen.

Nach der statistischen Verrechnung der Indices zur Schwere des Krankheitsbefalls (disease severity) ergaben sich folgende Schlussfolgerungen:

Für die Hüller Sorte Hallertauer Tradition konnte die hohe *Peronospora*-Toleranz statistisch erneut abgesichert werden. Als anfällig gegenüber dem Falschen Mehltaupilz zeigte sich der Hochalphastamm 2011/071/019. Alle weiteren getesteten Stämme erwiesen sich im Vergleich zu Polaris ähnlich anfällig gegenüber *Peronospora* (Abb. 6.7).

Das Blatt-Testsystem kann als ein Teil der Gesamtbewertung zur *Peronospora*-Toleranz einer Sorte gesehen werden. Durch Feldbonituren werden die gewonnenen Erkenntnisse im Labor vervollständigt.

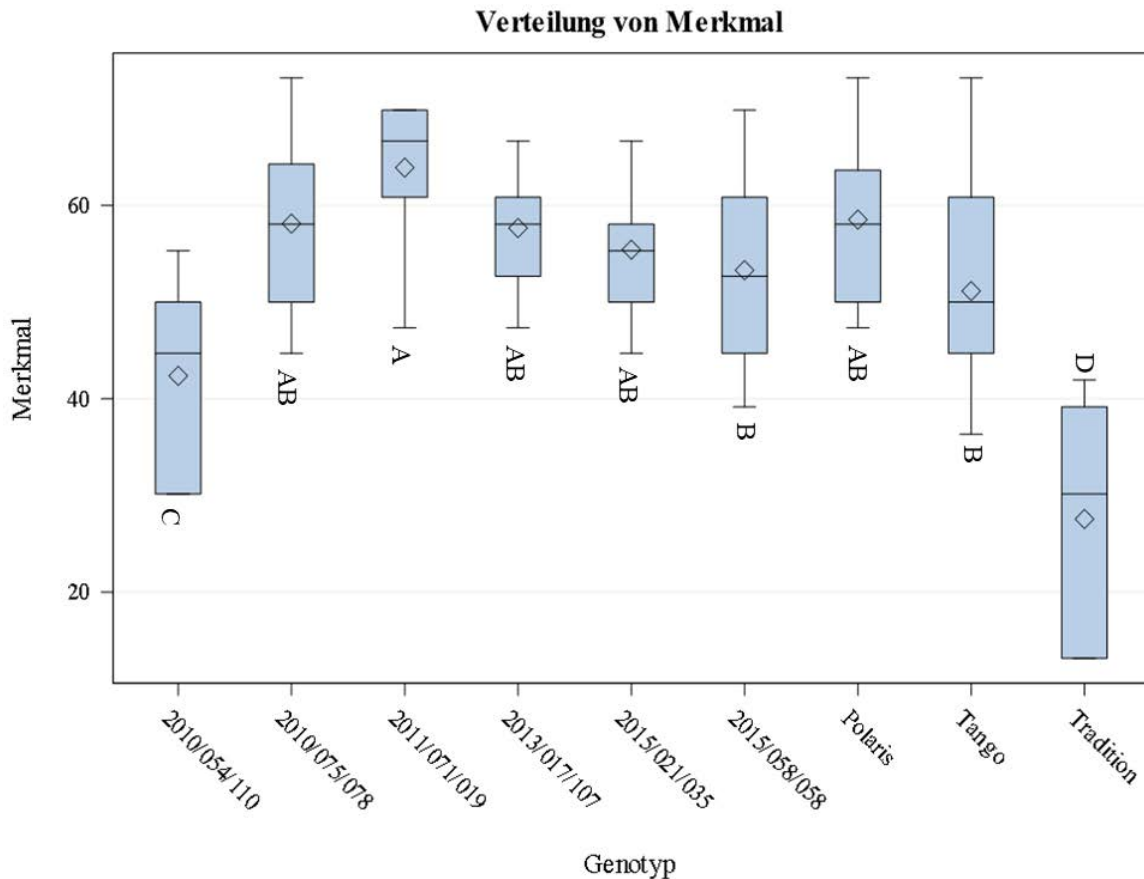


Abb. 6.7: Verteilung der Reaktionen der getesteten Hopfsorten /-stämme gegenüber *Peronospora* in der Saison 2021. Nur Hopfen mit unterschiedlichen Großbuchstaben zeigen statistisch signifikante Unterschiede in ihrem *Peronospora*-befall (Student-Newman-Keuls-Test mit $p < 0,05$).

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 Testsaion wurden ab Versuch 10 dann auch Zoosporen von künstlich infizierten Blättern verwendet, die im Brutschrank herangezogen werden.

Ausblick

Ein entscheidender Vorteil des Blatt-Testsystems besteht darin, dass unter standardisierten Bedingungen, d.h. unabhängig von Witterungs- und Standorteinflüssen, Aussagen zur Krankheitstoleranz einer Hopfsorte bzw. -stammes getroffen werden können.

Das *Peronospora*-Blatt-Testsystem hat sich in den letzten Jahren als wichtiger Baustein zur Toleranzeinschätzung herauskristallisiert, wodurch die Feldeergebnisse abgesichert 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.

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.

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

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 Hopfenpflanzler 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 den Hopfenpflanzern gesundes Pflanzgut zur Verfügung stellen zu können.

Seit 2013 wird das Pflanzgut mit einer hoch empfindlichen PCR-basierten Nachweismethode auf den *Verticillium*-Pilz untersucht und so sichergestellt, dass nur welkefreie Hopfen weitergegeben werden.

Methode

Basierend auf Forschungsarbeiten von Maurer et al. (2013) konnte eine sehr zuverlässige und sensitive molekulare Nachweisteknik für *Verticillium* direkt aus den Hopfenreben etabliert werden. Dieses Detektionssystem - beruhend auf einer Multiplex TaqMan®-basierten Realtime-PCR - ist seit 2014 im Praxiseinsatz.

Ergebnisse

An einer Optimierung des Testsystems wird stetig gearbeitet. Ziel dabei ist es, in einem PCR-Lauf nicht nur auf *V. nonalfalfae* generell zu testen, sondern simultan dabei milde und letale Stämme von *V. nonalfalfae* zu differenzieren. Von entscheidender Bedeutung für die Züchtung und den Praxisanbau sind dabei Aussagen, ob bzw. welche Welkestämme eine Hopfenpflanze infizieren. Dies wird durch die Multiplex PCR-Analyse ermöglicht.

- **Multiplex TaqMan®-basierte Realtime-PCR**

In Abb. 6.8 werden ausgewählte Amplifikationskurven eines PCR-Laufes dargestellt. Durch die interne Kontrolle (grüne Kurve), die dem Nachweis von hopfen-eigener Cox-DNA dient, wird der störungsfreie Lauf einer PCR bestätigt, wodurch „falsch negative“ Ergebnisse ausgeschlossen werden können.

Wird der an die Sonde gekoppelte Farbstoff „FAM“ freigesetzt, so ergibt sich ein Fluoreszenzanstieg der blauen Kurve. Das bedeutet, dass die für *V. nonalfalfae* spezifischen Sequenzen im Probenextrakt vorhanden sind und vermehrt wurden. Da dieses Primerpaar nicht zwischen Mild- und Letalstamm differenziert, kann hier nur abgeleitet werden, dass bei der untersuchten Rebe ein *Verticillium*-Befall vorliegt.

Zugleich werden in der PCR aber auch Primer und Sonde (Cy5-markiert) für Letalstämme von *V. nonalfalfae* angeboten. Mit dem Anstieg des Fluoreszenzsignals „Cy5“ (violette Kurve) wird der Letalstamm des Welkepilzes *V. nonalfalfae* nachgewiesen.

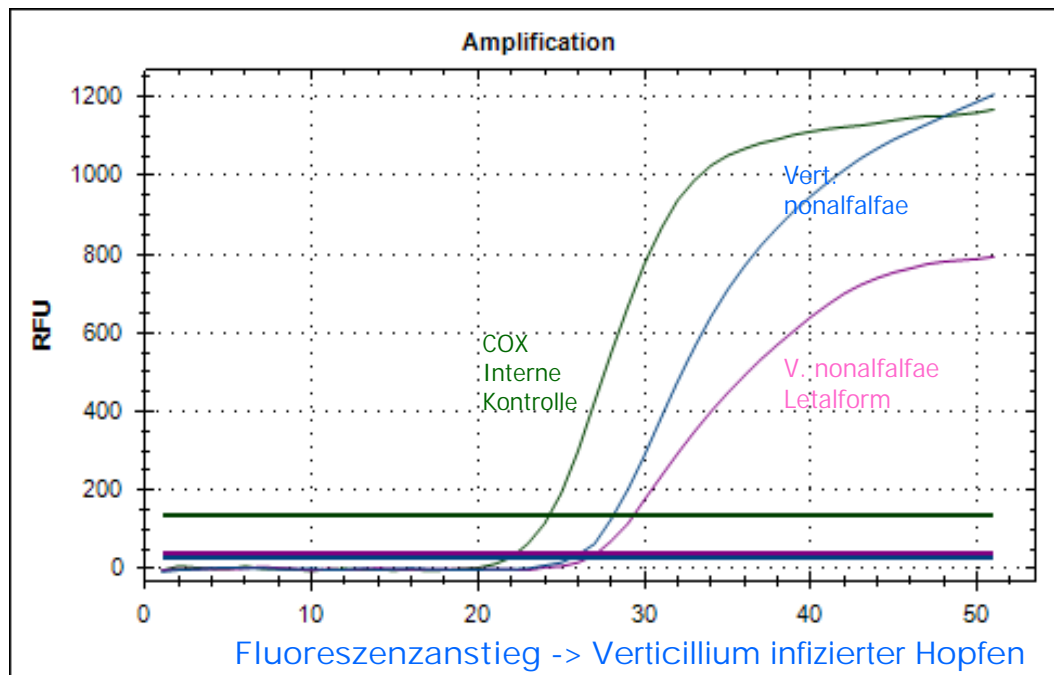


Abb. 6.8: Multiplex-Realtime-PCR einer Rebenprobe aus der Praxis, bei der sich eine letale *Verticillium*-Infektion nachweisen ließ

- **Bewertung des molekularen Nachweises und Validierung des Detektionssystems**

Vorteile der Realtime-PCR-Nachweismethode:

- sehr spezifisch
- ohne Verwechslungsgefahr mit anderen Pilzinfektionen (Fusarium)
- selbst geringste Pilmengen werden erfasst
- Unterscheidung von Mild- und Letalstämmen möglich
- Ergebnis liegt bereits nach 2 Tagen vor

Nachteil der Realtime-PCR-Nachweismethode:

- keine klare Aussage, ob der *Verticillium*-Pilz noch Pflanzen infizieren kann 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 der in einigen Punkten verbesserten Methodik wurde in das aktualisierte EPPO-Protokoll zur Diagnose von *Verticillium* aufgenommen (in der Abstimmungsphase seit Juni 2019).

Darüber hinaus wird - unterstützt von IPS 2c, Virusdiagnostik - an einer systematischen Validierung des Realtime-PCR-Systems hinsichtlich Reproduzierbarkeit, Sensitivität, etc. gearbeitet.

- **Durchgeführte Untersuchungen auf *Verticillium***

Jedes Jahr werden in etwa 700 Pflanzen auf *Verticillium* getestet. Das entspricht in etwa 2800 PCR-Reaktionen. Da von keiner homogenen Verteilung des Welkepilzes im Untersuchungsmaterial ausgegangen werden kann, werden 2-3 Proben pro Pflanze von verschiedenen Pflanzenteilen (Wurzeln, basisnahe Rebstücke, etc.) genommen. Anschließend wird von jeder Probe separat die DNA extrahiert und der DNA-Extrakt unverdünnt und 1:10 verdünnt in der Realtime-PCR analysiert. Bei nicht eindeutigen Ergebnissen wird der Realtime-PCR-Test wiederholt.

Untersucht wurden in diesem Jahr:

- *Verticillium*-freies Pflanzmaterial für LfL-eigene Prüfstandorte (Zuchtgarten in Stadelhof) und für Praxisanbauversuche (Reihen- und Großparzellenversuchsanbau in der Hallertau, Tettngang, Spalt und Elbe-Saale)
- Studien zur Verbreitung von *Verticillium*-Infektionen (Letalstämme) in Praxisgärten der Hallertau
- Untersuchung der Mutterpflanzen, die an den Vermehrungsbetrieb der GfH gehen, um die Abgabe von Welke-freiem Fenchermaterial sicherzustellen.
- Mutterpflanzen des Vermehrungsbetriebes werden in regelmäßigen Abständen auf Welkebefall untersucht. Somit wird gewährleistet, dass *Verticillium*-freies Pflanzgut für die Hopfenpflanzer bereitgestellt wird.
- Untersuchung des Hüller Zuchtmaterials aus den LfL-Zuchtgärten und den *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.

- Molekulare Verifizierung von Welke-Bonituren in Kooperation mit S. Euringer und K. Lutz, IPZ 5b. Diese Untersuchungen sind auch im Zusammenhang mit Maßnahmen zur Sanierung von *Verticillium*-verseuchten Böden und zur Hygienisierung von Rebenhäcksel, sowie dem Nachweis des Pilzes in anderen Pflanzenarten (Zwischenfrüchte, Unkräuter) von entscheidender Bedeutung.
 - Analyse von Proben, die im Rahmen des Pflanzenpasses 2021 durchgeführt wurden
 - Aufbau einer *Verticillium*-Referenzkollektion und Bereitstellung von Inokulationsmaterial
- **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 wissenschaftlichen Stelle unterstützt. Dabei werden Fragen mit Praxisrelevanz rund um den Welkepilz in Angriff genommen. Alle Ansätze dieses Projektes zur *Verticillium*-Welke werden durch die molekulare Detektion des Pilzes unterstützt. Nur mittels PCR-Analyse kann bei Pflanzen mit visuell bonitierten Welke-Symptomen Befall verifiziert und zusätzlich zwischen Mild- und Letalstamm des Welke-Erregers unterschieden werden.

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

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

Guček, T., Stajner, N., 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.

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.

6.6 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. Diese Krankheiten können nicht mit Pflanzenschutzmitteln bekämpft werden. Die Meristemkultur bietet eine biotechnologische Methode zur Gesundung und Erzeugung von *Verticillium*- und Virus-freiem Pflanzenmaterial.

Methode

Zur Erzeugung von *Verticillium*- und Virus-freien Hopfenpflanzen werden Sprossspitzen von infizierten im Gewächshaus vorgezogenen Pflanzen oberflächensterilisiert und nachfolgend *in vitro* über mehrere Tage mit Hitze behandelt. 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. 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-Technik bzw. mit der RT-PCR 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 gepflanzt.

Ergebnisse

2021 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) und dem Hopfenlatentvirus (HpLV) verbessert werden. Dabei wurden die Auswirkungen verschiedener Hitzetherapien auf die Eliminierungsrate von Viren und speziell von ApMV und HpLV aus den Versuchen von 2020 verifiziert.

Zur Virusfreimachung wurden die Sprossspitzen *in vitro* nach einer 3-tägigen Wärmeadaptationsphase bei 30 °C einer verlängerten Hitzetherapie 7, 9 oder 12 Tagen mit 35 °C unterzogen, wobei sich die Eliminierungsrate von ApMV nochmals auf 95% erhöht hat. Bei HpLV wurde die Effektivität der Eliminierung von 50 % früherer Jahre auf 85 % gesteigert.

Um den Ausfall an geschädigtem Ausgangsmaterial durch die Hitzetherapie auszugleichen, wurde eine Methode zur Steigerung der Anzahl der gewonnenen Meristempflanzen mithilfe einer Vorkultur geprüft. Dabei wurden Sprossspitzen nach der Ernte im Gewächshaus nach erfolgter Oberflächensterilisation zunächst bei Normalbedingungen 3 bis 4 Wochen kultiviert, um Seitentriebe zu induzieren und eine bessere Umgebungsanpassung zu schaffen und dadurch eine höhere Meristem-Ausbeute zu induzieren (siehe Abb. 6.9, A-D). Bisherige Ergebnisse zeigen, dass dadurch eine Erhöhung der Anzahl der Meristeme erfolgt, ob sich jedoch der größere Zeitaufwand lohnt, bleibt noch zu prüfen.

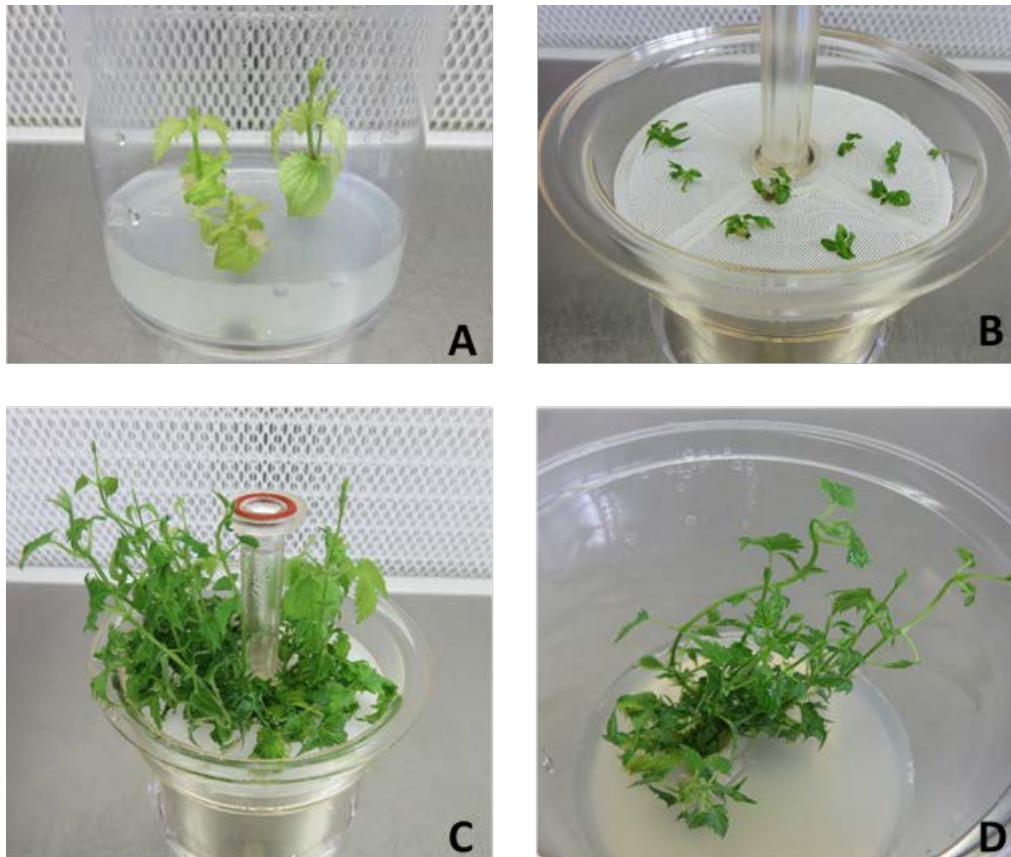


Abb. 6.9: Meristemkultur mit erfolgter Vorkultur, A) nach 3 Wochen Vorkultur und erfolgter Hitzebehandlung, B) 3 Wochen nach Präparation frisch in RITA®-Flüssigkultursystem, C) 10 Wochen nach Präparation im RITA®-Flüssigkultursystem und D) vereinzelte Pflanze in Kulturgefäß

Ausblick

An einer weiteren Steigerung der Viruseliminierungsrate durch Optimierung der Anzucht- und Versuchsbedingungen bei der Meristemkultur wird gearbeitet. Nach wie vor stellt der Viroid-Befall 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.
- Matoušek, J., Trněná, L., Svoboda, P., Oriniaková, P., Lichtenstein, C.P. (1995): The gradual reduction of 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.

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).

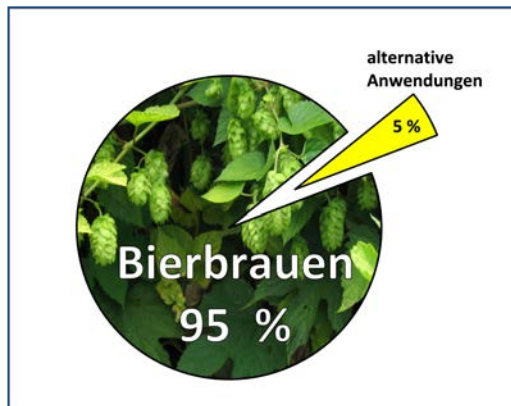


Abb. 7.3: Verwendung von Hopfen

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 Anbauggebiet aus (Abb. 7.4), dazwischen gibt es fließende Übergänge.

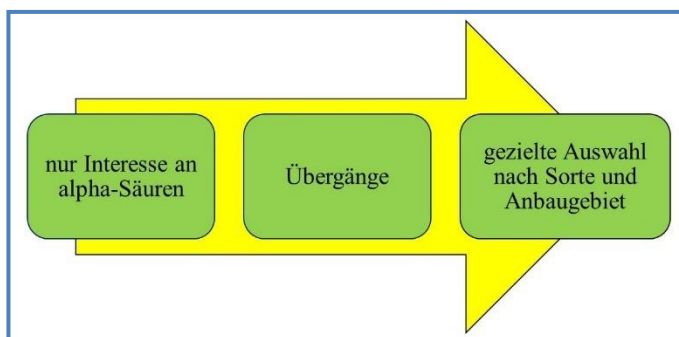


Abb. 7.4: Unterschiedliche Philosophien bezüglich des Einsatzes von Hopfen

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 (siehe Kapitel 7.3).

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).

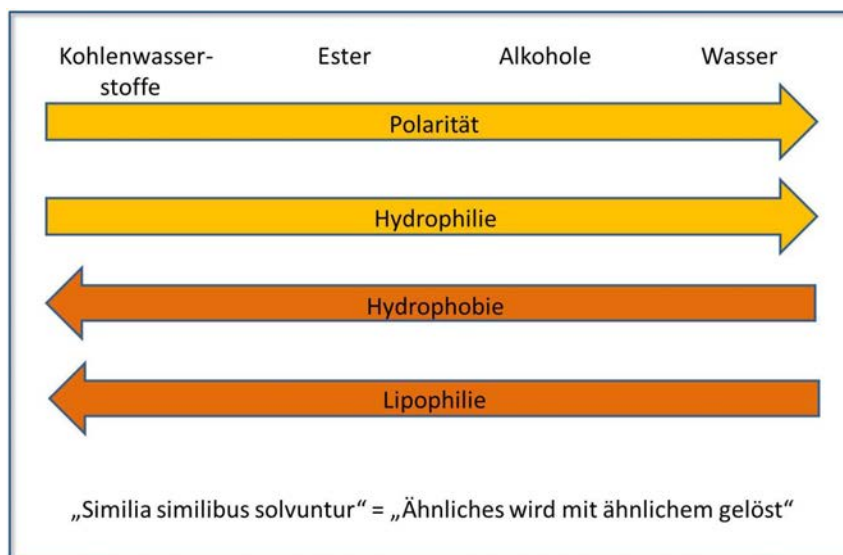


Abb. 7.5: Das Löslichkeitsverhalten von Hopfeninhaltsstoffen basiert auf der Polarität

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).

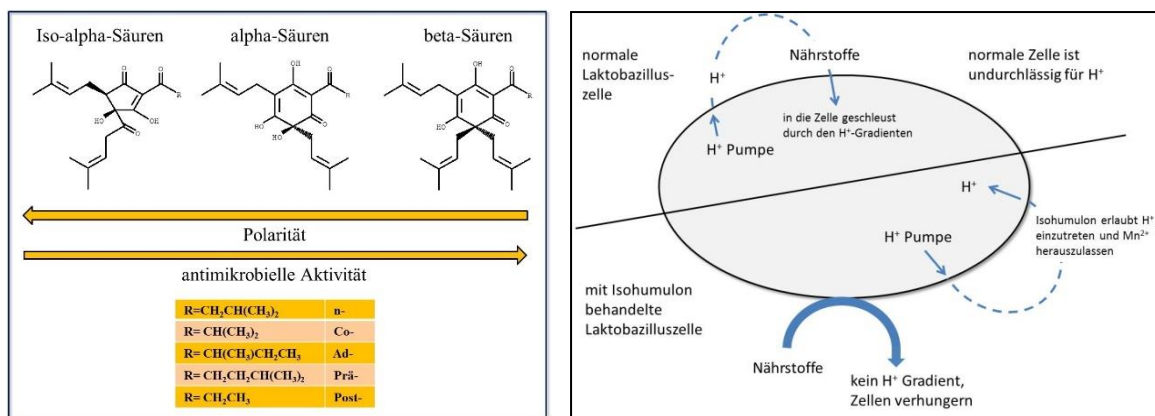


Abb. 7.6: Reihenfolge der antimikrobiellen Aktivität von Iso- α -Säuren, α -Säuren und β -Säuren und deren Wirkungsweise

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-alpha-Säuren hemmen Entzündungsprozesse und haben positive Effekte auf den Fett- und Zuckerstoffwechsel. Im Bier schützen sie sogar vor dem Magenkrebs auslösenden „Helicobacter pylori“. Die 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. Nachfolgend sind einige Anwendungen aufgezählt, die auf der antimikrobiellen Aktivität des Hopfens beruhen.

- β -Säuren kontrollieren gram-positive Bakterien (Clostridien, Listerien, Mycobacterium tuberculosis (Tuberkulose-Erreger))
- Einsatz als Konservierungsmittel in der Lebensmittelindustrie (Fisch, Fleischwaren, Milchprodukte)
- Hygienisierung von biogenen Abfällen (Klärschlamm, Kompost)
- Beseitigung von Schimmelpilzbefall

- Geruchs und Hygieneverbesserung von Streu
- Kontrolle von Allergenen
- Einsatz als Antibiotikum in der Tierernährung
- Biologische Kontrolle von Bakterien in der Zucker- und Ethanolindustrie (Ersatz von Formalin)

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. Ein umfangreicher Beitrag zu den Polyphenolen und deren Bedeutung für das Bier und die Gesundheit ist im nachfolgenden Kapitel zu finden.

7.3 Die Polyphenole des Hopfens

Im Jahresbericht 2019 wurde etwas ausführlicher über Aromastoffe und im Jahresbericht 2020 sehr detailliert über Bitterstoffe geschrieben, deshalb wird in diesem Jahresbericht etwas detaillierter über die Polyphenole berichtet. Die Polyphenole gehen wegen ihrer Polarität gut ins Bier über und ihre Bedeutung für die Sensorik ist momentan sicher noch unterschätzt und könnte in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

Polyphenole sind sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die als Abwehrstoffe gegen Krankheiten und Schädlinge, als Wachstumsregulatoren und als Farbstoffe von der Pflanze synthetisiert werden. Wegen ihrer antioxidativen Eigenschaften und ihre Fähigkeit freie Radikale einzufangen zu können, haben sie sehr viele positive Effekte für die Gesundheit. Krankheiten, die auf oxidativen Prozessen beruhen, sind z.B. Krebs, Artherosklerose, Alzheimer und Parkinson. Die Polyphenole können nach folgendem Schema eingeteilt werden (Abb. 7.7).

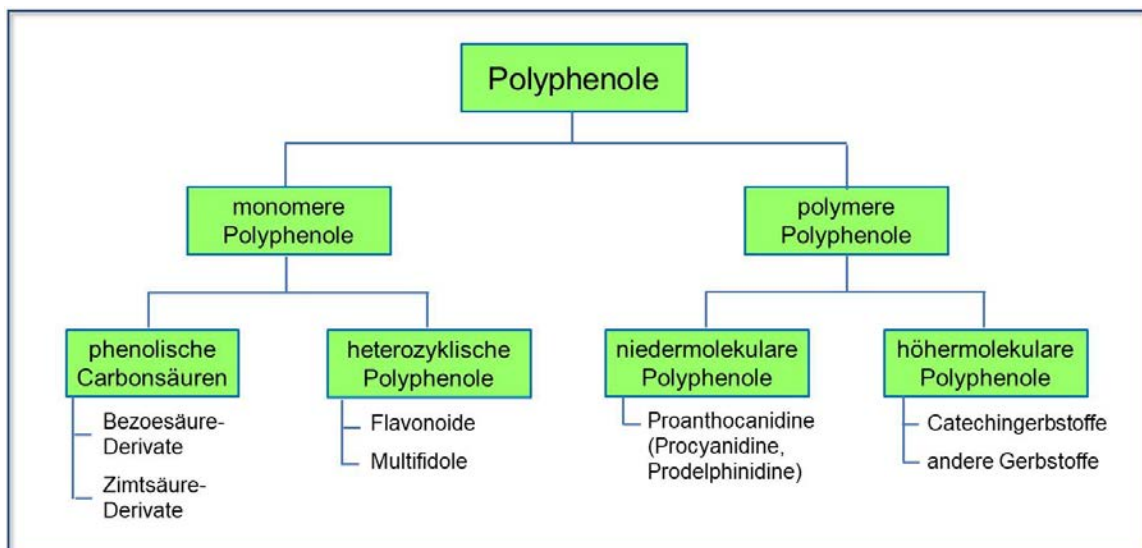


Abb. 7.7: Einteilung der Polyphenole

In der Tabelle 7.1 sind die Größenordnungen zusammengestellt mit der Polyphenole im Hopfen vorkommen.

Tab. 7.1: phenolische Substanzen im Hopfen

Substanzen und Substanzgruppen	Konzentrationen
phenolische Carbonsäuren	
1) Benzoesäure-Derivate	< 0,01 %
2) Zimtsäure-Derivate	0,01 – 0,03 %
Flavonoide	
3) Xanthohumol (Chalkone)	0,20 – 1,70 %
4) 8,6-Prenylnaringenin	< 0,01 %
5) Quercetinglykoside	0,05 – 0,23 %
6) Kämpferolglykoside	0,02 – 0,24 %
7) Catechine und Epicatechine	0,03 – 0,30 %
8) Acylphloroglucinol-Derivate (Multifidole)	0,05 – 0,20 %
höhermolekulare Substanzen	
9) Oligomere Proanthocyanidine	0,30 – 1,64 %
10) Catechingerbstoffe und Tannine	2,00 – 7,00 %

In folgenden Ausführungen soll etwas genauer auf die chemischen Strukturen und die Analytik der Hopfenpolyphenole eingegangen werden.

7.3.1 Phenolische Carbonsäuren

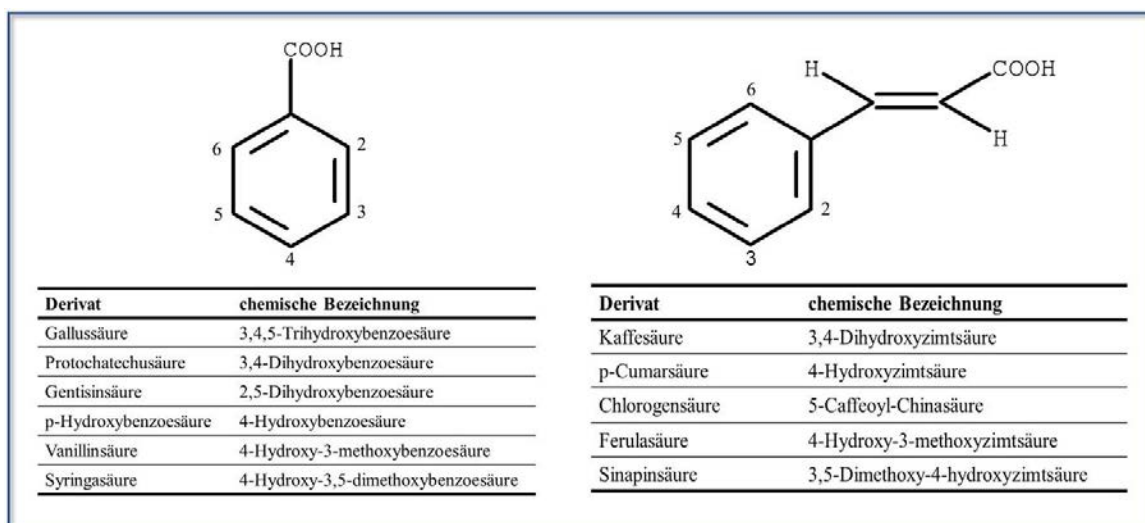


Abb. 7.8: Benzoesäure- und Zimtsäure-Derivate

Benzoessäure- und Zimtsäure-Derivate kommen ubiquitär im Pflanzenreich vor. Sie sind für den Hopfen nicht spezifisch und ihre Konzentrationen im Hopfen sind eher geringer.

7.3.2 Catechine (Flavanole)

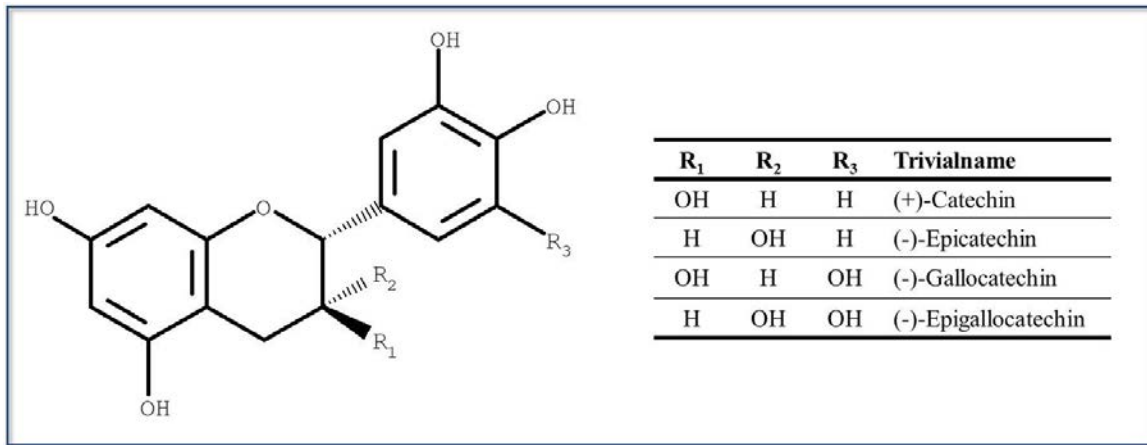


Abb. 7.9: Catechine (Flavanole)

Auch die Catechine sind im Pflanzenreich weitverbreitet. Tee und Kakao haben sehr hohe Konzentrationen an Catechinen. Es gibt Hinweise, dass catechinhaltige Pflanzen durch Vasodilatation (Erweiterung der Blutgefäße) die Durchblutung fördern können. Die Catechine haben die Eigenschaft, dass sie zu Proanthocyanidinen polymerisieren können. Die Abb. 7.10 zeigt dimere, oligomere und polymere Proanthocyanidine. Der größere Anteil an Catechinen gelangt aber sicherlich nicht über den Hopfen, sondern über das Malz (Gerste) ins Bier.

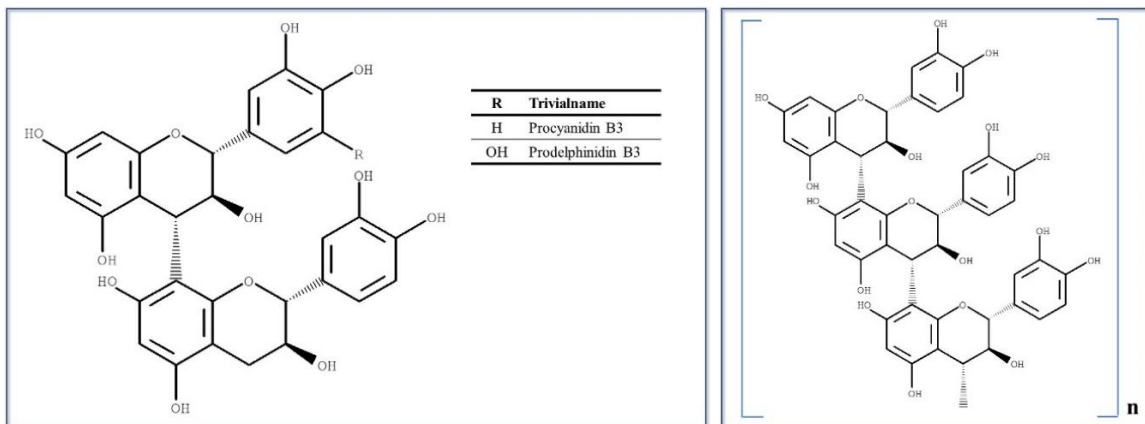


Abb. 7.10: dimere, oligomere und polymere Proanthocyanidine

7.3.3 Tannine

Tannine sind hochkomplexe Verbindungen von Gallussäure und Glukose. Die Abb. 7.11 zeigt einen Ausschnitt. Die gerbende Wirkung beruht darauf, dass Tannine Proteine dreidimensional vernetzen können, so entsteht z.B. aus tierischen Häuten Leder. AUDI war schon einmal interessiert, die Gerbstoffe von Hopfenblättern zum Gerben von Leder für Autositze zu nutzen. Das Projekt ist dann aber wieder eingeschlafen. Die adstringierende Wirkung der Gerbstoffe dient auch zur Abwehr von Fraßfeinden.

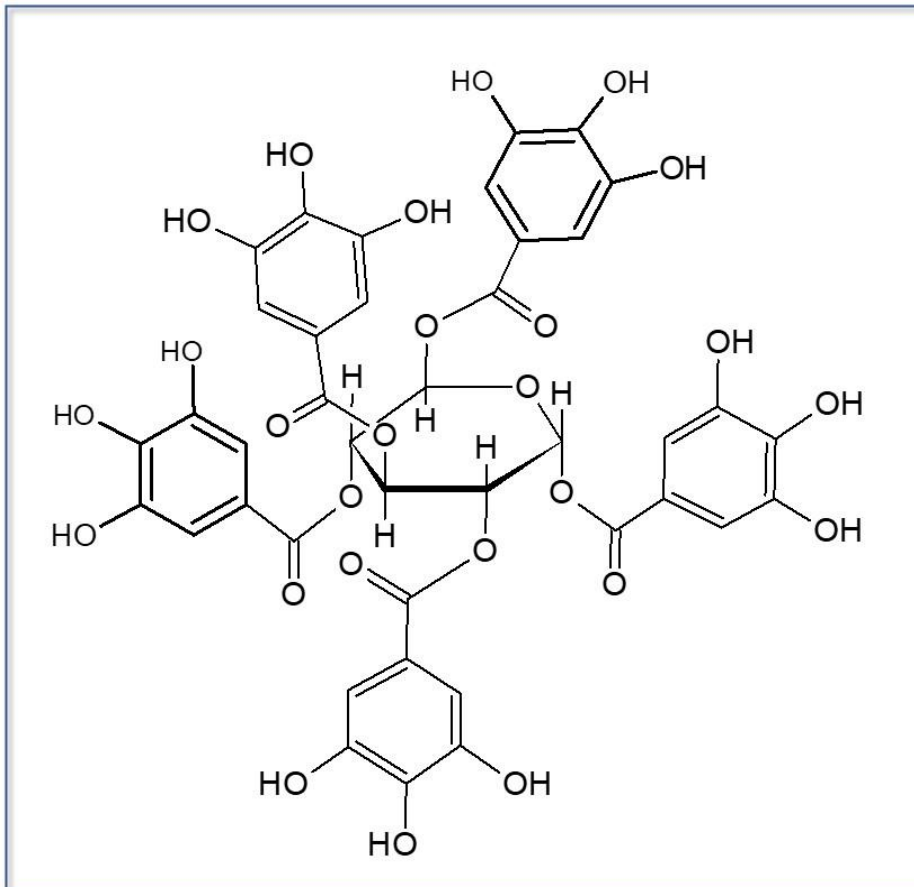


Abb. 7.11: Ausschnitt aus einem Tannin-Gerbstoff Komplex

7.3.4 Analytik

7.3.4.1 Methoden zur Bestimmung der Gesamtgehalte

Es gibt zur Zeit nur eine offizielle Polyphenol-Methode für den Gesamtgehalt der Polyphenole nach EBC 7.14. Dies ist eine unspezifische spektralphotometrische Methode. Vom Hopfen wird ein Heißwasserextrakt hergestellt und dann wird mit einer Fe^{2+} Lösung angefärbt. Fe^{3+} Ionen bilden mit den Polyphenolen braune Komplexe, die bei einer Wellenlänge von 600 nm gemessen werden. Je nach Färbungsgrad wird der Polyphenolgehalt bestimmt (Abb. 7.12). Aromahopfen haben in der Regel höhere Polyphenolgehalte als Bitterhopfen. Diese Methode ist von der etablierten EBC-Methode 9.11 für Gesamtpolyphenole in Bier abgeleitet.



Abb. 7.12: Gesamtpolyphenole nach EBC 7.14 (Färbemethode)

Auch die Catechine und oligomeren Proanthocyanidine (Flavanole) können mit einer Färbemethode bestimmt werden, die von der offiziellen EBC-Methode 9.12 für Flavanoide in Bier abgeleitet ist. Diese Methode ist für Hopfen noch keine offizielle Analysenmethode. Auch hier wird zunächst wieder ein Heißwasserextrakt hergestellt. Dann wird die Lösung mit Dimethylaminozimaldehyd versetzt und man säuert an. Die Flavonole reagieren mit dem Dimethylaminolzimtaldehyd zu grüngefärbten Verbindungen (Abb. 7.13), die spektral-photometrisch bei einer Wellenlänge von 640 nm gemessen werden. Auch hier hängt die Konzentration vom Grad der Färbung ab.

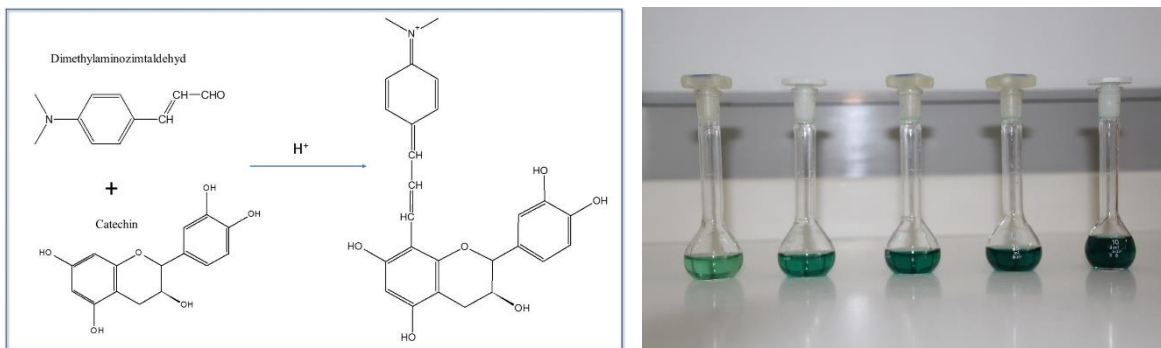


Abb. 7.13: Flavanole reagieren mit Zimtaldehyd zu grüngefärbten Verbindungen

7.3.4.2 Einzelverbindungen mit HPLC

Niedermolekulare Polyphenole können sehr gut mit HPLC analysiert werden. Die Stoffgruppe der Quercetin- und Kämpferolglykoside (Abb. 7.14) ist eindeutig sortenspezifisch.

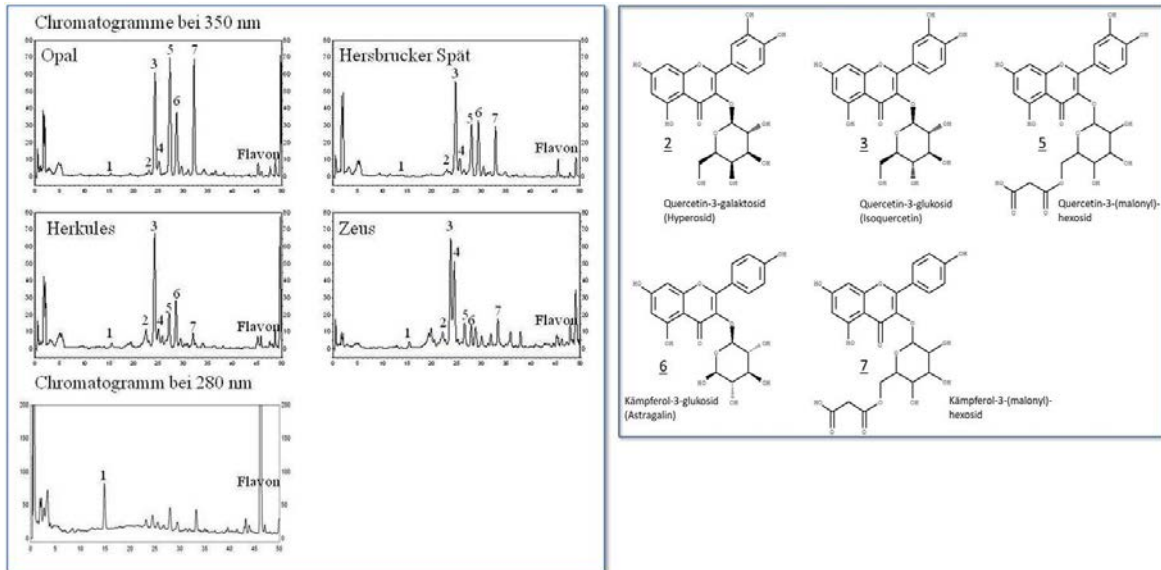


Abb. 7.14: Chromatogramme der Quercetin- und Kämpferolglykoside und deren chemische Strukturen

Die Quercetin- und Kämpferolglykoside werden mit HPLC bei einer Wellenlänge von 350 nm gemessen. Bei 280 nm absorbieren die Multifidol-glukoside sehr gut. Die Abb. 7.15 zeigt die chemischen Strukturen der Multifidole.

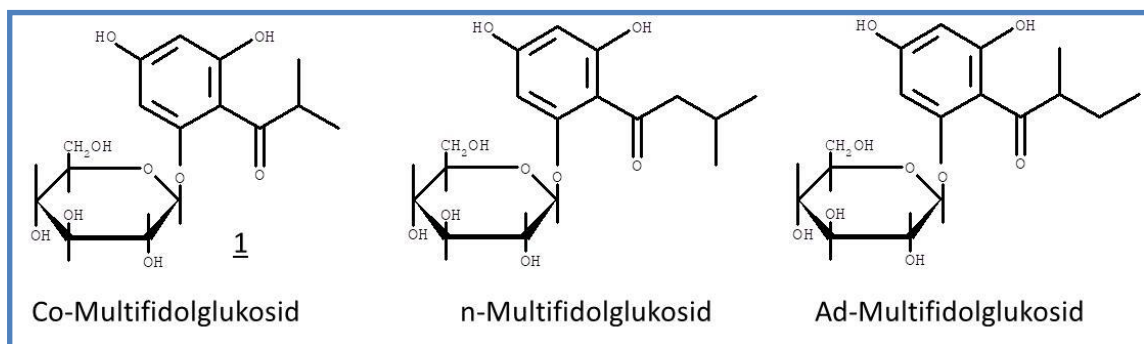


Abb. 7.15: Chemische Strukturen der Multifidolglukoside

Analog zum Co-, n- und Adhumulon gibt es das Co-, n- und Ad-Multifidolglukosid, da diese Verbindungen Nebenprodukte der Biosynthese der Bitterstoffe sind. Die Wissenschaftliche Station für Brauerei in München förderte in den Jahren 2020 und 2021 ein Projekt zu den Multifidolen, das im nächsten Kapitel beschrieben wird.

7.3.5 Isolierung, Identifikation und Analytik von Multifidolen in Hopfen

Dieses Forschungsprojekt wurde 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 Tab. 7.2 zeigt die Geschmacksschwellenwerte dieser Verbindungen nach Dr. M. Biendl und S. Cocuzza (Hartharze, Hopfenrundschau International, 2016/2017, 60 -68).

Tab. 7.2: :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) bestens 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 Abb. 7.16 zeigt die Probenvorbereitung und die HPLC-Analyse.



Abb. 7.16: Probenvorbereitung und HPLC-Analyse der Multifidole

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. 7.17).

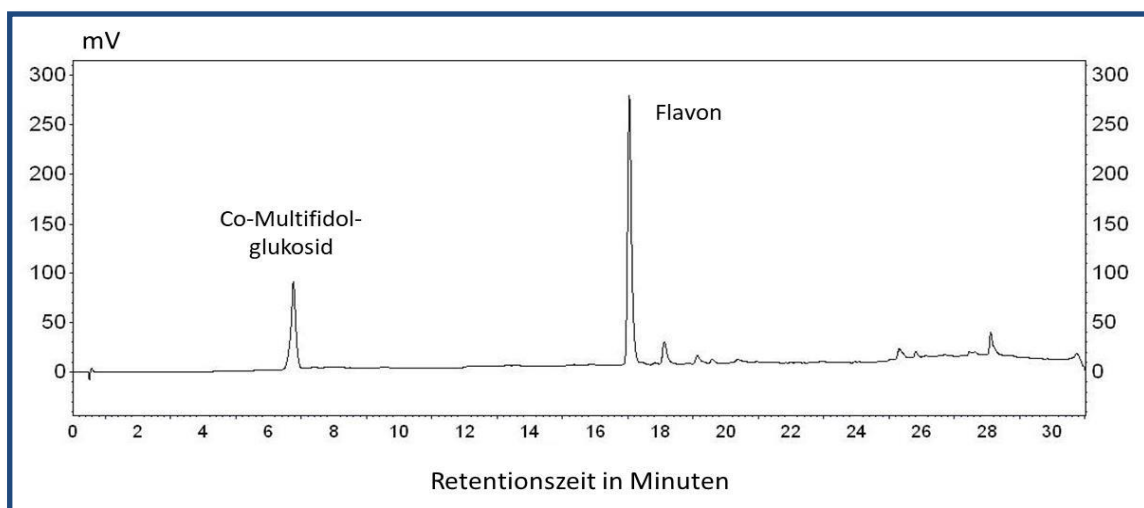


Abb. 7.17: Chromatogramm Co-Multifidolglukosid – Flavon

Die Abb. 7.18 zeigt die UV Spektren des Co-Multifidolglukosids und von Flavon.

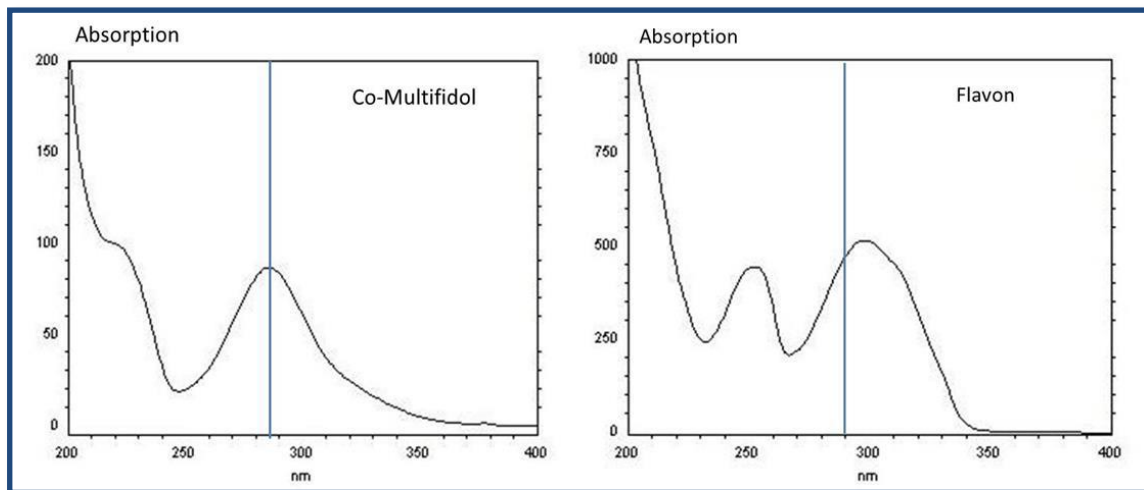


Abb. 7.18: UV-Spektren des Co-Multifidolglukosids und von Flavon

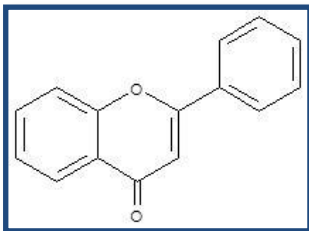


Abb. 7.19: chemische Struktur von Flavon

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. 7.19) 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. 7.20 zeigt Ergebnisse wichtiger Hopfensorten der Erntejahre 2019 und 2020. Die Sorten haben sehr unterschiedliche Gehalte. Den größten Co-Multifidolglukosidgehalt weist Herkules auf und den kleinsten Hersbrucker Spät. Im Jahr 2020 waren die Multifidolgehalte insgesamt etwas geringer, es hat sich jedoch gezeigt, dass die Sortenunterschiede gut reprozierbar sind. Der Co-Multifidolgehalt scheint also auch genetisch festgelegt zu sein. Das Erntejahr 2021 soll über das Projektende hinaus auch noch analysiert werden, sodass dann dreijährige Ergebnisse vorhanden sind. 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.

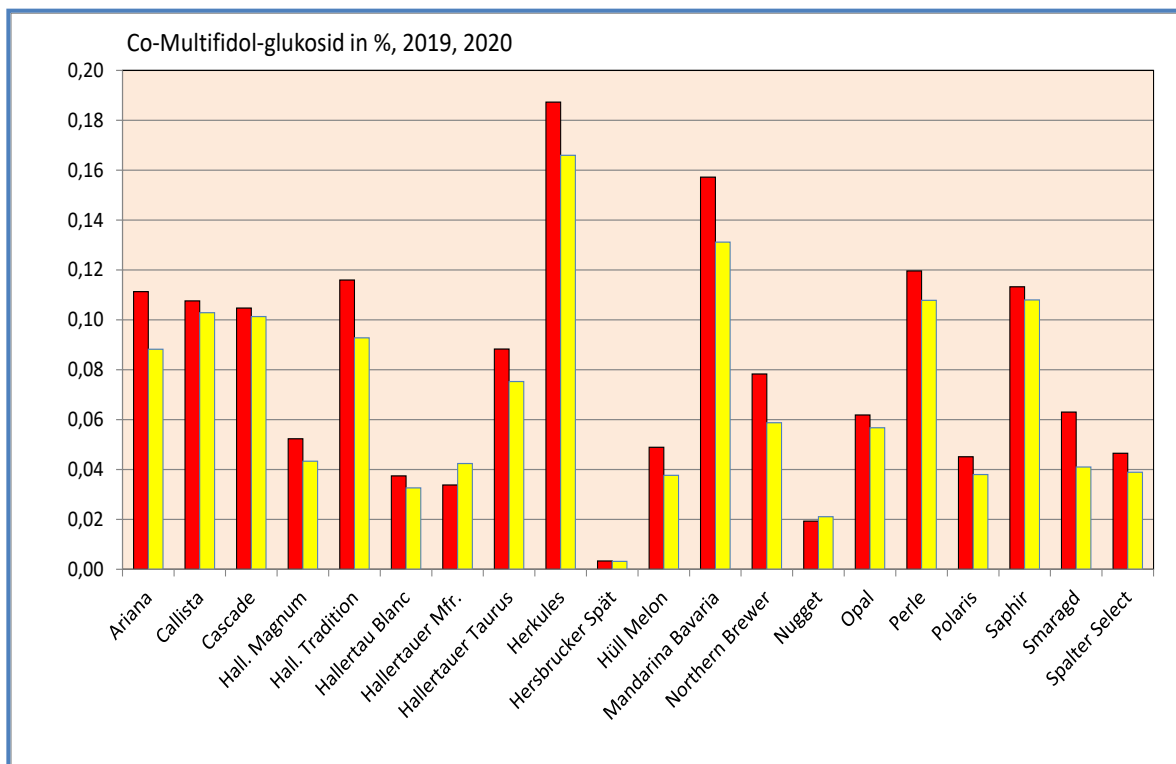


Abb. 7.20: Comultifidolglukosidgehalte in wichtigen Hopfensorten der Erntejahre 2019 und 2020

7.3.6 Die Bedeutung der Polyphenole für das Bier und die Gesundheit

Die Bedeutung der Polyphenole für das Bier wird in der Literatur eher kontrovers diskutiert. Viele Literaturstellen sagen jedoch aus, dass niedermolekulare Polyphenole durchaus positiv zu bewerten sind, da sie zur Vollmundigkeit des Bieres beitragen. Auf alle Fälle bringt man mit den Polyphenolen antioxidatives Potential ins Bier. Höhermolekulare Polyphenole verbinden sich über Wasserstoffbrückenbindungen mit Proteinen und es kommt zu Trübungen (Abb. 7.21). Deshalb sind höhermolekulare Polyphenole nicht erwünscht und werden mit Filtrierhilfsmitteln wie PVPP (Polyvinylpolpyrrolidon) entfernt.

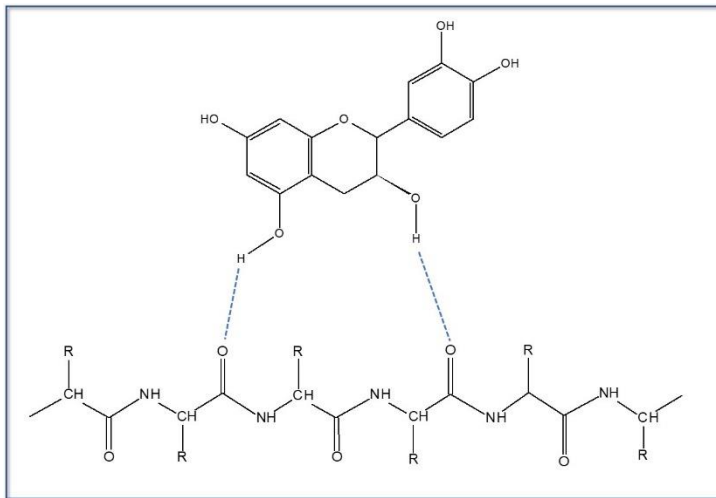


Abb. 7.21: Polyphenol-Protein-Komplex

Die Literatur über Polyphenole und Gesundheit ist schier unerschöpflich. Zusammenfassend kann man folgende Eigenschaften angeben:

- Polyphenole wirken im Körper als Antioxidantien
- Polyphenole schützen vor Herzinfarkten und Krebserkrankungen
- Bestimmte Polyphenole wie die Catechine beugen Zahnkaries vor
- Flavonoide verhindern die Zelloxidation
- Polyphenole sorgen für eine gute Darmflora

Es herrscht eindeutiger Konsens darüber, dass man sich sehr polyphenolreich ernähren sollte. Das heißt, man sollte sehr viel Obst und Gemüse essen. Hopfen ist im Vergleich zu anderen Früchten sehr polyphenolreich.

Von allen Hopfenpolyphenolen erlangte jedoch das Xanthohumol in den letzten Jahren 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. 7.22), am bedeutendsten ist jedoch die antikanzerogene Wirkung von Xanthohumol.

Während des Brauprozesses findet eine ständige Umwandlung der prenylierten Flavonoide statt (Abb. 7.22). 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.

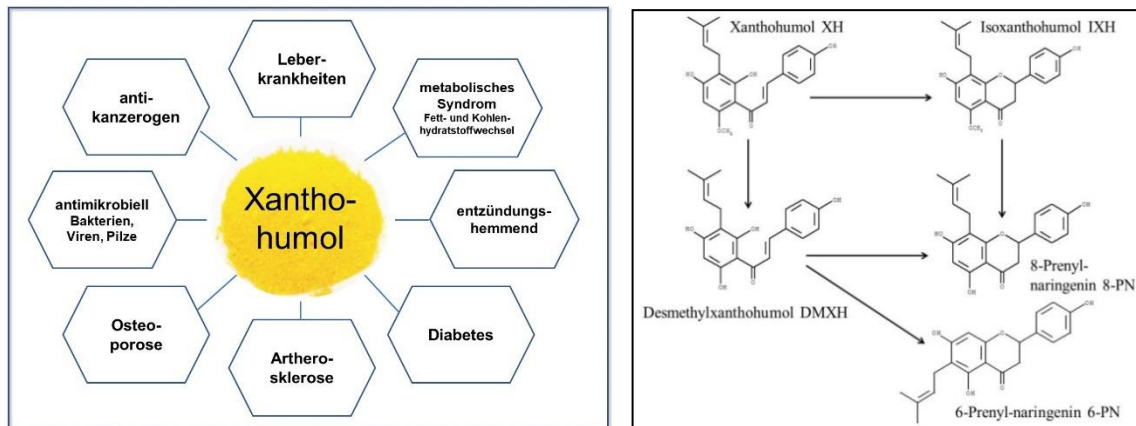


Abb. 7.22: Effekte von Xanthohumol und Transformationen im Brauprozess

8-Prenylnaringenin ist eines der stärksten Phytoöstrogene, die es überhaupt im Pflanzenreich gibt. Die östrogene Wirkung ist darauf zurückzuführen, dass 8-Prenylnaringenin eine ähnliche Struktur wie das weibliche Sexualhormon 17- β -Östradiol aufweist.

Die Multifidolglukoside haben entzündungshemmende Eigenschaften. Auf ihre Funktionsweise soll hier kurz eingegangen werden. Ausgangspunkt für Entzündungen ist die Arachidonsäure, die überall im Gewebe vorkommt. Wird Gewebe verletzt entstehen durch die Mitwirkung des Enzyms Cyclooxygenase erst Prostaglandin G_2 und dann durch eine Oxidation Prostaglandin H_2 (Abb. 7.23). Aus dem Prostaglandin H_2 kann eine ganze Kaskade von verschiedenen Prostaglandinen abgeleitet werden. Diese lösen die verschiedenen Abwehrreaktionen des Körpers aus, darunter auch Entzündungsprozesse.

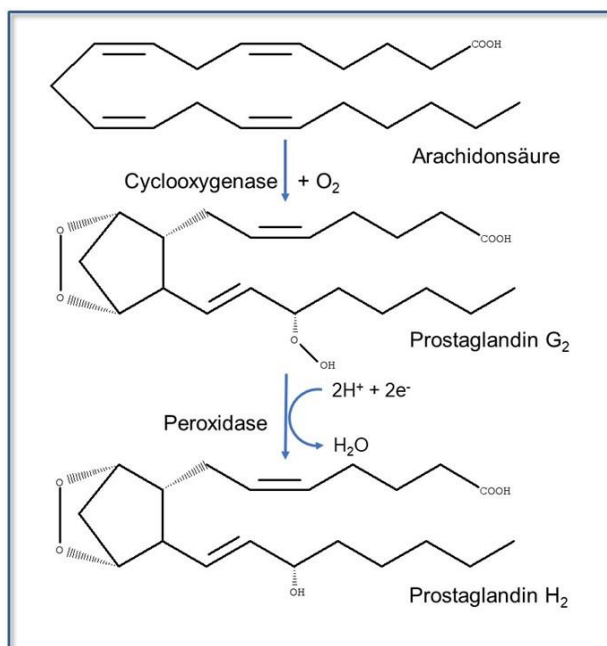


Abb. 7.23: Arachidonsäure als Ausgangspunkt für Prostaglandin G_2 und H_2

Die Wirkungsweise vieler bekannter Schmerzmittel beruht auf der Blockierung der Cyclooxygenase. Darunter sind z.B. so bekannte wie:

- Acetylsalicylsäure (Aspirin)
- Ibuprofen
- Naproxen
- Diclofenac (Voltaren)

Aber auch das Co-Multifidolglukosid des Hopfens ist in der Lage Cyclooxygenase zu hemmen.

7.4 Welthopfensortiment (Ernte 2020)

Vom Welthopfensortiment werden jedes Jahr die ätherischen Öle mit Headspace-Gaschromatographie und die Bitterstoffe mit HPLC analysiert. Die Tab. 7.3 zeigt die Ergebnisse des Erntejahres 2020. 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. 7.24).

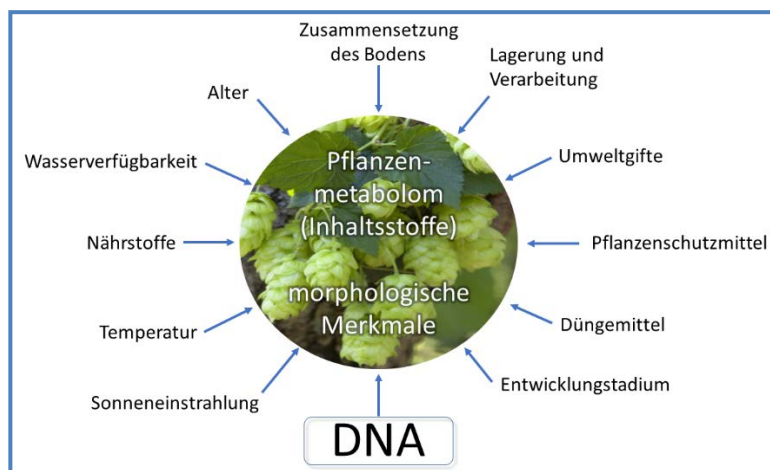


Abb. 7.24: Die Morphologie und das Metabolom des Hopfens werden durch viele Faktoren festgelegt

Tab. 7.3: Welthopfensortiment (Ernte 2020)

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/α	Co-humulon	Co-lupulon
Admiral	3292	5	0	204	106	0	18	516	0	22	2	5	33	0	0	15,5	5,0	0,32	40,9	74,3
Agnus	688	31	0	20	26	0	9	136	0	21	5	9	48	0	5	11,3	5,3	0,47	30,6	54,3
Ahil	4726	6	96	76	56	0	27	146	125	19	4	8	29	0	7	9,6	3,9	0,41	30,3	54,4
Alliance	872	177	0	9	44	0	14	161	0	18	2	4	45	1	0	4,1	2,1	0,51	26,6	42,5
Ariana	2335	17	220	143	46	0	37	462	0	24	29	62	52	5	2	10,6	5,5	0,52	34,1	54,3
Atlas	4331	95	96	75	52	0	5	161	125	20	6	13	28	0	12	8,8	4,0	0,46	33,2	54,8
Aurora	5412	18	1	470	136	0	92	160	29	17	1	2	29	0	1	9,5	4,0	0,42	21,5	44,8
Aurum	1272	18	7	108	49	0	22	283	0	16	2	3	40	0	1	5,1	4,6	0,90	22,8	42,5
Backa	2301	764	0	98	85	0	23	330	67	21	2	3	54	0	1	6,9	3,9	0,57	48,4	64,2
Belgisch Spalter	1163	169	0	87	55	8	21	198	0	22	22	42	36	89	1	4,6	2,8	0,61	17,4	42,2
Blisk	1836	237	67	59	63	0	12	116	160	17	9	16	44	0	11	7,7	3,3	0,42	28,3	54,6
Bobek	2480	387	22	375	167	0	80	156	74	15	2	3	40	0	3	5,6	4,9	0,87	25,3	46,9
Bor	1613	206	1	254	28	0	20	308	0	13	2	3	36	0	3	7,4	3,2	0,43	22,8	44,2
Bramling Cross	1773	370	0	19	64	0	20	428	0	13	1	2	35	0	0	5,0	3,9	0,78	42,3	56,5
Braustern	901	138	0	146	22	0	13	193	0	19	2	4	50	0	2	8,6	4,2	0,49	27,6	49,1
Brewers Gold	1057	102	61	128	38	0	3	166	0	19	6	10	41	0	22	7,4	3,8	0,51	36,1	62,3
Bullion	2079	16	67	169	35	0	4	307	0	18	5	12	38	0	3	8,3	5,1	0,61	37,5	63,7
Callista	3581	33	112	20	153	0	28	531	0	30	33	79	38	0	0	4,1	6,7	1,62	13,3	41,9
Cascade	5569	163	87	66	77	0	11	198	19	31	11	22	84	0	7	6,2	5,7	0,93	31,0	45,7
Centennial	4052	16	238	43	76	0	6	422	0	30	2	5	39	2	24	9,5	2,8	0,29	27,3	51,5
Challenger	2007	443	1	195	63	0	35	373	0	15	34	66	39	1	0	5,2	4,1	0,78	28,2	48,9
Chang bei 1	3158	36	7	11	69	0	41	167	7	24	13	29	28	49	0	2,9	3,6	1,23	10,3	37,2
Chang bei 2	3321	40	4	9	82	0	34	157	13	22	12	27	25	46	0	2,1	3,7	1,74	22,3	41,1
Chinook	1154	6	37	10	22	0	6	339	0	91	11	23	116	39	4	11,4	3,6	0,32	24,4	48,5
Columbus	1328	18	76	15	32	0	4	338	0	74	12	24	128	38	4	13,8	4,6	0,33	29,9	56,7
Comet	1698	32	18	197	26	0	7	30	1	6	32	76	19	23	2	8,8	3,4	0,39	30,4	59,4

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/α	Co-humolon	Colupolon
Crystal	1220	153	5	93	68	37	23	275	0	26	23	43	43	75	1	2,4	3,3	1,36	18,9	35,6
Density	1834	340	21	34	60	0	22	432	0	13	2	3	35	0	0	4,6	3,5	0,77	37,8	53,9
Diamant	2561	410	1	36	116	0	39	130	56	16	1	2	41	0	2	7,3	5,0	0,68	20,0	51,2
Dr. Rudi	2332	24	78	108	66	0	27	520	0	22	2	4	31	0	1	5,6	4,0	0,71	34,4	55,4
Early Choice	1311	309	1	72	18	0	17	351	0	15	34	68	40	0	1	2,4	1,3	0,55	26,6	41,6
Eastwell Golding	1012	170	1	96	40	0	15	243	0	16	2	4	41	0	1	4,8	2,4	0,50	22,9	43,5
Emerald	1080	172	19	144	18	0	25	281	0	16	2	3	44	0	2	5,6	4,4	0,78	30,7	47,5
Estera	1304	262	0	38	60	0	18	165	45	17	2	3	41	0	1	2,7	2,4	0,86	26,6	43,2
Ging Dao Do Hua	3531	14	0	11	35	1	19	571	0	62	34	76	83	2	2	4,5	3,8	0,85	45,0	59,0
Golden Star	3853	15	0	12	32	0	17	626	0	54	29	63	70	0	1	3,4	3,7	1,09	48,2	70,9
Granit	1470	198	11	115	19	0	48	273	0	13	5	8	32	0	2	7,4	3,6	0,48	22,4	43,9
Green Bullet	2885	40	24	40	34	0	18	623	0	23	3	6	30	3	0	6,9	4,1	0,60	35,2	57,5
Hallertau Blanc	9502	10	541	100	166	0	28	322	0	32	306	770	81	0	7	11,2	5,3	0,47	19,6	39,5
Hallertauer Gold	1740	255	86	48	69	0	33	347	0	18	2	4	42	0	1	5,4	4,0	0,74	19,4	41,7
Hallertauer Magnum	1586	171	148	112	21	0	14	290	0	15	2	3	37	0	1	13,4	5,5	0,41	23,6	44,4
Hallertauer Mfr.	993	219	40	8	60	0	25	289	0	28	2	4	66	0	2	4,0	3,1	0,78	21,7	40,5
Hallertauer Taurus	2204	82	71	106	94	0	34	323	0	16	38	72	38	0	2	14,2	4,4	0,31	20,1	40,1
Hallertauer Tradition	1417	275	15	34	68	0	27	351	0	19	3	5	73	0	1	5,1	3,5	0,69	29,1	46,1
Harmony	1438	227	3	36	75	0	29	309	0	20	53	100	47	2	1	5,0	4,0	0,80	21,8	44,5
Herkules	3337	91	177	390	30	0	23	517	0	18	2	4	28	0	3	14,4	4,6	0,32	32,7	57,7
Hersbrucker Pure	2126	375	0	118	86	15	47	372	0	21	22	42	32	81	1	3,8	1,7	0,46	19,3	31,6
Hersbrucker Spät	1681	178	4	46	70	35	19	303	0	24	25	44	39	79	1	4,1	4,0	0,99	18,4	36,9
Huell Melon	5814	5	3	209	75	0	55	186	130	69	254	563	73	213	9	7,2	9,1	1,25	29,6	46,1
Hüller Anfang	658	161	32	7	42	0	26	234	0	29	4	6	63	0	0	1,8	2,8	1,56	13,2	39,3
Hüller Aroma	1057	175	2	11	61	0	24	277	0	23	3	5	48	0	0	3,4	3,0	0,88	22,3	42,2
Hüller Fortschritt	1070	175	30	18	58	0	26	302	0	22	2	4	52	0	0	2,9	3,7	1,26	23,2	41,9
Hüller Start	680	90	4	16	19	0	33	267	0	28	3	5	62	0	0	1,7	2,4	1,44	20,5	41,2
Kazbek	1716	37	66	182	40	0	6	274	0	21	6	14	47	1	3	7,6	4,8	0,63	35,9	60,9

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/α	Co-humulon	Colupulon
Kirin 1	3576	12	0	29	35	1	17	572	0	50	27	54	63	0	3	5,2	4,1	0,79	47,2	57,0
Kirin 2	3723	13	0	14	36	1	17	559	0	62	37	85	83	0	2	4,5	4,7	1,03	47,7	70,5
Kitamidori	1069	22	21	155	11	0	10	133	28	27	6	12	40	1	1	9,7	5,1	0,52	20,6	39,1
Kumir	1084	123	3	130	53	0	25	244	0	18	2	4	42	0	1	9,5	3,9	0,41	19,5	35,8
Lubelski	1616	25	6	27	50	0	41	193	88	20	3	6	47	0	2	8,0	4,1	0,52	26,1	44,4
Mandarina Bavaria	7137	166	53	83	93	0	40	509	3	51	95	39	48	0	17	8,2	6,9	0,83	36,3	49,9
Marynka	3729	21	5	313	43	0	27	93	203	14	8	20	24	2	7	11,3	3,6	0,32	20,4	47,1
Mt. Hood	1011	34	60	20	50	0	16	333	0	39	4	9	43	0	3	4,6	4,7	1,01	19,2	39,8
Neoplanta	1042	230	0	154	13	0	13	87	41	17	2	2	39	0	0	7,4	3,0	0,40	33,8	62,6
Neptun	995	226	36	33	51	0	8	192	0	21	2	3	51	0	1	15,2	4,5	0,29	19,9	43,4
Northdown	1043	187	0	134	26	0	12	225	0	16	2	3	42	0	1	6,2	3,7	0,60	26,6	45,6
Northern Brewer	1327	235	2	171	23	0	14	250	0	16	2	3	40	0	3	8,2	3,5	0,43	25,4	48,2
Nugget	922	129	5	106	31	0	14	213	0	16	10	19	37	0	0	10,9	4,2	0,39	26,0	49,0
Opal	1733	237	52	126	99	0	27	319	6	19	2	1	43	0	2	5,9	4,0	0,67	12,5	27,9
Orion	828	147	11	65	40	0	21	187	0	20	2	3	49	0	0	6,7	3,6	0,55	28,5	50,7
Perle	853	150	0	150	12	0	12	233	0	16	2	3	44	0	0	6,0	3,4	0,57	30,8	52,4
Pilgrim	1969	375	1	380	44	0	75	313	0	16	42	86	43	1	12	7,7	3,4	0,43	39,9	63,5
Polaris	2281	59	83	262	16	0	16	351	0	21	1	3	44	0	1	21,1	4,6	0,22	21,8	43,0
Premiant	1222	83	3	84	60	0	28	242	0	18	2	3	43	0	1	9,5	3,6	0,38	16,8	36,7
Pride of Ringwood	1860	36	1	3	15	0	22	31	1	21	74	170	27	0	1	8,0	6,2	0,78	29,1	53,2
Progress	5148	419	162	373	132	27	54	105	0	105	54	104	194	196	15	8,8	3,8	0,44	20,7	41,8
Record	1284	160	1	27	51	0	27	315	0	18	2	4	44	0	0	4,1	5,7	1,39	21,3	40,3
Relax	1872	221	27	28	20	0	33	379	0	23	2	3	41	0	8	0,5	9,3	19,06	37,7	28,0
Rottenburger	1171	174	1	20	49	0	31	325	0	18	2	3	45	0	0	2,6	4,8	1,84	21,3	39,9
Rubin	1615	189	68	113	32	0	11	275	0	20	45	87	46	0	6	12	3,2	0,27	29,4	60,3
Saazer	2197	1	2	18	72	0	56	253	36	28	2	4	64	0	6	3,6	3,1	0,87	23,7	40,7
Saphir	2815	287	6	227	118	8	129	392	0	18	14	28	33	51	2	2,8	4,7	1,69	9,3	38,0
Serebrianker	897	166	27	26	58	0	12	212	0	29	21	37	60	0	5	2,3	2,9	1,27	20,3	37,3

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/α	Co-humulon	Colupulon
Sladek	1247	109	1	138	64	0	20	258	9	17	2	3	47	0	1	8,7	3,2	0,37	19,6	44,2
Smaragd	2714	76	3	107	84	1	32	542	0	26	4	2	35	3	2	2,8	2,9	1,02	8,4	30,5
Sorachi Ace	2202	7	0	170	25	0	21	120	22	26	2	4	35	0	3	9,6	5,9	0,61	26,8	54,1
Southern Promise	480	71	16	56	0	0	29	232	0	21	12	21	43	49	0	8,8	4,3	0,49	26,2	50,7
Southern Star	706	87	10	17	5	0	18	117	48	22	2	4	51	2	1	11	5,1	0,46	28,7	52,8
Spalter	2026	0	2	26	59	0	48	201	75	25	2	3	59	0	5	3,6	3,5	0,97	23,6	41,2
Spalter Select	8315	185	77	75	263	20	84	366	176	26	16	40	26	71	1	3,9	3,8	0,97	15,5	38,5
Sterling	1484	3	2	148	46	0	12	322	0	19	5	12	28	0	0	12,8	4,4	0,34	30,2	57,3
Strisselspalter	1596	173	2	66	64	32	20	312	0	26	27	51	37	89	1	3,4	3,9	1,16	17,7	35,9
Südafrika	1871	18	2	69	10	0	11	448	0	25	38	87	30	2	1	4,6	3,2	0,70	20,6	48,6
Talisman	1578	13	1	222	22	0	12	332	0	19	2	5	30	0	0	9,2	4,7	0,51	27,4	50,1
Tango	11291	384	2	24	213	40	95	58	415	42	107	247	128	265	13	10,2	8,4	0,82	22,1	44,8
Target	3984	7	1	146	96	0	37	422	0	36	5	12	49	16	0	11,4	4,3	0,38	33,8	63,5
Tettnanger	2457	13	5	15	87	0	75	317	25	28	2	4	63	0	13	3,0	2,6	0,86	23,2	40,9
Viking	1933	198	11	259	45	0	49	156	140	17	26	50	46	1	4	6,7	3,7	0,55	22,5	39,8
Vojvodina	1740	335	0	189	20	0	27	344	0	14	1	2	37	0	1	6,1	2,9	0,48	30,5	51,0
WFG	2193	108	2	28	54	0	41	180	120	18	7	13	43	0	3	3,8	3,5	0,92	17,8	37,8
Willamette	1012	146	0	53	44	0	7	85	36	18	2	4	44	1	2	2,8	2,6	0,95	29,7	51,2
Xantia	3332	5	32	513	27	0	18	126	103	19	25	58	27	0	2	13,0	3,9	0,3	25,3	57,8
Yeoman	1005	275	78	65	24	0	14	227	0	14	26	52	36	0	8	10,9	4,3	0,39	25,2	43,1
Zatecki	1241	233	0	69	59	0	17	141	55	17	2	3	40	0	1	3,2	2,5	0,78	25,4	44,6
Zenith	1403	197	1	152	70	0	27	277	0	16	48	102	43	0	2	6,9	2,5	0,37	20,0	46,6
Zeus	917	188	55	64	26	0	2	159	0	53	9	14	95	30	5	15,7	4,9	0,31	33,2	57,0
Zitic	1049	155	64	45	31	0	21	277	0	19	2	3	50	0	4	4,8	3,1	0,65	21,5	39,9

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 2021

Seit dem Jahr 2000 gibt es bei den Hopfenlieferverträgen eine Zusatzvereinbarung, in der die α -Säuregehalte Berücksichtigung finden. Der im Vertrag vereinbarte Preis gilt, wenn der α -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 2021 hatte die Arbeitsgruppe IPZ 5d wieder die Aufgabe, Ringanalysen zu organisieren und auszuwerten, um die Qualität der α -Säurenanalytik sicherzustellen.

Im Jahr 2021 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 Tettwang

Der Ringversuch startete im Jahr 2021 am 14. September und endete am 12. 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. 7.25), vakuumverpackt und zu den einzelnen Laboratorien gebracht. An den darauf folgenden Wochentagen wurde immer eine Probe pro Tag analysiert. Die Analysenergebnisse wurden eine Woche später nach Hüll zurückgegeben und dort ausgewertet. Im Jahr 2021 wurden insgesamt 35 Proben analysiert.



Abb. 7.25: Hammermühle und Probenteiler

Die Auswertungen wurden so schnell wie möglich an die einzelnen Laboratorien weitergegeben. Die Abb. 7.26 zeigt eine Auswertung als Beispiel, wie ein Ringversuch im Idealfall aussehen sollte. Die Nummerierung der Laboratorien (1-7) entspricht nicht der obigen Zusammenstellung.

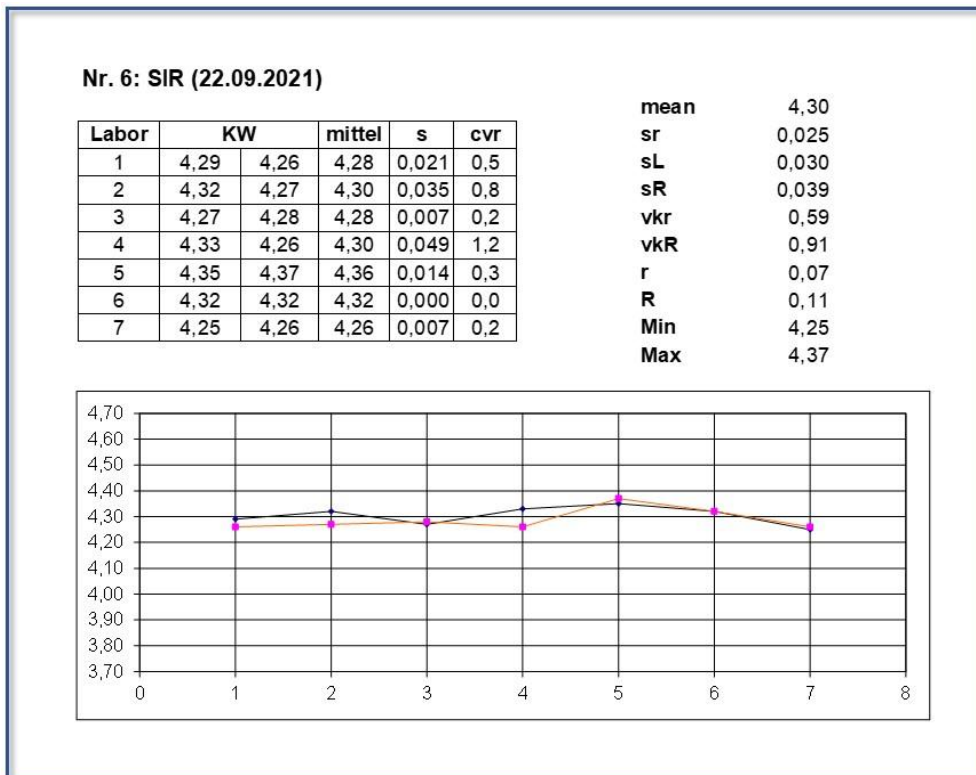


Abb. 7.26: Auswertung einer Ringanalyse als Beispiel

Im Jahresbericht 2020 wurde sehr umfangreich auf die Auswertung und mathematische Herleitung der verschiedenen Parameter eines Ringversuchs eingegangen, deshalb soll im Jahresbericht 2021 die Darstellung wieder kürzer gefasst werden.

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

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

Bei 7 Laboratorien und einer Doppelbestimmung muss bei $\alpha = 1\%$ C kleiner als **0,838** und bei $\alpha = 5\%$ C kleiner als **0,727** sein, sonst wird ein Ausreißer erkannt.

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

Bei 8 Laboratorien und einer Doppelbestimmung muss bei $\alpha = 1\%$ G kleiner als **2,139** und bei $\alpha = 5\%$ G kleiner als **2,020** sein, sonst wird ein Ausreißer erkannt.

In der Tab. 7.4 sind die Ausreißer des Jahres 2021 zusammengestellt.

Tab. 7.4: Ausreißer des Jahres 2021

	Cochran		Grubbs	
Probe	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,05$
22		Labor 4		Labor 3
Gesamt:	0	1	0	1

Seit dem Jahr 2013 gibt es 5 alpha-Klassen und neue Toleranzgrenzen. Die Tab. 7.5 zeigt die neue Einteilung und die Überschreitungen des Jahres 2021.

Tab. 7.5: aktualisierte alpha-Säurenklassen und Toleranzgrenzen sowie deren Überschreitungen im Jahr 2021

	< 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 2021	0	0	2	0	6

Im Jahr 2021 gab es 8 Überschreitungen der zugelassenen Toleranzgrenzen.

In der Abb. 7.27 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.

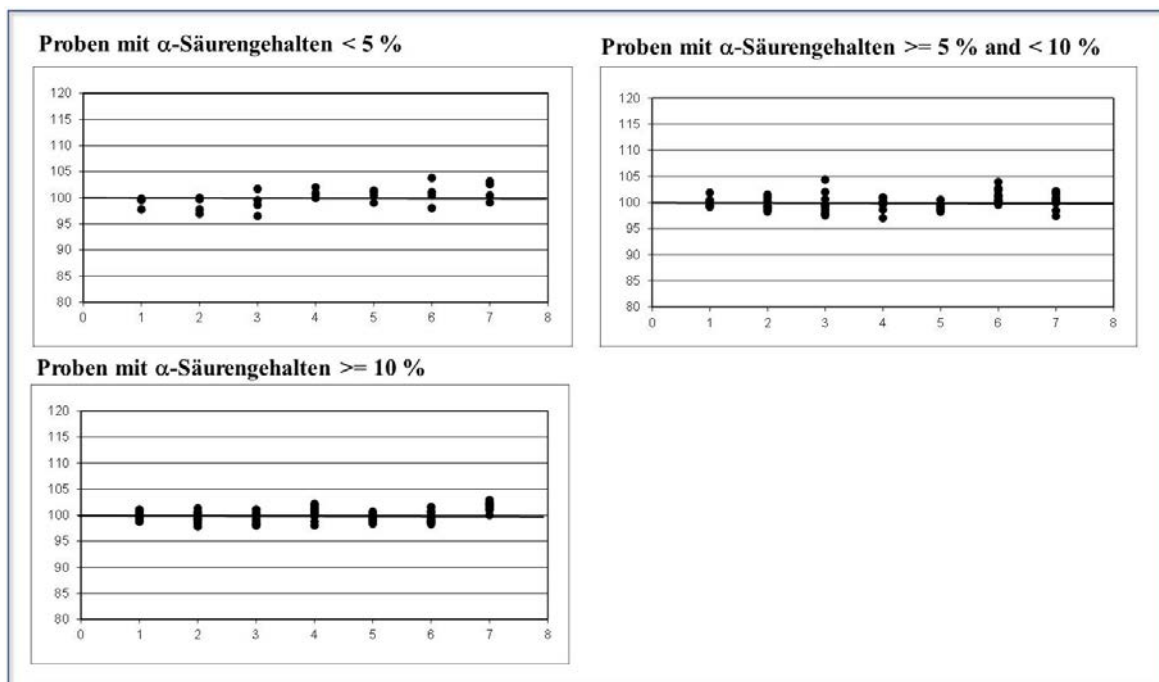


Abb. 7.27: Analysenergebnisse der Laboratorien relativ zum Mittelwert

Das Hüller Labor hat die Nummer 5. In diesem Jahr waren die α -Säuregehalte sehr hoch und es gab viele Proben mit hohen α -Säuregehalten, sodass nur vier Proben mit α -Säuregehalten unter 5 % vorhanden waren.

7.5.2 Auswertung von Kontrolluntersuchungen

Zusätzlich zu den Ringversuchen werden seit dem Jahr 2005 Kontrolluntersuchungen durchgeführt, die die Arbeitsgruppe IPZ 5d auswertet und dann die Ergebnisse an die beteiligten Laboratorien sowie an den Hopfenpflanzer- und Hopfenwirtschaftsverband weitergibt. Ein Erstuntersuchungslabor wählt drei Proben pro Woche aus, die dann gemäß des Pflichtenhefts der AHA von drei verschiedenen Laboratorien analysiert werden. Der Erstuntersuchungswert gilt, wenn der Mittelwert der Nachuntersuchung und der Erstuntersuchungswert innerhalb der Toleranzgrenzen (Tab. 7.5) liegen. Die Tab. 7.6 zeigt die Ergebnisse des Jahres 2021. In allen Fällen wurde der Erstuntersuchungswert bestätigt. Seit der Ernte 2020 ist auch das Labor der BayWa Tettngang ein Nachuntersuchungslabor.

Tab. 7.6: Kontrolluntersuchungen des Jahres 2021

Proben- bezeichnung	Erstunter- suchungslabor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
Hallertauer Tradition	Agrolab	6,5	6,0	6,2	6,2	6,12	ja
Hallertauer Mittelfrüher	Agrolab	5,4	5,1	5,2	5,2	5,16	ja
Hallertauer Magnum	Agrolab	15,0	14,7	14,8	14,8	14,78	ja
Probennr. 277, HKS	BayWa	9,1	8,7	9,0	9,1	8,92	ja
Probennr. 301, TET	BayWa	4,2	4,1	4,3	4,4	4,25	ja
Probennr. 306, PER	BayWa	9,1	8,7	9,0	9,1	8,92	ja
HNBR, KW 39-11217	HVG Mainburg	10,4	10,4	10,5	10,6	10,49	ja
HPER, KW 39-10980	HVG Mainburg	8,1	8,1	8,3	8,4	8,27	ja
HHMG, KW 39-11623	HVG Mainburg	16,6	16,6	16,7	16,9	16,72	ja
KW 40-PER, Agrolab Nr. 17124	HV St. Johann	7,7	7,5	7,6	7,7	7,59	ja
KW 40-HMG, Agrolab Nr. 17362	HV St. Johann	14,4	14,4	14,7	14,7	14,61	ja
KW 40-HKS, Agrolab Nr. 17358	HV St. Johann	16,7	16,1	16,1	16,6	16,26	ja
KW 41 - PER	HHV Au	10,3	10,2	10,4	10,5	10,37	ja
KW 41 - HMG	HHV Au	16,0	16,0	16,0	16,3	16,11	ja
KW 41 - HKS	HHV Au	20,2	20,0	20,4	20,7	20,36	ja
20483 HAL	Agrolab	5,2	4,8	4,9	5,0	4,91	ja
20885 MBA	Agrolab	9,1	8,8	8,9	9,0	8,89	ja
17885 HKS	Agrolab	19,0	18,9	19,2	19,3	19,15	ja
Probennr. 939, PER	BayWa	9,0	8,9	9,2	9,4	9,16	ja
Probennr. 941, HKS	BayWa	20,2	19,9	20,0	20,0	19,97	ja

Proben- bezeichnung	Erstunter- suchungslabor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
Probennr. 943, HMG	BayWa	17,5	17,1	17,2	17,4	17,22	ja
HNUG KW 44 18447	HVG Mainburg	11,1	11,0	11,0	11,2	11,07	ja
HHKS KW 44 17835	HVG Mainburg	17,3	17,3	17,4	18,0	17,571	ja
HPLA KW 44 19455	HVG Mainburg	20,5	20,3	20,4	21,1	20,59	ja
KW 45 – HKS, Agrolab Nr. 19758	HV St. Johann	16,3	16,1	16,4	16,7	16,40	ja
KW 45 – PER, Agrolab Nr. 18472	HV St. Johann	7,8	7,4	7,5	7,6	7,51	ja
KW 45 – HMG, Agrolab Nr. 13428	HV St. Johann	14,2	14,0	14,0	14,3	14,09	ja
KW 46 -NBR	HHV Au	9,8	9,8	9,9	9,9	9,88	ja
KW 46 - HMG	HHV Au	15,7	15,7	15,8	16,1	15,87	ja
KW 46 – HKS	HHV Au	17,7	17,6	17,9	18,0	17,84	ja

7.5.3 Nachuntersuchungen der Ernte 2021

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. 7.7).

Tab. 7.7: Verteilungsschlüssel Nachuntersuchungslabore

Labor der Erstuntersuchung	Labore der Nachuntersuchung		
	HHV Au HHV Mainburg	HVG Mainburg	HV St. Johann
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 2021 gab es insgesamt 33 Nachuntersuchungen. In keinem einzigen Fall wurde der Erstuntersuchungswert nicht bestätigt. Die Tab. 7.8 zeigt die Nachuntersuchungsergebnisse in aufsteigender zeitlicher Reihenfolge.

Tab. 7.8: Nachuntersuchungen des Jahres 2021

Proben- bezeichnung	Erstunter- suchungslabor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
DE H HTR Agrolab Nr. 10777 Partie Nr. 1059001	HV St. Johann	6,4	6,3	6,4	6,4	6,37	ja
Analysen Nr. Agrolab 10466 Analysen Nr. HVG 321/322	HVG Mainburg	5,3	5,4	5,4	5,5	5,43	ja
H DE HMG Analysen-Nr. Agrolab 11052	HV St. Johann	14,1	13,9	14,1	14,2	14,05	ja
DE H HKS Analysen-Nr. Agrolab 15132	HV St. Johann	16,6	16,6	16,6	16,7	16,64	ja
DE H HKS Analysen-Nr. Agrolab 15134	HV St. Johann	15,7	15,6	15,8	15,8	15,73	ja
PER Agrolab-Nr. 15366	HHV Au	6,9	6,9	7,0	7,0	6,96	ja
DE H HKS Analysen-Nr. Agrolab 17166	HV St. Johann	16,5	16,5	16,5	16,9	16,63	ja
DE H HKS Analysen-Nr. Agrolab 17117	HV St. Johann	15,4	15,0	15,4	15,6	15,33	ja
DE H HKS Analysen-Nr. Agrolab 19295	HV St. Johann	17,6	17,7	17,7	18,1	17,83	ja
DE H HKS Analysen-Nr. 19710	HVSt. Johann	17,4	17,9	17,9	18,3	18,03	ja
HHKS Analysen Nr. Agrolab 15325 Analysen Nr. HVG 2611/2612	HVG Mainburg	17,7	17,7	17,7	17,9	17,77	ja
DE H HKS Analysen-Nr.-Agrolab 18810	HV St. Johann	16,6	16,7	16,7	17,1	16,79	ja
DE H HKS Analysen-Nr. Agrolab 19733	HV St. Johann	16,7	16,5	16,6	16,9	16,67	ja
DE H HKS Analysen-Nr. Agrolab 19736	HV St. Johann	14,3	14,1	14,2	15,0	14,43	ja
DE H HKS Analysen-Nr.-Agrolab 21037	HV St. Johann	18,4	18,3	18,6	18,8	18,57	ja
HKS Agrolab-Analysennr. 18921	Agrolab	16,3	16,0	16,2	16,3	16,17	ja
HKS Agrolab-Analysennr. 16409	Agrolab	18,9	18,8	18,9	19,0	18,91	ja
HKS Agrolab-Analysennr. 17562	Agrolab	16,7	16,5	16,5	16,9	16,62	ja
DE H HKS Probe 19775	HV St. Johann	17,3	17,7	17,8	18,2	17,90	ja
SIS SSA Probe 1 SI 258334	HV St. Johann	8,3	8,2	8,2	8,5	8,29	ja
DE H HKS Probe 18940	HV St. Johann	18,0	18,1	18,4	18,7	18,38	ja








Proben- bezeichnung	Erstunter- suchungslabor	Erstunter- suchung	Nachuntersuchung			Mittel- wert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
DE H HKS Probe 19062	HV St.Johann	17,2	17,1	17,1	17,5	17,24	ja
DE H HKS Probe 19311	HV St Johann	17,6	17,8	18,1	18,6	18,15	ja
DE H HKS Probe 16420	HV St. Johann	17,3	17,4	17,5	17,6	17,50	ja
DE H HKS Probe 19568	HV St. Johann	17,2	17,1	17,1	17,3	17,18	ja
DE H HKS Probe 18317	HV St. Johann	18,0	17,9	18,0	18,1	18,00	ja
DE H HKS Probe 18233	HV St.Johann	18,1	17,8	17,9	18,0	17,91	ja
DE H HKS Probe 17968	HV St. Johann	14,8	14,4	14,9	15,2	14,82	ja
HNUG Analysen Nr. Agrolab 19731	HVG Mainburg	10,6	10,6	10,7	11,0	10,75	ja
HMG Agrolab Nr. 17362	HV St. Johann	14,4	14,4	14,7	14,7	14,61	ja
DE H HKS Agrolab Nr. 18064	HV St. Johann	16,2	16,1	16,2	16,3	16,19	ja
DE H HKS Probe 19027	HV St. Johann	17,7	17,8	18,1	18,3	18,07	ja
Agrolab-Analysennr. 21163 Partiennummer 1304751 Sorte HKS	HHV AU	15,0	14,8	14,8	14,9	14,84	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. 7.9 zeigt die Erntezeitpunkte, wobei über die verschiedenen Jahre leichte Verschiebungen der Erntetermine möglich sind.

Tab. 7.9: Erntezeitpunkte der Biogeneseversuche

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

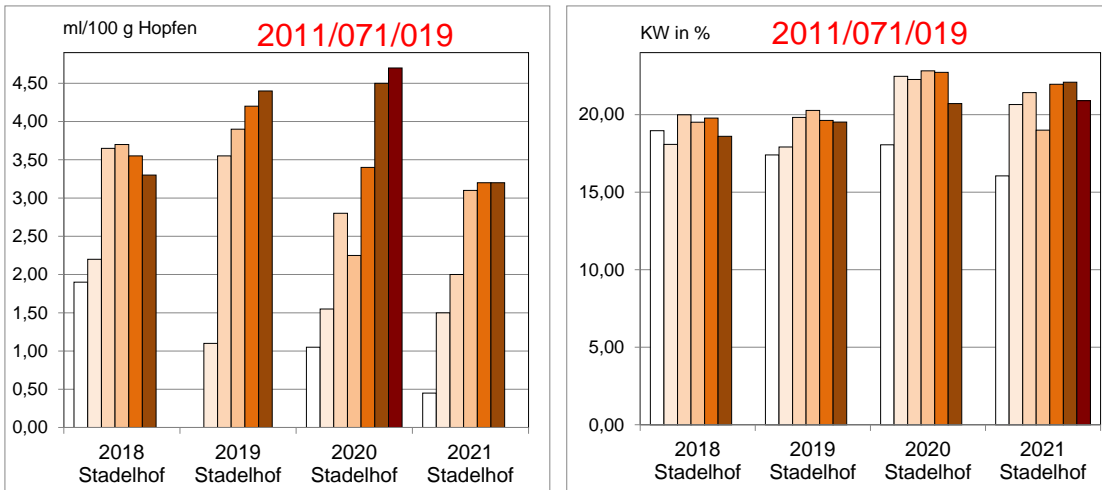


Abb. 7.28: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe beim Zuchtstamm 2011/071/019

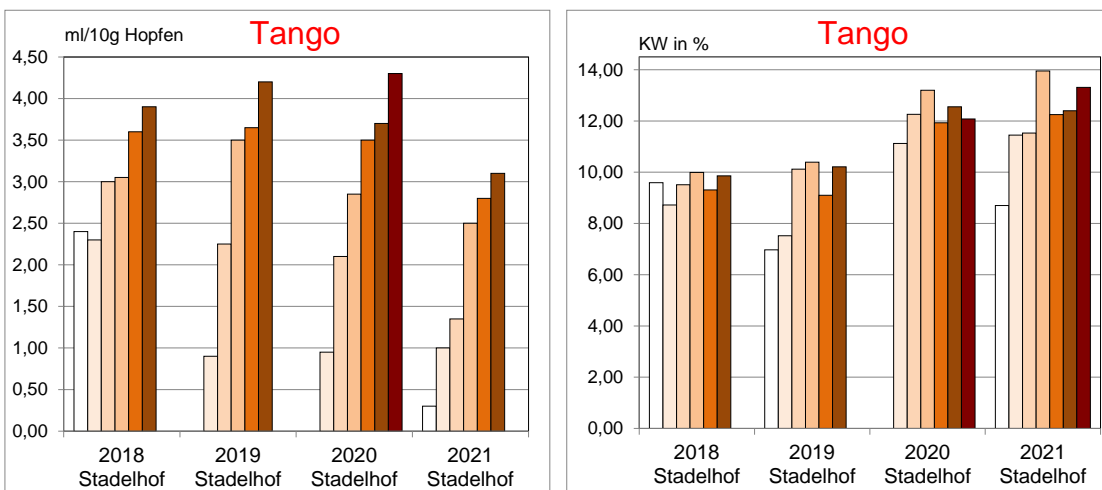


Abb. 7.29: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe bei der Sorte 2011/071/019 = Tango

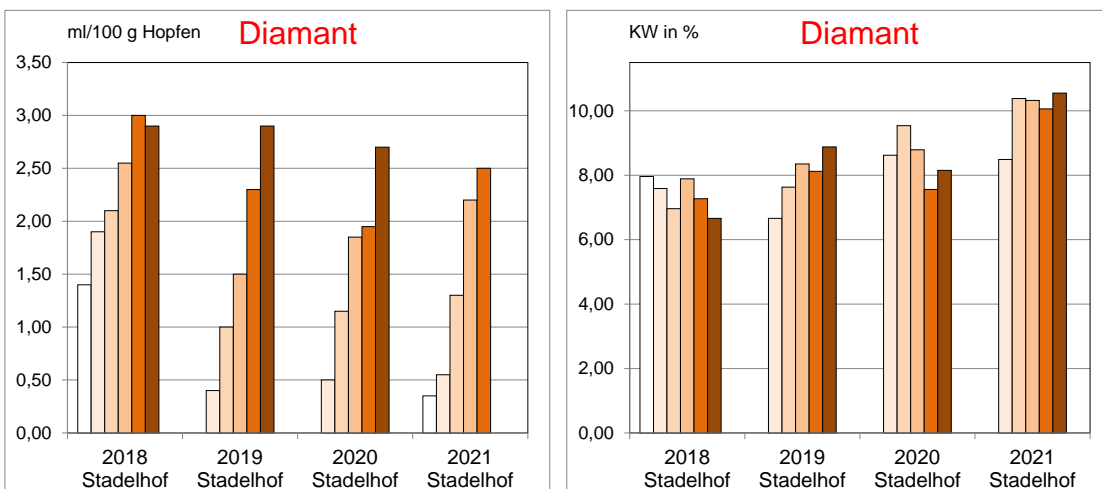


Abb. 7.30: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe bei der Sorte Diamant

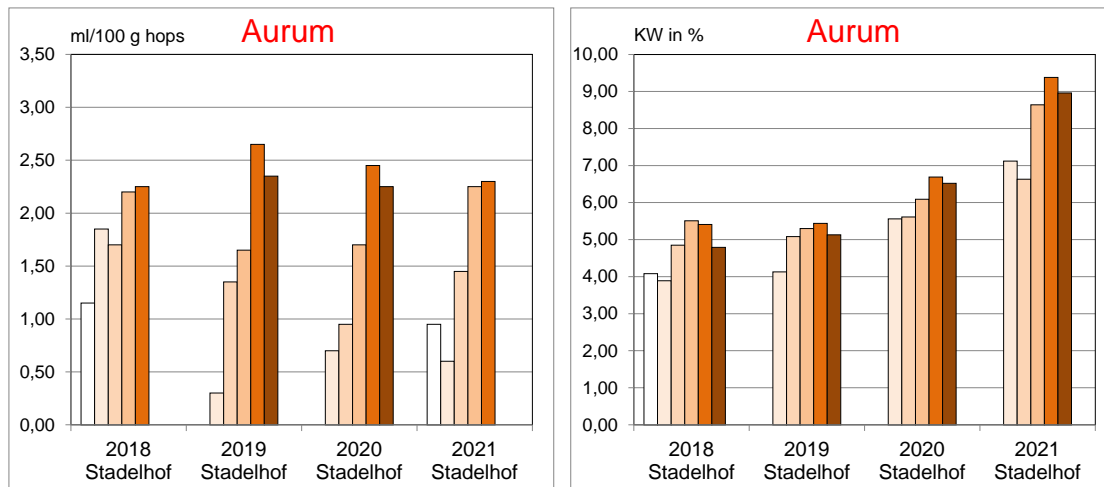


Abb. 7.31: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe bei der Sorte Aurum

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). Auch scheinen sich die klimatischen Bedingungen unterschiedlich auf die Inhaltsstoffe auszuwirken. In trockenen und heißen Jahren steigt die Ölkonzentration sogar noch an. Das Jahr 2021 war für die Bitterstoffe ideal. Die alpha-Säuregehalte waren so hoch, wie seit zehn Jahren nicht mehr, die Ölgehalte waren jedoch niedriger.

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. 7.32).

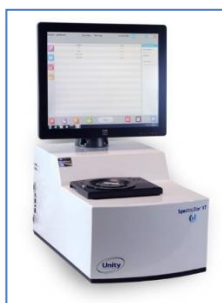


Abb. 7.32: NIRS-Gerät der Firma Unity Scientific

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. 7.33 zeigt die Korrelationen der einzelnen Parameter zwischen Labor-Werten und NIRS-Werten.

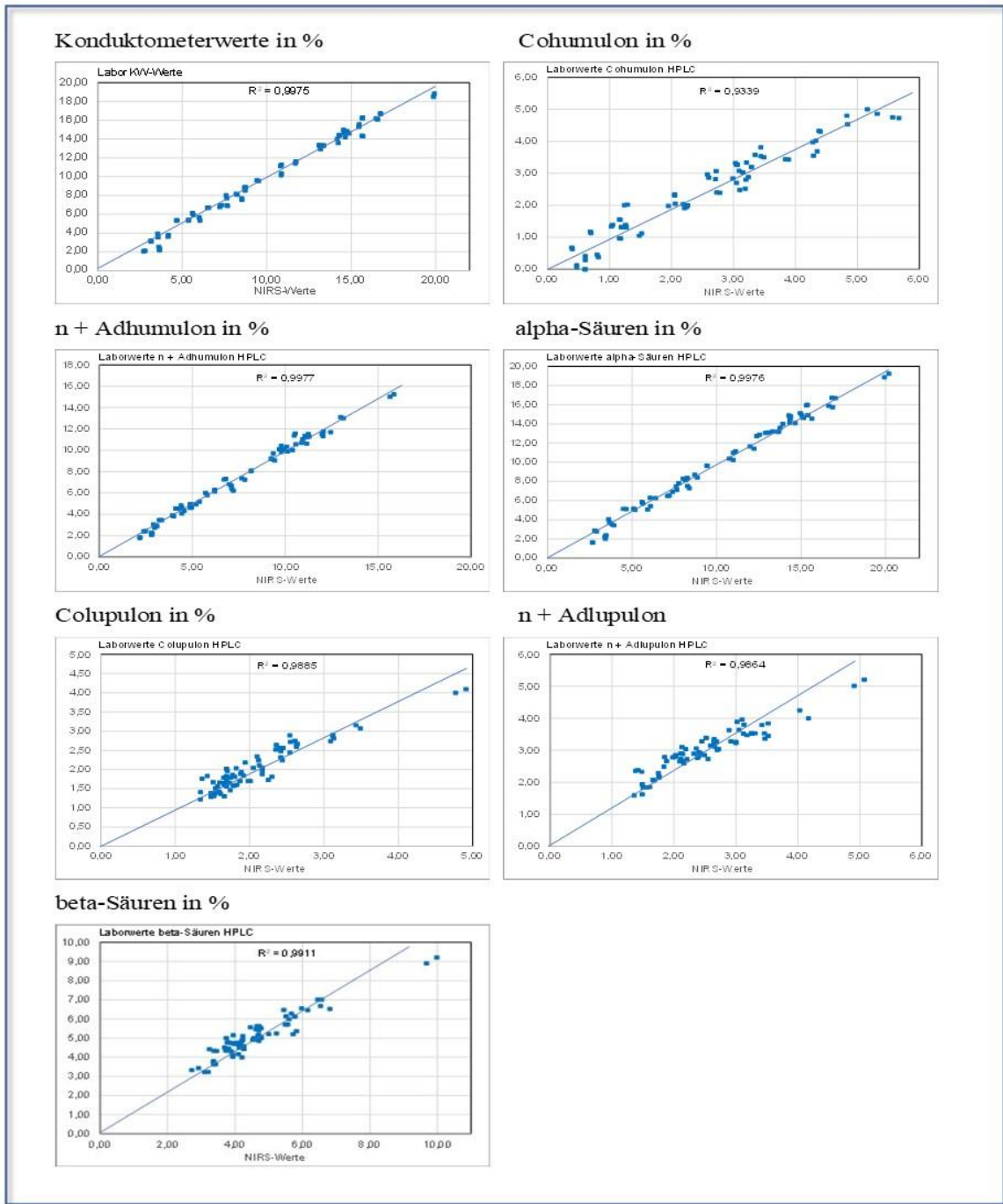


Abb. 7.33: Korrelationen zwischen Laborwerten und NIR-S-Werten

Tab. 7.10: Vergleich der Wiederholstandardabweichungen (S_r) zwischen den Standardmethoden (Referenzmethoden) und den NIRS-Methoden

Methode	S_r - Referenzmethode	S_r – NIRS-Methode	S_r -NIRS/ Sr-Referenz
Konduktometerwert	0,0330	0,1182	3,5818
Cohumulon (HPLC)	0,0287	0,0522	1,8188
n + Adhumulon (HPLC)	0,0858	0,1047	1,2203
alpha – Säuren (HPLC)	0,1173	0,1235	1,0533
Colupulon (HPLC)	0,0367	0,0556	1,5150
n + Adlupulon (HPLC)	0,0464	0,0674	1,4526
beta - Säuren	0,0782	0,1051	1,3440

Der Vergleich der Wiederholstandardabweichungen zeigt, dass diese bei allen NIRS-Methoden etwas schlechter sind. Die Wiederholstandardabweichungen sind aber insgesamt sehr klein, was die Zuverlässigkeit dieser Methoden unterstreicht.

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 2021 vorhanden und können mit Hilfe von Box-Plot Darstellungen sehr schön visualisiert werden. In der Abb. 7.34 ist die Darstellung einer Box-Plot Auswertung kurz erläutert.

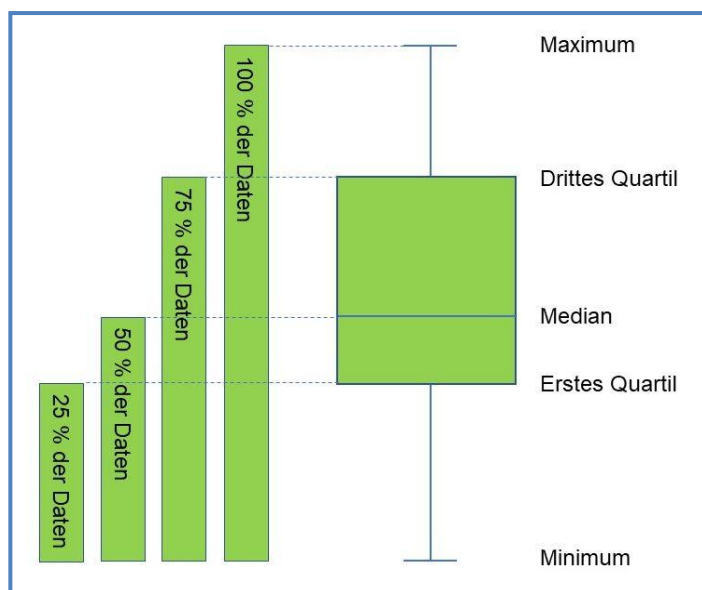


Abb. 7.34: Erläuterung einer Box-Plot Darstellung

Die Abbildungen Abb. 7.35 und Abb. 7.36 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.

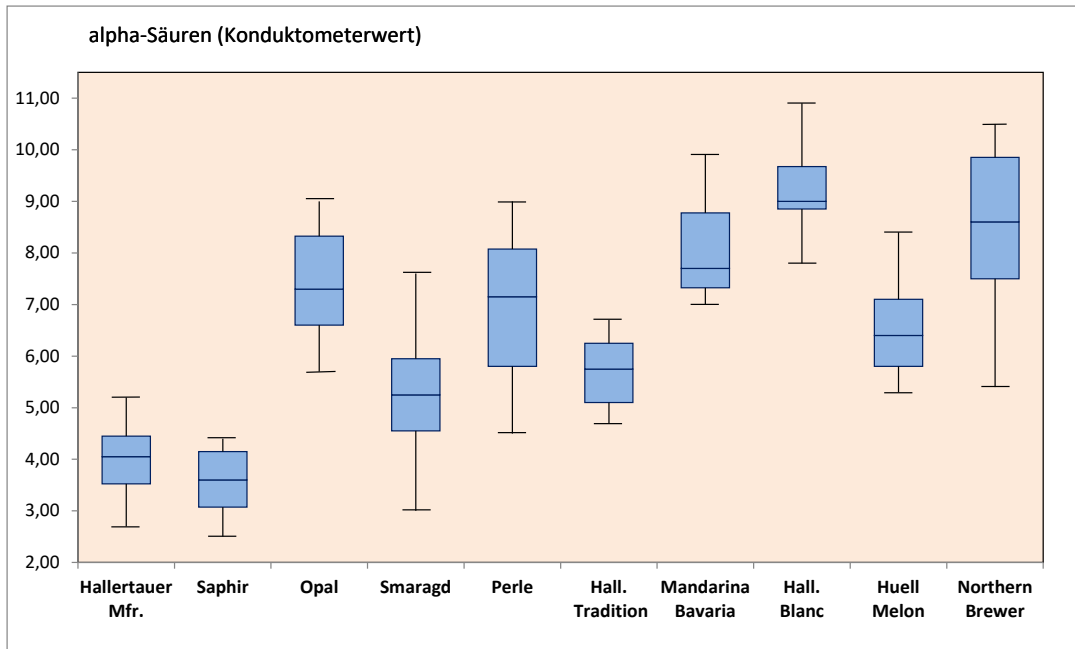


Abb. 7.35: Box-Plot Auswertung Aromasorten

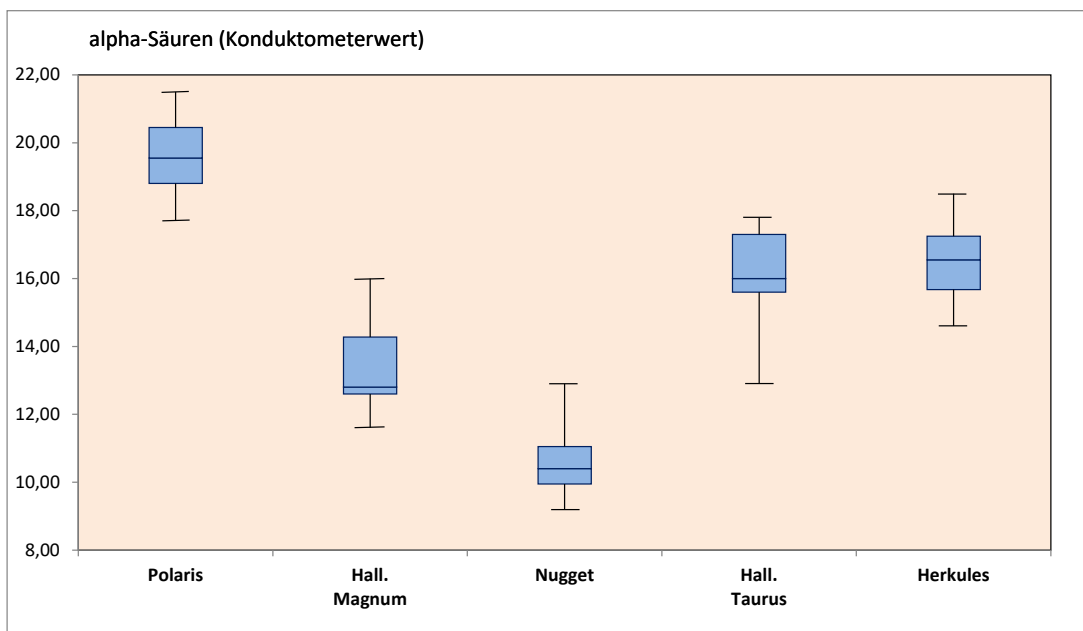


Abb. 7.36: Box-Plot Auswertung Bittersorten

7.9 Kontrolle der Sortenechtheit im Jahr 2021

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

Sortenüberprüfungen für die Lebensmittelüberwachungsbehörden (Landratsämter) für das Jahr 2021: 25

davon Beanstandungen: 0

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:	Dr. F. Weihrauch, M. Obermaier, A. Baumgartner, M. Felsl, K. Kaindl, A. Roßmeier, M. Heindl
Kooperation:	Betrieb Robert Drexler, Riedhof; 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 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 2021 wurden wie in den Vorjahren 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. Erneut wurde der Versuch in der anfälligen Sorte Herkules am Standort Riedhof durchgeführt. Alle Behandlungen wurden praxisüblich für sechs Termine geplant, wobei in den Varianten mit 1 kg Reinkupfer pro ha und Jahr nur zu den beiden mittleren Terminen jeweils 0,5 kg appliziert werden sollten. Allerdings führten die katastrophalen Witterungsverhältnisse im Frühsommer 2021 dazu, dass der Bestand zwischen der ersten (16.06.) und zweiten Behandlung (20.07.) über fünf Wochen lang nicht befahrbar war. Da somit der Spritzplan nicht mehr eingehalten werden konnte und auch die wichtigste Phase der Blüte nicht behandelt werden konnte, musste der gesamte Versuch nach der dritten Behandlung am 18.08. abgebrochen und komplett überspritzt werden, um den Bestand noch einigermaßen zu retten.

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 2021 aus Sicht der Sparte Hopfen waren dementsprechend der Hopfenbautag im Rahmen der Bioland-Woche (online, 09.02.2021) und insbesondere die Sommerexkursion des Arbeitskreises Ökohopfen ins Elsass mit 22 Teilnehmern (27.-29. Juli 2021), die unter Pandemie-Bedingungen mit gedeckelter Teilnehmerzahl ausgetragen wurde.

Ein analog zu den Jahren 2018 und 2019 zweimal geplanter ‚Runder Tisch zu aktuellen Problemen des Pflanzenschutzes im Öko-Hopfenbau‘ in Hüll konnte im Herbst 2021 leider ebenso wie 2020 pandemiebedingt nicht in der gewohnten Form stattfinden. Da ein lebhafter, direkter Austausch zwischen den Praktikern jedoch Grundlage des Projekts ist, wurde zumindest eines dieser Treffen am 01.04.2021 in kleinerem Rahmen im Freien in Hüll durchgeführt.

Auftakt dieses Treffens war die Vorstellung von Erfahrungen der FÖKO (Förderungsgemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V.) mit einem Demoprojekt, in dem ein Gesamtkonzept zur Pflanzengesundheit im Öko-Obstbau digital erfasst wird. Eine Übertragung dieses Projekts auf den Hopfenanbau wurde von den Anwesenden rege und kontrovers diskutiert. Trotz vieler positiver Aspekte scheint derzeit eine solche Anwendung im Hopfen aufgrund der geringen Anzahl ökologischer Hopfenbaubetriebe weder rentabel noch datenschutzrechtlich einfach umsetzbar. Die Diskussion diente jedoch in jedem Fall auch dazu, Indikatoren der Pflanzengesundheit festzulegen, die neben dem Austausch untereinander auch für die Außendarstellung von Öko-Hopfen dienen. Allen Betrieben ist dabei gleichermaßen wichtig, den Systemansatz zu betonen, anstatt von Pflanzenschutz im klassischen Sinne zu sprechen. Beispiele für solche Indikatoren sind neben Sortenwahl und Pflanzenschutz (zugelassene Mittel sowie Nützlinge) auch vielschichtige Faktoren wie Bodengesundheit oder Begrünung. Des Weiteren wurden beim Runden Tisch auch diverse aktuelle Themen des Pflanzenschutzes sowie die Perspektiven der Flächen- und Marktentwicklung besprochen.

Bei der Sommerexkursion des AK Ökohopfen verglichen die Hopfenpflanzer ihre eigenen Ideen und Maßnahmen mit jenen der Bio-Hopfenpflanzer im französischen Elsass und tauschten sich darüber rege aus. Dazu wurden u.a. eine neue Pelletierungsanlage für Ökohopfen bei der Genossenschaft Comptoir Agricole, ein spezialisierter Vermehrungsbetrieb für Besenheide (*Calluna vulgaris*) und Hopfen (Abb. 8.1) sowie das Zuchtprogramm des Comptoir Agricole besichtigt. Dabei wurde deutlich, dass die Strukturen im Elsass durch die Arbeit der Genossenschaft mit zentraler, geregelter Vermarktung deutlich anders organisiert sind als in Deutschland, wo die Öko-Hopfenbaubetriebe sich zwar intensiv austauschen und auch zusammenarbeiten, aber jeder selbst seinen Hopfen vermarktet.

Hauptziel des Forschungsvorhabens ist es in erster Linie, gezielte Managementstrategien zu verfolgen und sich weniger auf den Input 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 im Laufe des Jahres 2022 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.



Abb. 8.1: Zentrale, koordinierte Vermehrung von Hopfenpflanzen für die Genossenschaft ‚Comptoir agricole‘ am Betrieb ‚Callunas d’Alsace‘ im Elsass.

8.3 Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau

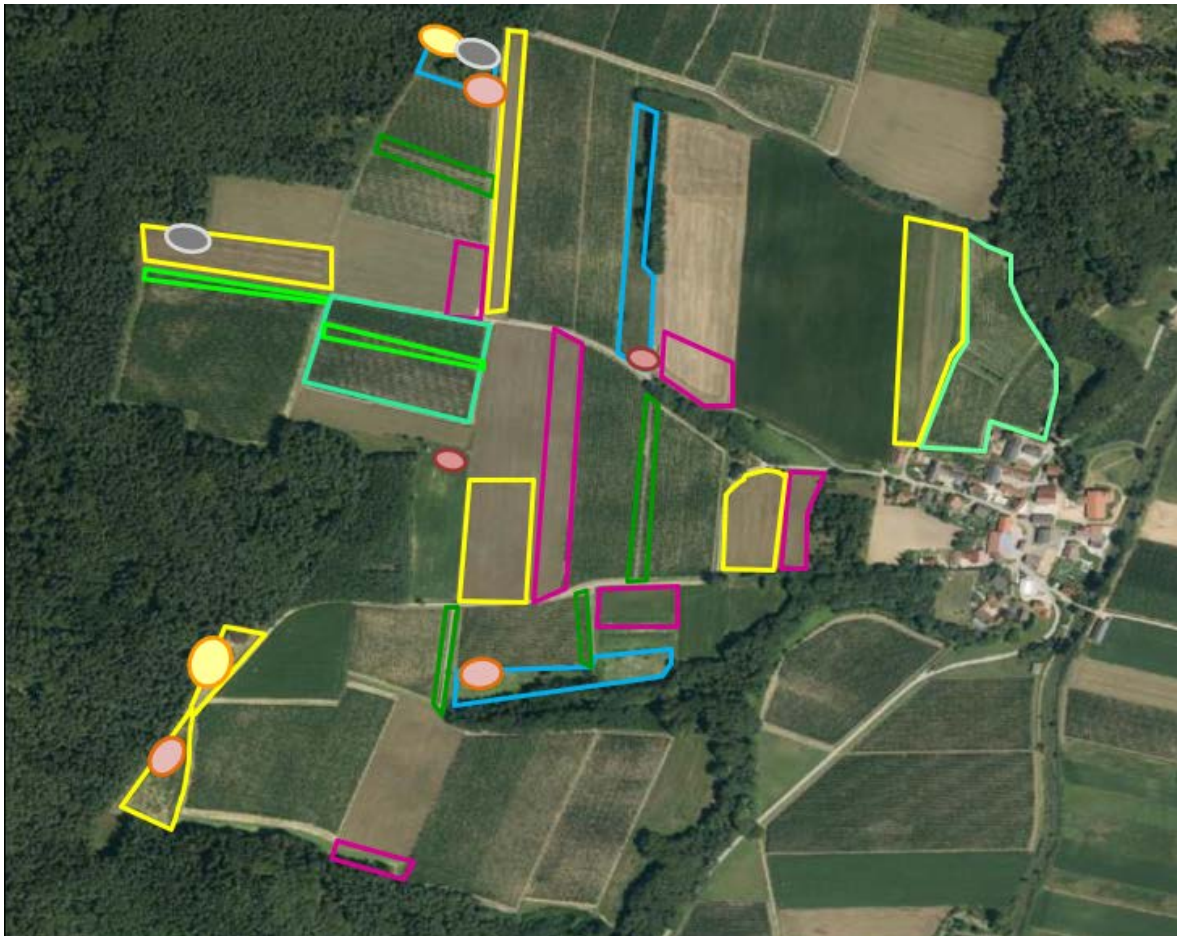
Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
Finanzierung:	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e.G.
Projektleitung:	Dr. F. Weihrauch
Bearbeitung:	Dr. F. Weihrauch, M. Obermaier
Kooperation:	Interessengemeinschaft Niederlauterbach (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. Grundsätzlich ist es nicht das Ziel des Projekts, die Produktivität wertvoller Acker- oder Hopfenflächen zu beeinträchtigen, sondern den Verzicht auf Nutzung bzw. die Umwidmung marginaler, unproduktiver oder kritischer Flächen wie ‚Eh-da-Flächen‘.

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.




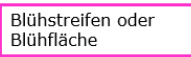

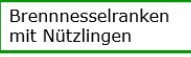

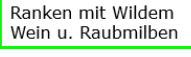

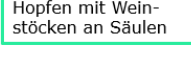
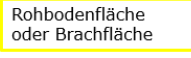
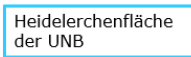
Sonderstandorte:	
 Sandhaufen	 Blühstreifen oder Blühfläche
 Totholzhaufen	 Brennnesselranken mit Nützlingen
 Lesesteinhaufen	 Ranken mit Wildem Wein u. Raubmilben
 Benjes-Hecke	 Hopfen mit Weinstöcken an Säulen
	 Rohbodenfläche oder Brachfläche
	 Heiderchenfläche der UNB

Abb. 8.2: Luftbild der 'Biodiversitätskulisse Eichelberg' mit bereits angelegten bzw. 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. 8.2). Mit der Umsetzung der Maßnahmen wurde mit dem Frühjahr 2021 begonnen. Der Fokus der ersten Arbeiten wurde auf die Schaffung von neuen Aufenthalts- und Überwinterungsräumen für Nützlinge wie Raubmilben gelegt. Nach Etablierung dieser Strukturen sollen sie im Frühjahr 2022 mit Raubmilben aus dem Weinbau ‚angepflegt‘ werden (Abb. 8.3).



Abb. 8.3: Schaffung von Aufenthalts- und Überwinterungsräumen für Nützlinge wie Raubmilben in der Biodiversitätskulisse Eichelberg: Einbau von Weinstöcken an den Hopfen-säulen und von wildem Wein an den Ankerdrähten im Juni 2021

8.4 Entwicklung einer technischen Möglichkeit zur Raubmilbenausbringung

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)
Projektleiter:	Dr. F. Weihrauch
Bearbeitung:	M. Obermaier
Kooperation:	Betrieb Blüml GbR, Dürnwind; Koppert Biological Systems
Laufzeit:	05/2021 – 10/2022

Ziel und Hintergrund

Der größte europäische Nützlingsproduzent, Koppert Biological Systems aus den Niederlanden, möchte in einem Pilot-Projekt in der Hallertau die Möglichkeiten einer technischen Lösung zur Raubmilbenausbringung im Hopfen testen und verbessern. Ziel ist eine unkomplizierte Anwendung von Raubmilben zur Kontrolle der Gemeinen Spinnmilbe *Tetranychus urticae*, die sich bezüglich Kosten und personellem Aufwand nicht gravierend von einer Akarizid-Anwendung unterscheidet. In der Saison 2021 wurden hierfür erste Versuche mit einem speziell konstruierten ‚Natutec‘-Gerät durchgeführt, das hinten am Traktor auf sitzt (Abb. 8.4). Hintergrund dieser Konstruktion ist die schnelle Montage ohne Bodenkontakt, um einen überbetrieblichen Einsatz zu vereinfachen, da eine Anschaffung dieses Geräts für einzelne Betriebe zunächst nicht wirtschaftlich erscheint.



Abb. 8.4: Neuartige Konstruktion der Fa. Koppert (‚Natutec‘) zur technischen Ausbringung von Raubmilben im Hopfenbestand; Dürnwind. im Juni 2021

Erfahrungen der langjährigen Versuche am Hopfenforschungszentrum zum Einsatz von Raubmilben im Hopfen zur Spinnmilbenkontrolle folgend, wurde eine Mischung der beiden Raubmilben *Neoseiulus californicus* und *Phytoseiulus persimilis* eingesetzt, die sich als effektiv herausgestellt hat. Auch der Einsatzzeitpunkt wurde entsprechend bisherigen Ergebnissen vor Erreichen der Gerüsthöhe gewählt. Zuvor wurde durch eine Vorbonitur sichergestellt, dass die Raubmilben rechtzeitig vor Etablierung einer größeren, stabilen Spinnmilbenpopulation ausgebracht werden.

Vorgehensweise

Die neu entwickelte technische Ausbringung wurde in diversen Praxis-Gärten von Bio-Hopfenpflanzern ausprobiert, wobei jeweils eine Hälfte des Hopfengartens Raubmilben erhielt, die andere wurde praxisüblich bewirtschaftet. Zusätzlich wurde ein Versuch von der LfL in einem konventionell bewirtschafteten Hopfengarten der Sorte Herkules in Dürnwind bei Pfeffenhausen, betreut. Im Versuch wurde eine unbehandelte Kontrolle, der gespritzte Praxis-Teil (eine Anwendung von ‚Movento‘ sowie eine des Akarizids ‚Envidor‘) des Versuchshopfengartens und drei Varianten mit Raubmilben verglichen: Die Ausbringung auf Bohnenblättern, die über die Jahre hinweg in Versuchen besonders erfolgreich war, die technische Ausbringung mit dem neu entwickelten Natutec-Gerät und eine Variante in der diese technische Ausbringung durch eine spätere manuelle Ausbringung von Raubmilben ergänzt wurde.

Ergebnisse 2021

Zu Beginn der Saison war der Spinnmilbenbefall gering, die Ausbringung der Raubmilben konnte bis Mitte Juni abgewartet werden. Erst kurz vor der Ernte stieg die Zahl der Spinnmilben deutlich an. Ein Unterschied zwischen den Varianten war erst ab Mitte August erkennbar, wobei in der unbehandelten Kontrolle, wie zu erwarten, die meisten Spinnmilben pro Blatt gezählt wurden (Abb. 8.5).

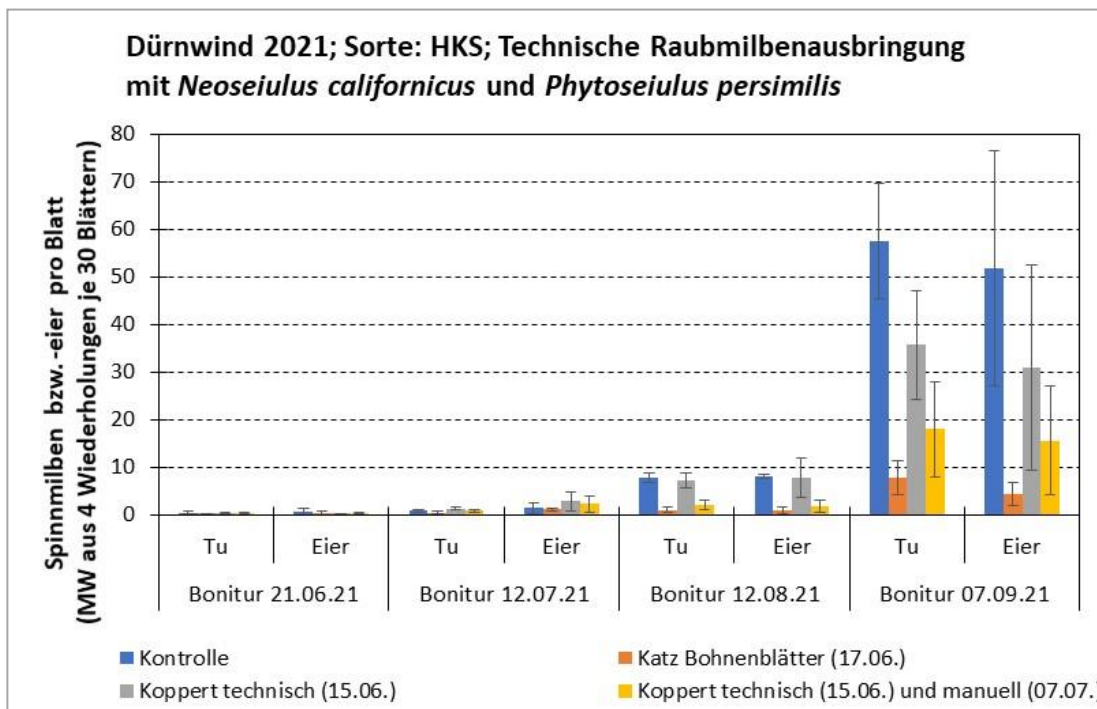


Abb. 8.5: Entwicklung der Spinnmilbenpopulation bei unterschiedlicher Ausbringung von Raubmilben im Versuchsgarten Dürnwind

Obwohl sich zum Ende der Saison Unterschiede zwischen den Varianten zeigten, spiegeln sich diese nicht im Ertrag oder Alphasäuregehalt der Ernte wider – weder im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle noch zum konventionellen Pflanzenschutz (Abb. 8.6). Zusätzlich wurde auch die optische Doldenqualität untersucht, indem 4.500 Dolden je Variante einzeln unter der Lupe betrachtet wurden. Dabei konnte eine äußere Doldenschädigung festgestellt werden, die sich in ihrer Ausprägung unterscheidet: Die beiden Varianten mit technischer Raubmilbenausbringung sind nur geringfügig weniger stark geschädigt als die unbehandelte Kontrolle, wohingegen das Versuchsglied mit Bohnenblättern sich nicht von der gespritzten Praxis abhebt. Aufgrund des späten Erntetermins der Sorte Herkules ist eine zumindest geringe Schädigung an vielen Dolden nicht verwunderlich; es wurde aber in keiner Variante ein starker Schaden festgestellt, der zu nennenswerten Qualitätseinbußen führte.

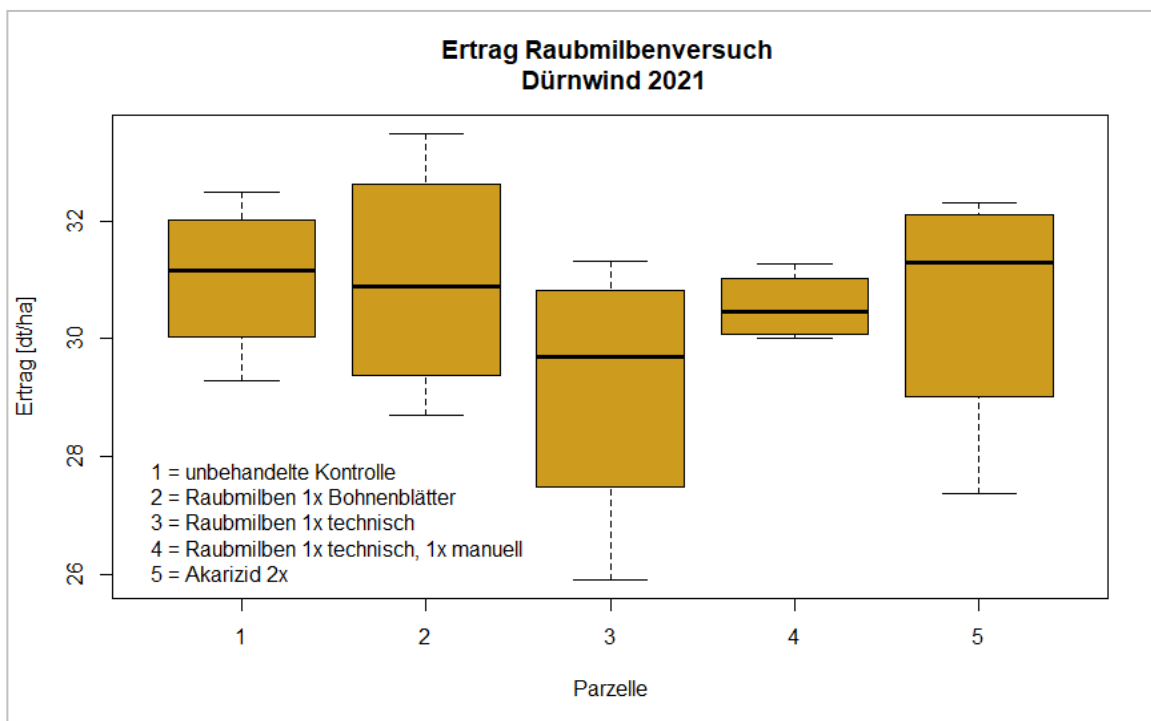


Abb. 8.6: Bei der Ertragsermittlung der Versuchsernte des Raubmilbenversuchs am 14.09.21) im Versuch zeigen sich weder Unterschiede zwischen den Raubmilben-Varianten noch im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle oder der zwei Mal gespritzten Praxis-Parzelle (einfaktorielle ANOVA)

Für die Saison 2021 muss konstatiert werden, dass es sich aufgrund der insgesamt überdurchschnittlich kühlen und feuchten Sommermonate nicht um ein ‚Spinnenjahr‘ handelte, d.h. es baute sich in Süddeutschland in den allermeisten Hopfenbeständen kein wirtschaftlich relevanter Spinnmilbenbefall auf. Fundierte Aussagen aus den übrigen Hopfengärten, in denen die Methode getestet wurde, lassen sich daher nicht ableiten. Mit der Witterung lässt sich auch der schlechte Bekämpfungserfolg der technischen Raubmilbenausbringung indirekt erklären: Aufgrund der extrem schlechten Witterung, verbunden mit schlechter Befahrbarkeit des Bestandes im Frühjahr, musste der technische Raubmilbeneinsatz zwei Mal verschoben werden. Bei der Applikation waren die Hopfenpflanzen bereits so in die Höhe gewachsen, dass ein Großteil der über Druckluft verteilten Raubmilben neben den Pflanzen landete. Bei jüngeren Hopfen, kurz nach dem Anleiten, hätte die Applikation zielgerichteter erfolgen können und es wären mehr Raubmilben direkt auf den Pflanzen geblieben.

Ausblick

Für eine technische Raubmilbenausbringung, die konkurrenzfähig zur Spritzung gegen Spinnmilben ist, müssen noch einige Verbesserungen vorgenommen werden. In den kommenden Jahren sind weitere Versuche bei Praxisbetrieben geplant, so 2022 erneut in Dürnwind. Nichtsdestotrotz zeigte auch dieser Versuch, dass eine geeignete Raubmilbenanwendung grundsätzlich Ergebnisse erzielen kann, die im Ergebnis mit chemischem Pflanzenschutz vergleichbar ist.

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

Ein ausführlicher Bericht über dieses im Frühjahr 2021 abgeschlossene Projekt ist im Jahresbericht 2020 zu finden.

8.6 Induzierte Resistenz gegen Spinnmilben im Hopfen

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
Finanzierung:	Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Förderinitiative ‘Vermeidung und Verminderung von Pestiziden in der Umwelt’, Förderkennzeichen: AZ 35937/01-34/0)
Projektleiter:	Dr. F. Weihrauch
Bearbeitung:	M. Obermaier
Kooperation:	20 Praxisbetriebe aus dem integrierten Hopfenbau; Arbeitsgruppe IPZ 5d, Hopfenanalytik
Laufzeit:	06/2021 – 05/2026

Ziel und Hintergrund

Die Gemeine Spinnmilbe ist der gefürchtetste Schädling im Hopfenanbau und kann bei geeigneter Witterung in kurzer Zeit sehr große Populationen aufbauen. Dabei können teils enorme Qualitäts- und Ertragseinbußen verursacht werden. Durch den Klimawandel wird diese Gefahr durch eine erhöhte Anzahl trockener, heißer Sommertage, die die Spinnmilbenentwicklung begünstigen, noch verstärkt. Gleichzeitig fokussieren sich Gesellschaft und Politik vermehrt auf Umweltschutz und Nachhaltigkeit und die Zulassungssituation für wirksame Pflanzenschutzmittel ist zunehmend schwierig. Gefordert sind daher nachhaltige Alternativen zum Schutz der Kulturpflanze sowohl für den konventionellen als auch ökologischen Hopfenanbau.

Im Juni 2021 hat ein neues Forschungs- und Innovationsprojekt zur Erforschung einer induzierten Resistenz bei Hopfen gegen die Gemeine Spinnmilbe begonnen. Damit soll eine Möglichkeit der pflanzeigenen Abwehr beim Hopfen näher erforscht werden, die aus anderen Kulturen bereits bekannt ist. Beobachtungen der letzten Jahre aus verschiedenen Pflanzenschutzversuchen am Hopfenforschungszentrum lassen den Schluss zu, dass Hopfenpflanzen nach überstandenen schwerem Spinnmilbenbefall in der Lage sind, sich in Folgejahren auf natürliche Weise gegen übermäßigen Spinnmilbenbefall zur Wehr zu setzen (Abb. 8.7). Dieser „erlernte Pflanzenschutz“ soll in einem fünfjährigen Projekt in verschiedenen Aspekten untersucht werden.



Abb. 8.7: Bio-Hopfgarten bei Ursbach in zwei "Spinnmilbenjahren": 2012 führte der starke Befall der noch jungen Hopfenpflanzen zum Totalausfall. 2018 konnte sich dagegen trotz geeigneter Witterung kein relevanter Spinnmilbenbefall aufbauen

Vorgehensweise

Das Projekt umfasst einen Freiland-Versuchsteil auf 31 Praxisflächen, die von 20 Hopfenbaubetrieben in den Anbaugebieten Hallertau und Tettang zur Verfügung gestellt werden. In jedem Praxisgarten wurde ein „Spritzfenster“ als Kontrollparzelle von etwa 500 m² festgelegt und ausgesteckt, das über den gesamten Projektzeitraum nicht mit Akariziden oder sonstigen Mitteln zur Spinnmilbenbekämpfung behandelt wird. Daneben wurde eine Praxisparzelle markiert, in der wie im restlichen Hopfgarten betriebsüblich Pflanzenschutzanwendungen stattfinden. Im Zentrum beider Parzellen wird jeweils ein Boniturbereich gekennzeichnet, aus dem während der Vegetationsperiode regelmäßig Blätter zur Kontrolle des Spinnmilbenbefalls entnommen werden. Bei entsprechendem Befall wird zum Saisonende eine Versuchsernte beider Parzellen durchgeführt, um mögliche Unterschiede bei Ertrag und Qualität zu ermitteln.

Außerdem wird ab 2022 ein Topfversuch unter semi-kontrollierten Bedingungen durchgeführt, bei dem Jungpflanzen aller vier Sorten gezielt mit Spinnmilben besiedelt werden. Anschließend soll die Reaktion der Pflanzen auf erneuten Spinnmilbenbefall im Vergleich mit zuvor nicht befallenen Pflanzen beobachtet werden. Ergänzt werden beide Versuchsteile durch biochemische Analysen von Blattproben.

Die Sortenauswahl umfasst bewusst eine breite Spanne, von traditioneller Landsorte bis zur modernen Hochleistungs-Zuchtsorte: ausgewählt wurden die Landsorte Tettninger (TET) als hochfeine Aromasorte, die klassischen, in Hüll gezüchteten Aromasorten Hallertauer Tradition (HTR) und Spalter Select (SSE) sowie die Hochalphasorte Herkules (HKS). Gezielt wurden wirtschaftlich relevante Sorten mit weiter Verbreitung im Anbau ausgewählt. SSE nimmt dabei eine Sonderrolle ein, da diese Sorte aus dem ‚Saazer Formenkreis‘ aufgrund ihrer sehr hohen Blattlaustoleranz besonders gut für den Bio-Anbau geeignet ist.

Ergebnisse 2021

Im Jahr 2021 sorgte die feuchte Witterung mit wenig Hitzetagen im Hochsommer dafür, dass sich Spinnmilbenpopulationen weder in der Hallertau noch in Tettwang schnell aufbauen konnten. In den Praxisparzellen wurde häufig auch keine spezifische Pflanzenschutzanwendung zur Spinnmilbenbekämpfung durchgeführt, sondern oft nur die Nebenwirkung des Insektizids „Movento“, das zur Blattlausbekämpfung eingesetzt wird, auf die Gemeine Spinnmilbe genutzt. Bei den Versuchsernten (eine Ernte pro Sorte auf dem jeweils am stärksten mit Spinnmilben befallenen Standort) konnten weder im Ertrag noch Alpha-säuregehalt geringere Werte für die unbehandelten Parzellen festgestellt werden. Während für HTR, TET und HKS signifikante Unterschiede zwischen unbehandelten und behandelten Parzellen festgestellt wurden, war bei der Versuchsernte SSE der Ertrag in der gespritzten Parzelle sogar etwas geringer (Abb. 8.8).

Der Topfversuch des Projektes läuft erst nach der nötigen Winterruhe der Hopfenpflanzen im Frühjahr 2022 an.

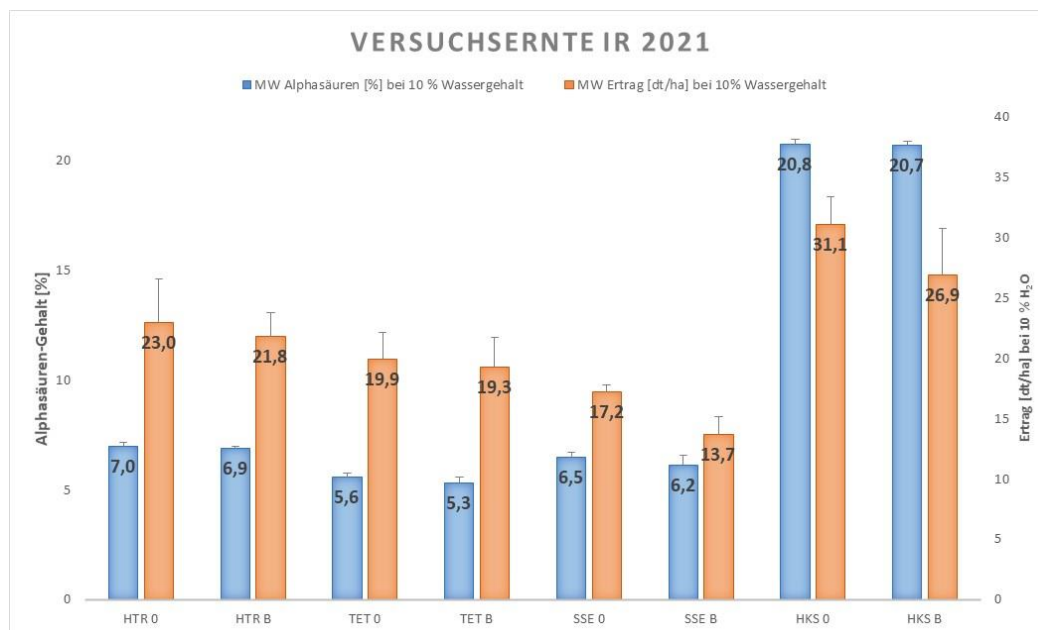


Abb. 8.8: Ergebnisse der Versuchsernten 2021 im Projekt zur induzierten Resistenz gegen Spinnmilben: Alphasäuregehalt und Ertrag für die vier Hopfensorten des Versuchs am jeweils am stärksten befallenen Standort für die gegen Spinnmilbe unbehandelte „O“-Parzelle und die mit Pflanzenschutzmitteln behandelte „B“-Parzelle

9 Veröffentlichungen und Fachinformationen

9.1 Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit

	Anzahl		Anzahl
Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge	34	Führungen	29
LfL-Schriften	2	Ausstellungen und Poster	4
Fachinformationen	18	Gutachten und -Stellungnahmen	17
Beiträge in Rundfunk und Fernsehen	5	Praktika	7
Internetbeiträge	6	Mitarbeit in Arbeitsgruppen	40
Durchgeführte interne Veranstaltungen	7	Besuchte / durchgeführte Seminare, Fachtagungen, Workshops	3 / 5
Aus-, Fort- und Weiterbildung	7	Vorträge	78

9.2 Veröffentlichungen

9.2.1 Praxisinformationen und wissenschaftliche Beiträge

Euringer, S., Baumgartner, A.; Kaindl, K.; Obster, R. (2021): Hopfen 2021 - Grünes Heft, Pflanzenschutz. LfL-Information, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Fuß, S. (2021): Pflanzenstandsbericht April 2021. Hopfen-Rundschau, 72. Jahrgang, 05/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 166 - 167

Fuß, S. (2021): Pflanzenstandsbericht August 2021. Hopfen-Rundschau, 72. Jahrgang, 09/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 317

Fuß, S. (2021): Pflanzenstandsbericht Juli 2021. Hopfen-Rundschau, 72. Jahrgang, 08/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 288

Fuß, S. (2021): Pflanzenstandsbericht Juni 2021. Hopfen-Rundschau, 72. Jahrgang, 07/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 232

Fuß, S. (2021): Pflanzenstandsbericht Mai 2021. Hopfen-Rundschau, 72. Jahrgang, 06/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 200

Hagemann, M.H., Seeburger, P., Born, U., Weber, G., Kamhuber, K., Lutz, A., Seigner, E., Wünsche, J.N. (2021): Genetic variation within the promoter of the bitter acid biosynthesis genes of hop partly explain different levels of bitter acids between cultivars. ISHS V. International Humulus Symposium, Hrsg.: Hagemann, M.H. and Wünsche, J.N.

Kamhuber, K. (2021): Ergebnisse von Kontroll- und Nachuntersuchungen für Alphaverträge der Ernte 2020, Hopfen-Rundschau, 72. Jahrgang, 08/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 280 -282

- Karer, A., Reindl, A., Portner, J., Fuß, S. (2021): Neues EDV-Tool zur individuellen Berechnung des CO₂-Footprints in der Hopfenproduktion. Hopfenrundschaue International, 2021, Hrsg.: Verband deutscher Hopfenpflanzer e.V., 70 - 75
- Kneidl, J., Weihrauch, F. (2021): Die Grande Dame der internationalen Hopfenforschung geht in Ruhestand: Adieu, Lisa! . Hopfenrundschaue International, 2021/2022, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer, 66 - 69
- Kühne, S., Preißel, S.; Obermaier, M. Weihrauch, F. (2021): Welcher Hopfenschädling ist das? <https://pflanzenchutz.oekolandbau.de> – Online-Bestimmungshilfe für Schadorganismen im Hopfenbau. Julius Kühn Archiv, 467, 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt; 21.–23. September 2021: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. , Hrsg.: Julius Kühn-Institut, 485 - 485
- LfL, Hopfenring, Verband Deutscher Hopfenpflanzer, LfU, LRA PAF u. KEH (2021): Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdeten Stoffen. Hopfen-Rundschaue, 72. Jahrgang, 10/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 367 - 370
- Obermaier, M., Weihrauch, F. (2021): Raubmilben zur Spinnmilbenbekämpfung im Hopfen? - Ergebnisse eines dreijährigen Forschungsprojektes. Hopfen-Rundschaue, 72(05), Hrsg.: Verband deutscher Hopfenpflanzer e.V., 164 - 166
- Obster, R. (2021): Pflanzenschutzfachtagung Hopfen - Plant Protection Symposium. Hopfenrundschaue International, 2021/2022, Hopfenrundschaue International, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 13 - 16
- Portner, J. (2021): 50 % Pflanzenschutzmitteleinsparung durch den Peronospora-Warndienst. Hopfenrundschaue International, 2021/2022, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 109 - 115
- Portner, J. (2021): Bekämpfung von Peronospora-Sekundärinfektionen. Hopfen-Rundschaue, 72. Jahrgang, 06/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 194
- Portner, J. (2021): Kostenfreie Rücknahme von Pflanzenschutz-Verpackungen PAMIRA 2021. Hopfen-Rundschaue, 72. Jahrgang, 08/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 283
- Portner, J. (2021): Online-Hopfenbauversammlung 2021. Hopfen-Rundschaue, 72. Jahrgang, 1/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 2
- Portner, J. (2021): Rebenhäckselausbringung im Herbst künftig unter Auflagen möglich! Hopfen-Rundschaue, 72. Jahrgang, 03/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 91
- Portner, J. (2021): Rebenhäckselausbringung im Herbst planen! Hopfen-Rundschaue, 72. Jahrgang, 08/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 284
- Portner, J. (2021): Rebenhäckseluntersuchung als zusätzliche Anforderung in den "Roten Gebieten"! Hopfen-Rundschaue, 72. Jahrgang, 08/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 285
- Portner, J. (2021): Zwischenfruchteinsatz im Hopfen planen. Hopfen-Rundschaue, 72. Jahrgang, 06/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 195
- Portner, J. (2021): Übermittlung von Angaben im Hopfensektor. Hopfen-Rundschaue, 72. Jahrgang, 05/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 157 - 158
- Portner, J., Brummer, A. (2021): Nmin-Untersuchung 2021 und endgültige Nmin-Werte in Bayern. Hopfen-Rundschaue, 72. Jahrgang, 05/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 163 - 164
- Portner, J., Kammhuber, K. (2021): Fachkritik zur Moosburger Hopfenbonitierung 2021. Hopfen-Rundschaue, 72. Jahrgang, 10/2021, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 358 - 363
- Portner, J., Stampfl, J. (2021): Neue LfL-Informationsbroschüre - Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen. Hopfenrundschaue International, 2021/2022, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 76 - 77

Schlagenhauser, A. (2021): Effiziente und umweltgerechte Stickstoffdüngung im Hopfenanbau. Hopfenrundschaue International, 2021/2022, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 92 - 97

Seigner, E., Albrecht, T.; Büttner, B.; Lutz, A.; Mohler, V. (2021): Genombasierte Präzisionszüchtung für zukunftsweisende Qualitätshopfen, 1 - 62

Seigner, E., Lutz, A.; Kammhuber, K.; König, W. (2021): Die neue Hüller Aromasorte TANGO mit Klimatoleranz und Nachhaltigkeit fit in die Zukunft. Brauwelt Wissen, BW 44, Brauwelt Wissen, Hrsg.: Fachverlag Hans Carl GmbH, 1128 - 1132

Seigner, E., Lutz, A.; Kammhuber, K.; König, W. (2021): Tango, die neue Hüller Aromasorte - mit Klimatoleranz und Nachhaltigkeit in die Zukunft. Hopfenrundschaue International, 30. Ausgabe - 2021/2022, Hopfen-Rundschaue - International, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer, 82 - 84

Seigner, E.; Lutz, A., Kammhuber, K.; König, W. (2021): Diamant - Environmentally compatible alternative - Breeding success. Brauwelt International - Knowledge, 1/21 - Vol. 39, Hrsg.: Fachverlag Hans Carl, 14 - 18

Weihrauch, F. (2021): Artenvielfalt im Hopfenbau: Das Konzept der ‚Biodiversitätskulisse Eichelberg‘. Julius Kühn Archiv, 467, 62. Deutsche Pflanzenschutztagung: Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt; 21.–23. September 2021: Kurzfassungen der Vorträge und Poster, Hrsg.: Julius-Kühn-Institut, 156 - 156

Weihrauch, F. (2021): Die neue IHB-Sortenliste 2020 wurde veröffentlicht. Hopfen-Rundschaue, 72(01), Hrsg.: Verband deutscher Hopfenpflanzer e.V., 16 - 25

Weihrauch, F. (2021): Meeting der Commodity Expert Group (CEG). Hopfen-Rundschaue, 72 (12), Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 430 – 430

9.2.2 LfL-Schriften

Name(n)	Arbeitsgruppe	LfL-Schriften	Titel
Arbeitsbereich Hopfen	IPZ 5	LfL-Information	Jahresbericht 2020 - Sonderkultur Hopfen
Portner, J.	IPZ 5a	LfL-Information	Hopfen 2021 - Grünes Heft
Euringer, S.	IPZ 5b	LfL-Information	Hopfen 2021 - Grünes Heft - Pflanzenschutz

9.2.3 Internetbeiträge

Autor(en)	Titel	Zielgruppe
Portner, J.	Aktuelle Hopfenbauhinweise und Warn-dienstmeldungen	Hopfenpflanzer
Portner, J.	Veranstaltungen und Hinweise	Hopfenpflanzer
Seigner, E.	Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettninger	Hopfenpflanzer und Brauwirtschaft; Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Baden-Württemberg; Hopfenpflanzerverband Tettning e.V.; Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.
Seigner, E.; Lutz, A.	Tango, die neue Hüller Aromasorte – Aroma "meets" Klimatoleranz	Hopfen- und Brauwirtschaft
Euringer, S.; Lutz, K.	Arbeiten zum Citrus Bark Cracking Viroid (CBCVd) in der Hallertau	Hopfenpflanzer

Autor(en)	Titel	Zielgruppe
Euringer, S; Lutz, K.; Weiß, F.	Feldhygiene im Hopfengarten	Hopfenpflanzer

9.2.4 Poster

Autor(en)	Titel	Zielgruppe
Euringer, S.	Citrus Bark Cracking Viroid	Hopfenpflanzer, vlf-Fahrt
Seigner, E.	Downy Mildew Forecasting System	ABInBev-Führung
Seigner, E.	The New Hüll Aroma and High Alpha Hop Cultivars - Progress in Breeding	ABInBev-Führung
Seigner, E.	Climate tolerance, Resistance & Sustainability - Ready for the Future	ABInBev-Führung

9.3 Tagungen, Vorträge, Führungen, Ausstellungen

9.3.1 Durchgeführte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops

Datum	Referent	Veranstaltung	Ort	Zielgruppe
28.01.2021	Lutz, A., Obster, R., Portner, J., Schlagenhauser, A., Stampfl, A.	Hopfenbauversammlung	online	Hopfenpflanzer
04.02.2021	Münsterer, J.	Seminar Wärmebildtechnik in der Hopfentrocknung	online	Landwirte, Verbandsmitglieder, Interessierte
01.04.2021	Weihrauch, F.; Obermaier, M.	Runder Tisch Pflanzenschutz im Öko-Hopfen	Hüll	Bio-Hopfenbauern, Fachberater
27.07.2021	Weihrauch F.; Obermaier, M	Sommerexkursion AK Öko-hopfen	Obernai, Elsass	Europ. Öko-Hopfenbauern
20.08.2021	Portner, J.; Fischer, E.	Landesgartenschau -Hopfen für besondere Biere	Ingolstadt	Besucher
21.10.2021	Weihrauch, F.	Sitzung der Commodity Expert Group Minor Uses in Hops	Hüll + online	Int. Pflanzenschutzexperten

9.3.2 Besuchte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops

Datum	Titel	Zielgruppe	Ort
11.01.2021	Besprechung PSM-Monitoring Hopfen	Fachgremium	Wolnzach
28.01.2021	Meisterprüfungsausschusssitzung Oberbayern	Mitglieder Meisterprüfungsausschuss	online
18.02.2021	DB Düngeverordnung	AELF, IAB 2	online

9.3.3 Durchgeführte interne Veranstaltungen

Datum	Titel	Veranstaltungstyp	Ort
11.01.2021	Besprechung PSM-Monitoring Hopfen	Arbeitsgruppensitzung	Wolnzach
15.01.2021	Besprechung Investitions- und Zukunftsprogramm	Arbeitsgruppensitzung	Wolnzach

Datum	Titel	Veranstaltungstyp	Ort
04.03.2021	Besprechung Grünes Heft	Arbeitsgruppen-sitzung	Hüll
01.04.2021	Runder Tisch Pflanzenschutz Öko-Hopfen	Praktiker-Informati-onsveranstaltung	Hüll
16.06.2021	Besprechung Stoffstrombilanz Hopfen	Arbeitsgruppen-sitzung	Wolnzach
26.08.2021	Treffen AK Hopfen	Arbeitsgruppen-sitzung	Buch
25.10.2021	Besprechung N-Effizienz Hopfendüngung mit ECOZEPT	Arbeitsgruppen-sitzung	Wolnzach

9.3.4 Aus-, Fort- und Weiterbildung

Datum	Veranstaltung/Ansprechpartner	Maßnahmentyp	Zielgruppe	Ort
26.01.2021	Wirtschaftlichkeitsberechnung zur <i>Verticillium</i> -Sanierung / Euringer, S., Lutz, K.	Sonstige Fortbildung	Landwirte	Online-Veranstaltung
19.02.2021	Meisterprüfung - Themenvergabe AP im Hopfen / Portner, J.	Meisterlehrgang	Landwirte	
10.06.2021	Meisterprüfung AP (mündl.) Hopfen / Portner, J.	Fortbildungsprüfung	Landwirte	Wolnzach
06.10.2021	Meisterprüfung - Themenvergabe AP / Portner, J.	Meisterlehrgang	Landwirte	
11.10.2021	Unterricht Schüler Landwirtschaftsschule / Münsterer, J.	Sonstige Fortbildung	Landwirte	Pfaffenhofen
13.10.2021	Unterricht Schüler Landwirtschaftsschule / Münsterer, J.	Sonstige Fortbildung	Landwirte	Pfaffenhofen
04.11.2021 bis 25.11.2021	BiLa – Hopfenanbau / Portner, J.	Erwachsenenbildung	Landwirte	Abensberg

9.3.5 Gutachten und Stellungnahmen

Datum	Bearbeiter	Titel	Auftraggeber
15.01.2021	Portner, J.	Fördertatbestände für die Förderrichtlinie im Investitions- und Zukunftsprogramm	BMEL, JKI, StMELF, IPS
18.01.2021	Euringer, S.	Stellungnahme zum Antrag auf Art. 53 Luna Sensation VdH	Verband dt. Hopfenpflanzer
20.01.2021	Weihrauch, F.	Stellungnahme zum Quassia-Einsatz 2020 im Ökologischen Hopfenbau	Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft e.V.
28.01.2021	Euringer, S.	Stellungnahme zum Art. 53 Movento SC100 VdH	Verband dt. Hopfenpflanzer
23.02.2021	Euringer, S.	Stellungnahme zum Antrag auf Art.53 Exirel VdH	Verband dt. Hopfenpflanzer
24.02.2021	Weihrauch, F.	Peer review	Zeitschrift 'Crop Protection'
29.03.2021	Euringer, S.	Stellungnahme zum Antrag auf Art. 53 Danjiri Sumi Agro	Sumi Agro Deutschland

Datum	Bearbeiter	Titel	Auftraggeber
06.04.2021	Euringer, S.	Begleitschreiben Zulassungserweiterung Beloukha	Verband deutscher Hopfenpflanzer e.V.
15.04.2021	Portner, J.	EU-Erntebericht Hopfen 2020	BMEL und StMELF
22.04.2021	Euringer, S., Lutz, K.	Stellungnahme zur Ablagerung von Rebenhäcksel bez. der Hygienisierung	AELF Paf
05.05.2021	Euringer, S., Geiger, P., Doleschel, P.	Stellungnahme zum Thema Hygienisierung von Rebenhäcksel durch Pyrolyse (Pflanzkohleherstellung)	Hopsteiner
25.05.2021	Geiger, P., Euringer, S.	Stellungnahme zum Schreiben der Hopsteiner "Pflanzkohle"	LfL
07.07.2021	Euringer, S.	Stellungnahme zum Antrag auf Art. 53 Luna Sensation VdH (Update)	Verband dt. Hopfenpflanzer
24.08.2021	Fuß, S.	Offizielle Hopfenernteschätzung im Anbaugebiet Hallertau 2021	StMELF
28.09.2021	Weihrauch, F.	Begutachtung einer Projektskizze	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
09.11.2021	Portner, J.	AU-Maßnahme Herbizidverzicht im Hopfenanbau	StMELF
03.12.2021	Weihrauch, F.	Betreuung und Benotung eines M. Sc. Internships mit abschließender Prüfung für Wageningen University & Research	Wageningen University & Research

9.3.6 Fachinformationen

Euringer, S., Lutz, K.: 'Feldhygiene im Hopfenbau: CBCVd', Hüll, 01.04.2021 (Beratungsunterlage)

Euringer, S., Lutz, K.: 'Feldhygiene im Hopfenbau: Virose', Hüll, 01.04.2021 (Beratungsunterlage)

Euringer, S., Obster, S. Kaindl, K.: 'Auswahl der in D zugelassenen PSM für den Hopfenbau', Hüll, 01.03.2021 (Beratungsunterlage)

Lutz, A., Seigner, E.: 'Blogbeitrag über Diamant, Aurum und Tango', Hüll, 19.02.2021, Riley Schmalhaus (Beratungsunterlage)

Lutz, K., Euringer, S.: 'Feldhygiene im Hopfenbau: *Verticillium*', Hüll, 01.04.2021 (Beratungsunterlage)

Portner, J., Stampfl, J.: 'Fachexkursion Hopfenbewässerung', Forchheim, Wolnzach, 17.08.2021, LfL und HVG (Exkursion (nicht Führungen an der LfL))

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

Portner, J.: 'Auflagen und Regelungen bei der Bewirtschaftung von Hopfenanlagen an Gewässern!', Online- Hopfenbauversammlung (Video)

Portner, J.: 'Hopfen 2021', Wolnzach (Beratungsunterlage)

Portner, J.: 'Veranstaltungen und Hinweise', 26.11.2021 (Internet-Beitrag)

Seigner, E., Lutz, A.: 'The New Hüll Aroma and High Alpha Hop Cultivars - Progress in Breeding - Resistance, Climate Tolerance and Sustainability', 28.08.2021, ABInBev-Führung (Poster)

Seigner, E., Lutz, A.: 'Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettninger', 23.02.2021 (Internet-Beitrag)

Seigner, E., Lutz, A.; Kneidl, J.; Ismann, D.; Kammhuber, K.: 'Climate tolerance, Resistance & Sustainability - Ready for the Future - The new Hüll Aroma Hop Cultivars', 28.08.2021, ABInBev-Führung (Poster)

Seigner, E.: 'Downy Mildew Forecasting System - Reduction of Plant Protection Chemicals', 28.08.2021, ABInBev-Führung (Poster)

Seigner, E.: 'Genombasierte Präzisionszüchtung für zukunftsweisende Qualitätshopfen - 4. Zwischenbericht', 15.04.2021 (Projekt-Zwischenbericht)

Seigner, E.; Lutz, A.: 'Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettninger', 22.02.2021 (Projekt-Endbericht)

Seigner, E.; Lutz, A.: 'Tango, die neue Hüller Aromasorte – Aroma "meets" Klimatoleranz' (Internet-Beitrag)

Seigner, E.; Lutz, A.: 'Entwicklung von leistungsstarken Hoch-Alpha-Sorten mit besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet - 5. Sachbericht', 16.06.2021 (Projekt-Zwischenbericht)

9.3.7 Vorträge

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Doleschel, P.	GfH-Jahresgespräch 2021- Personalentwicklung und Projekte	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	Vorstand und Gäste der GfH	Wolnzach-Hüll, 24.11.2021
Doleschel, P., Portner, J.; Euringer, S.; Seigner, E.; Lutz, A.; Kammhuber, K.; Weihrauch, F.	Der LfL Arbeitsbereich Hopfen im Jahr 2020/2021	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	Mitglieder, Vorstand und Gäste der GfH	Wolnzach-Hüll, 24.3.2021
Doleschel, P., Vahl, W.	Herausforderung Klimawandel – Situation und Lösungsansätze aus dem Pflanzenbau	LfL	Teilnehmer der LfL-Jahrestagung "Klimawandel und digitale Konzepte im Pflanzenbau"	Grub/online, 1.12.2021
Euringer, S.	Aktuelles zum CBCVd	Verband deutscher Hopfenpflanzer	Mitglieder des Beirats Verband deutscher Hopfenpflanzer	Wolnzach, 14.10.2021
Euringer, S.	Aktuelles zum CBCVd in der Hallertau	LfL	Landwirte	Geisenfeld, 3.8.2021
Euringer, S.	Aktuelles zum CBCVd in der Hallertau	LfL	Landwirte	Geisenfeld, 5.8.2021
Euringer, S.	Aktuelles zum Citrus Bark Cracking Viroid	LfL	Hopfenpflanzer	Online-Veranstaltung, 28.1.2021
Euringer, S.	QM-CBCVd-Monitoring 1	LfL	Mitarbeiter/Aus-hilfskräfte	Hüll, 29.6.2021

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Euringer, S.	QM-CBCVd-Monitoring 2	LfL	Mitarbeiter/Aus-hilfskräfte	Hüll, 30.6.2021
Euringer, S.	Umgang mit dem CBCVd im Hopfenbau	LfL	Meisterschüler PAF	Hüll, 8.7.2021
Euringer, S., Obster, R.	Ergebnisse der Amtlichen Mittelprüfung	Commodity Expert Groups CEG	Commodity Expert Groups Mitglieder	Hüll, 21.10.2021
Euringer, S., Obster, R.	Trial design AMP Hüll	Commodity Expert Groups CEG	Commodity Expert Groups Mitglieder	Hüll, 20.4.2021
Euringer, S., Weiß, F.	CBCVd Monitoring 2019-21	Gesellschaft für Hopfen-forschung (GfH)	Brauer, Verbände	Hüll, 24.11.2021
Euringer, S., Obster, R.	Dringende Fragen des PS im Hopfenbau 2021	Verband deut-scher Hopfen-pflanzer e.V.	Bundesbehörden, Regierung, Ver-bände	Online, 19.3.2021
Kammhuber, K.	Isolierung, Identifikation und Analytik von Multifidolen in Hopfen	Wissenschaftliche Station für Brauerei in München e.V.	Brauer	München 15.09.2021
Kammhuber, K.	Erfahrungen des Hüller Labors als Referenzlabor zur alpha-Säureanalytik für Hopfenlieferverträge	Gesellschaft für Hopfen-forschung (GfH)	Vorstand und Gäste der GfH	Wolnzach-Hüll, 24.11.2021
Lutz, A.	Blüh- und Reifezeiten der Hopfensorten in der Hallertau	LfL	Hopfenpflanzer	Geisenfeld, 5.8.2021
Lutz, A.	Hopfenzüchtung und Aromabonitur	Altweihenstephaner Brauerbund	Altweihenstephaner Brauerbund	Online, 28.4.2021
Lutz, A., Seigner, E.	" <i>Humulus lupulus</i> " - Hopfensorten und Entwicklung	TUM	Bierbrauer und - Interessierte	Online, 13.4.2021
Lutz, A., Seigner, E.	" <i>Humulus lupulus</i> " - Hopfensorten und Entwicklung	TUM	Brauer und Brau-interessierte	Online, 15.6.2021
Lutz, A., Seigner, E.	Blüh- und Reifezeiten der Hopfensorten in der Hallertau	LfL	Ring junger Hopfenpflanzer	Geisenfeld, 3.8.2021
Lutz, A., Seigner, E.	Tango - die neue Hüller Aromasorte	LfL	Hopfenpflanzer	Geisenfeld, 5.8.2021
Lutz, A., Seigner, E.	Tango - die neue Hüller Aromasorte	LfL	Ring junger Hopfenpflanzer	Geisenfeld, 3.8.2021
Lutz, A., Seigner, E.; Kneidl, J.	Tango - die neue Hüller Aromasorte	LfL	Hopfenpflanzer	Hüll, 28.1.2021
Lutz, A.; König, W., Seigner, E.	Züchtung klimaresistenter Hopfensorten	Spalter Hopfen-pflanzer	Brauer	Spalt, 12.10.2021

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Lutz, A.; Seigner, E.	Neue Hüller Sorten - leistungsfähig, umfas- send getestet und fit für die Zukunft	Ring junger Hopfenpflanzer	Ring junger Hop- fenpflanzer	Online, 31.3.2021
Lutz, Anton	Deutscher Hopfen- Champion	Verband Deut- scher Hopfen- pflanzer e.V.	Hopfenpflanzer	Kloster Scheyern, 16.7.2021
Lutz, K.	Aktuelles zur Hopfen- welke	Verband Deut- scher Hopfen- pflanzer e.V.	Mitglieder des Beirats Verband deutscher Hopfenpflanzer	Wolnzach, 14.10.2021
Lutz, K.	Feldhygiene im Hopfengarten: <i>Verticillium</i> -Welke	Interessensge- meinschaft Niederlauer- bach (IGN)	Mitglieder des IGN-Stammtisch	Niederlauer- bach, 20.12.2021
Lutz, K.	Forschungsprojekt zur Hopfenwelke	Hopfenring e.V.	Mitglieder des Hopfenring e.V.	Online-Ver- anstaltung, 25.1.2021
Lutz, K.	Forschungsprojekt zur Hopfenwelke	LfL	Hopfenpflanzer	Online-Ver- anstaltung, 28.1.2021
Lutz, K.	GfH-Projekt zur Hopfenwelke	Gesellschaft für Hopfen- forschung	Technisch-Wis- sensschaftlicher Ausschuss der GfH	Hüll, 24.3.2021
Lutz, K.	Research on <i>Verticillium</i> in hop	LfL	Mitglieder der Commodity Ex- pert Group (CEG)	Online-Ver- anstaltung, 20.4.2021
Lutz, K.	Umgang mit der <i>Verticillium</i> -Welke im Hopfenbau	Winterschule Pfaffenhofen	Meisterschüler, PAF	Hüll, 8.7.2021
Lutz, K., Weiß, F.	Aktuelles zum Citrus Bark Cracking Viroid	Deutscher Braucher Bund	Mitglieder des Agrarausschusses	Hüll, 26.8.2021
Lutz, K., Weiß, F.; Euringer, S.	Fachgespräch: Citrus Bark Cracking Viroid	LfL	Vertreter der Hopfenwirtschaft, RjH, HVG und Verband deut- scher Hopfen- pflanzer	Hüll, 19.8.2021
Münsterer, J.	Trocknungstechnische Zusammenhänge und Maßnahmen bei der Optimierung der Trocknung am Bei- spiel Hopfen	LLG Sachsen- Anhalt, FNR, Saluplanta e.V.	Praxis, Landwirte, Firmen	Online-Ver- anstaltung, 23.02.2021
Obermaier, M.	(Öko)Hopfen - Grünes Gold oder die Seele des Biers	Schwarz Dienst- leistungen	Mitarbeiter der Fach- und Füh- rungsebene der HR Gruppe	online, 11.11.2021

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Obermaier, M.	Aktuelle Projekte der Arbeitsgruppe Ökologische Fragen des Hopfenbaus	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	Redakteure und Influencer aus den Bereichen Bier/Getränke/Lebensmittel	Hüll, 17.9.2021
Obermaier, M.	Ökohopfen, Biodiversität und Nachhaltigkeit im Hopfenanbau	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	Studierende der Agrar- und Lebensmittelwissenschaften der ETH Zürich	Hüll, 16.9.2021
Obermaier, M., Weihrauch, F.	Etablierung von Raubmilben in der Hopfenbau-Praxis über Untersaaten	Bioland e.V.	Akteure aus dem ökologischen Hopfenbau (Biobauern, Fachberater)	Online-Veranstaltung, 9.2.2021
Obster, R.	Pflanzenschutz im Hopfenbau	Winterschule Pfaffenhofen	Meisterschüler	Hüll, 8.7.2021
Obster, R.	Pflanzenschutz im deutschen Hopfenanbau	Deutscher Brauerbund	Mitglieder des Agrarschausschusses	Hüll, 28.8.2021
Obster, R., Baumgarnter, A.; Euringer, S.; Kaindl, K.	Tastversuch Gemeine Spinnmilbe	LfL	Pflanzenschutzmittelfirma	Digital, 9.7.2021
Obster, R., Baumgarnter, A.; Kaindl, K.	Residue studies Fluopicolide	CEG	Commodity Expert Groups Mitglieder	Hüll, 21.10.2021
Obster, R., Euringer, S.	Aktuelle Pflanzenschutzmittelproblematiken im Deutschen Hopfenbau	Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V.	Bundesbehörden, Pflanzenschutzmittelfirmen, Vertreter aus der Branche	Pfaffenhofen a. d. Ilm, 15.7.2021
Obster, R., Euringer, S.	Versuchsbesprechung 2021	LfL	Hopfenringberater und IPZ 5a	Wolnzach, 13.12.2021
Obster, R., Euringer, S.	Vorstellung Versuchsergebnisse	Commodity Expert Groups	Commodity Expert Groups	Hüll, 20.4.2021
Obster, R., Euringer, S.; Fuß, S.	Pflanzenschutz im Hopfenbau	LfL	Hopfenpflanzer	Online-Veranstaltung, 28.1.2021
Obster, R., Euringer, S.; Portner, J.	Integrierter Pflanzenschutz im Hopfenbau	IVA/Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V.	Bundesbehörden, Pflanzenschutzmittelfirmen, Vertreter aus der Branche, Politiker, Presse	Buch, 22.7.2021
Portner, J.	Aktuelle Hopfenbauhinweise	Ring junger Hopfenpflanzer	Hopfenpflanzer	Geisenfeld, 3.8.2021
Portner, J.	Aktuelle Hopfenbauhinweise	VIF Kelheim	Hopfenpflanzer	Geisenfeld, 5.8.2021
Portner, J.	Aktuelles zum Hopfenanbau	Hopfenpflanzerverband Spalt	Hopfenpflanzer im Anbaugebiet Spalt	Spalt, 16.7.2021

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Portner, J.	Argumente für die Hopfenbewässerung	LfL und HVG	Hopfenpflanzer	Ilmendorf, 23.8.2021
Portner, J.	Erfahrungen mit Untersaaten im Hopfen zum Erosionsschutz	Markt Siegenburg	Hopfenpflanzer in Niederumelsdorf	Niederumelsdorf, 15.7.2021
Portner, J.	Fachgespräch Hopfenbewässerung	StMUV	Vertreter für Bewässerung von StMELF, StMUV, LfU, TUM	online, 15.12.2021
Portner, J.	Fachkritik Hopfen	Stadt Moosburg a. d. Isar	Preisträger und Gäste	Moosburg a. d. Isar, 24.9.2021
Portner, J.	Innovative Pflanzenschutztechnik im Hopfenanbau	Hopfenpflanzerverband Hallertau	Vertreter der PS-Industrie und von Bund- und Länderbehörden	Eja, 15.7.2021
Portner, J.	Innovative Pflanzenschutztechnik im Hopfenanbau	Hopfenpflanzerverband Hallertau, IVA	Behörden- und Pressevertreter	Buch, 22.7.2021
Portner, J., Euringer, S.	Auftreten und Verbreitung des Citrus Bark Cracking Viroid (CBCVd) im Hopfen in der Hallertau	Verband Deutscher Hopfenpflanzer und HVG	Vorstände und Beiräte	Tettnang, 29.7.2021
Portner, J., Schlagenhauer, A.	Stoffstrombilanz im Hopfen	Verband Deutscher Hopfenpflanzer und HVG	Vorstände und Beiräte	Tettnang, 29.7.2021
Portner, J., Stampfl, J.	Bewässerung und Fertigation von Hopfen	LfL	Behördenvertreter der Wasserwirtschaft	Forchheim, Wolnzach, 17.8.2021
Seigner, E.	Genombasierte Präzisionszüchtung für Qualitätshopfen (GHop)	LfL, IPZ 5c, und Universität Hohenheim	GHop-Projektpartner; Universität Hohenheim, HVG, LfL	Online-Meeting, 13.8.2021
Seigner, E., Büttner, B.; Lutz, A.; Kammhuber, K.	Neue Züchtungsmethodik für die LfL-Hopfenzüchtung	Universität Hohenheim	GHop-Projekt Verbundpartner	Wolnzach, 6.10.2021
Seigner, E., Lutz, A.	Kreuzungszüchtung mit der Landsorte Tettnanger	Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz	Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Baden-Württemberg; Hopfenpflanzerverband Tettnang; Universität Hohenheim	Online, 23.2.2021

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Seigner, E., Lutz, A.	Mehltauresistenzzüchtung bei Hopfen	Hopfenverwertungsgenossenschaft HVG	HVG-Aufsichtsrat	Wolnzach, 13.10.2021
Seigner, E., Lutz, A.	Tango, die neue Hüller Aromasorte	Gesellschaft für Hopfenforschung	Technisch-Wissenschaftlicher Ausschuss der GfH	Hüll, 24.3.2021
Seigner, E., Lutz, A.	Züchtung - Forschung - Klimaanpassung	Verband Deutscher Hopfenpflanzer; Industrieverband Agrar; Gesellschaft für Hopfenforschung	Industrieverband Agrar, BVL, JKI, Verband Deutscher Hopfenpflanzer	Buch - Aiglsbach, 22.7.2021
Weihrauch, F.	Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau	AELF Pfaffenhofen	Behördenleitung AELF Pfaffenhofen a.d.Ilm	Pfaffenhofen a.d. Ilm, 8.2.2021
Weihrauch, F.	Forschungsprojekte 2020 an der LfL zum Thema ‚Kupferminimierung im Öko-Hopfen‘ sowie ‚Hopfen und Artenvielfalt‘	Bioland e.V.	Akteure aus dem ökologischen Hopfenbau (Biobauern, Fachberater)	Online-Veranstaltung, 9.2.2021
Weihrauch, F.	Artenvielfalt im Hopfenbau: Das Konzept der ‚Biodiversitätskulisse Eichelberg‘	Julius Kühn-Institut	Nationale Akteure aus dem Bereich Pflanzenschutz	Online-Veranstaltung, 21.9.2021
Weihrauch, F.	Erfahrungen mit der Regulierung des Hopfen-Erdflöhs <i>Psylliodes attenuatus</i> im Ökologischen Hopfenbau	LfL	Wissenschaftler und Berater im Ökologischen Landbau	Online-Veranstaltung, 16.3.2021
Weihrauch, F.	Vorstellung der Biodiversitätskulisse Eichelberg	IGN	Mitgliedsbetriebe der Interessensgemeinschaft Niederlauterbach (IGN) e.V.	Eichelberg, 19.4.2021
Weihrauch, F., Obermaier, M.	Forschungsprojekte 2021 in Hüll aus dem Themenkreis Ökologie und Pflanzenschutz im Hopfenbau	Biobetrieb Bentele	Umstellungs- und Bio-Hopfenbaubetriebe aus Tettngang und dem Elsass	Tettngang-Wellmuthsweiler, 1.7.2021

Referenten	Thema/Titel	Veranstalter	Zielgruppe	Ort, Datum
Weihrauch, F., Obermaier, M.	Induzierte Resistenz im Hopfenanbau gegen Spinnmilben: Analyse und Verwertung als Baustein im integrierten Pflanzenschutz	Deutsche Bundesstiftung Umwelt	Wissenschaftler aus dem Bereich Pflanzenschutz	Osnabrück, 16.9.2021
Weihrauch, F., Obermaier, M.	„Biodiversitätskulisse Eichelberg“: Artenvielfalt im Einklang mit Hopfenbau	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	Vorstand der Gesellschaft für Hopfenforschung	Hüll, 24.11.2021
Weihrauch, F., Obermaier, M.	„Biodiversitätskulisse Eichelberg“: Artenvielfalt im Einklang mit Hopfenbau	LfL	Hopfenpflanzer	Geisenfeld, 5.8.2021
Weihrauch, F., Obermaier, M.	„Biodiversitätskulisse Eichelberg“: Artenvielfalt im Einklang mit Hopfenbau	Ring Junger Hopfenpflanzer	Hopfenpflanzer	Geisenfeld, 3.8.2021

9.3.8 Rundfunk und Fernsehen

Sende-datum	Personen	Titel	Serie	Sender
26.05.2021	Lutz, A.; Obermaier, M.; König, W.	Miteinander - Anpacken im Hopfenforschungszentrum	Miteinander Anpacken in der Region	TV Ingolstadt
23.07.2021	Lutz, A.; Obster, R.	Pflanzenschutz im Hopfenbau macht Probleme	News aktuell	TV Ingolstadt
12.08.2021	Lutz, A.	Heimatgeschichtn – im Hopfenforschungszentrum Hüll	Heimat-gschichtn	TV Ingolstadt
19.09.2021	A. Lutz	Neuer Hopfen aus Oberbayern	Schwaben und Altbayern	BR
05.11.2021	Lutz, A.; Obster, R.	Panel Discussion about the state of German Hops – CBC 20201, recorded October 13, 2021	BEER CULTURE SUMMIT 2021	online podcast USA

9.3.9 Praktika

Thema	Betreuer	Praktikanten-typ	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)	01.03.2021	30.07.2021

Thema	Betreuer	Praktikanten- typ	Beginn	Ende
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.; Lutz, K.	Schüler(in)	14.06.2021	18.06.2021
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	Schüler(in)	15.02.2021	09.07.2021
Forschung rund um den Hopfen	Weihrauch, F.	Student(in) Universität	01.06.2021	30.09.2021
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	Schüler(in)	19.07.2021	23.07.2021
Forschung rund um den Hopfen	Lutz, A.	Schüler(in)	15.02.2021	09.07.2021

9.3.10 Führungen

Datum	Name	Thema/ Titel	Gäste	TZ
11.06.2021	Doleschel, P. Kammhuber, K.; Lutz, A.; Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfen- züchtung, Hopfenanalytik, Bierver- kostung	Ehemalige des Bundes der Dt. Landjugend, Herr Opperer	30
24.03.2021	Doleschel, P. Lutz, A. Weihrauch, F. Kammhuber, K.; Lutz, K.	Hopfenzüchtung, Ökologische Fra- gen im Hopfenbau, Hopfenanalytik, Pflanzenschutz im Hopfenbau	Präsident der LfL, S. Sedlmayer	5
02.08.2021	Euringer, S.	Pflanzenschutzversuche, Hopfen- putzen, Beloukha	Fa. Belchim (Belgien)	5
16.09.2021	Kammhuber, K.	Hopfenforschung Hüll mit Schwerpunkt Analytik	ehemalige Lebens- mittelchemiker	20
30.07.2021	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfen- züchtung, Hopfensorten, Bierver- kostung	Präsident der LfL, S. Sedlmayer und Vor- standschaft Remonte Bräu Schleißheim	8
11.10.2021	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfen- züchtung, Sorten	ABInBev	3
14.10.2021	Lutz, A.	Hopfenforschung der LfL, Hopfen- züchtung, Sorten, Aroma und Bier- verkostung	Ratsherrn Brauerei	4
21.07.2021	Lutz, A.	Hopfensorten	Landwirtschaftl. Fach- schule Pfaffenhofen	15
18.08.2021	Lutz, A.	Hopfensorten und Erntetermine	ISO-Hopfenbetriebe	105
29.04.2021	Lutz, A.	Hopfenzüchtung und Hüller Sorten	TUM, Forschungsbrauerei	5
19.07.2021	Lutz, A.	Hopfenzüchtung und Sorten	Brauerei Planck	2
22.07.2021	Lutz, A.	Hopfenzüchtung und Sorten, Bier- verkostung	Gartenbauverein Wolnzach	20
12.05.2021	Lutz, A.	Hopfenzüchtung und neue Sorten aus Hüll	Brauer	1
03.08.2021	Lutz, A.	Hopfenzüchtung, Hopfensorten und Aroma, Bierverkostung	Maschinen- und Betriebshilfsring Ilmtal	20

Datum	Name	Thema/ Titel	Gäste	TZ
18.08.2021	Lutz, A.	Hopfenzüchtung, Hopfensorten, Erntetermin	Hopfenring, Versuchsbetreuer	5
24.07.2021	Lutz, A.	Hopfenzüchtung, Sorten und Bierverkostung	Gartenbauverein Niederlauterbach	20
25.08.2021	Lutz, A.	Hopfenzüchtung, Sorten, Hopfenreifezeit	BayWa	10
08.07.2021	Lutz, A. Seigner, E. Kammhuber, K.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfensorten und deren Einsatz in Bieren, Hopfenanalytik	Studenten Doemens	25
20.07.2021	Lutz, A. Seigner, E. Kammhuber, K.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfensorten und ihr Einsatz in Bieren, Hopfenanalytik	Studenten TUM, Brautechnologie und Doemens	30
15.09.2021	Portner, J.	Führung durch das Haus des Hopfens und Besprechung von Hopfenthemen mit den Hopfenorganisationen	Präsident S. Sedlmayer	6
09.09.2021	Seigner, E.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfensorten, Peronospora-Prognosesystem, Hopfenernte	Brauerei Arco-Valley	10
30.08.2021	Seigner, E.	Hopfenforschung, Hopfenzüchtung, Sorten, Prognosesysteme	ABInBev	45
23.09.2021	Seigner, E.	hop research of the LfL, hop breeding, hop varieties, plant protection, disease forecasting systems, hop harvest	Molson Coors Beverage Company, Christian Hansen Group - Biotechnology	3
30.09.2021	Seigner, E.; Euringer, S.	hop research of the LfL, hop breeding, hop cultivars, hop aroma, plant protection	ABInBev - Finanzmanagement-Gruppe	19
01.09.2021	Seigner, E.; Forster, B.	Biotechnologie und Genomanalyse in der Hopfenforschung der LfL	Doemens, Dr. Plapperer	1
09.09.2021	Seigner, E.; König, W., GfH	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Pero-Warnsystem, Hopfenernte, Bierverskostung	KUS, Landkreis Pfaffenhofen	11
25.08.2021	Seigner, E.; Lutz, A.	Hopfenforschung, Hopfenzüchtung, Sorten, Aromabewertung	Erdinger Weissbier, Brauerei	3
10.09.2021	Seigner, E. Obermaier, M. Kammhuber, K.	Hopfenforschung der LfL, Hopfenzüchtung, Hopfen-sorten, Hopfenernte, Ökologischer Hopfenbau, Hopfenanalytik	Brauer und Influencer	20
19.08.2021	Weihrauch, F.	Vorstellung Biodiversitätskulissee Eichelberg; Hopfen und Artenvielfalt	KUS Landkreis Pfaffenhofen	12

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
Euringer, S.	Testgremium für Pflanzkartoffeln in Bayern
	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)
Lutz, K.	Gesellschaft für Hopfenforschung
Münsterer, J.	Prüfungsausschuss für den Ausbildungsberuf Landwirt am Fortbildungsamt Landshut
Portner, J.	AG Nachhaltigkeit im Hopfenbau
	EU Commodity Expert Group Minor Uses Hops
	JKI - Fachbeirat Geräte-Anerkennungsverfahren zur Beurteilung von Pflanzenschutzgeräten
	Meisterprüfungsausschuss Regierung von Oberbayern für den Ausbildungsberuf Landwirt
Seigner, E.	Gesellschaft für Hopfenforschung
	Gesellschaft für Pflanzenzüchtung
Weihrauch, F.	Arbeitsgemeinschaft Bayerischer Entomologen e.V.
	British Dragonfly Society
	DGaaE, AK Neuropteren
	DPG, Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft
	DgaaE, AK Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden
	DgaaE, Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie
	DgfO, Deutsche Gesellschaft für Orthopterologie
	EU Commodity Expert Group (CEG) Minor Uses in Hops
	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
	Wissenschaftlich-Technische Kommission des Internationalen Hopfenbaubüros
Worldwide Dragonfly Society	

10 Unser Team

Für die Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Hüll / Wolnzach / Freising waren im Jahre 2021 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

IPZ 5b

AG Pflanzenschutz im Hopfenbau

Leitung: Simon Euringer

Anna Baumgartner

Maria Felsl

Korbinian Kaindl

Kathrin Lutz

Marlene Mühlbauer

Regina Obster

Johann Weiher

Florian Weiß (ab 25.10.2021)

IPZ 5c

AG Züchtungsforschung Hopfen

Leitung: RD Dr. Elisabeth Seigner (bis 30.11.2021)

stellvertr. Leitung LR Anton Lutz (ab 01.12.2021)

Brigitte Brummer
LTA Renate Enders
CTA Brigitte Forster
Stephan Gast (bis 31.03.2021)
CTA Petra Hager
LTA Brigitte Haugg
Maximilian Heindl
Agr.-Techn. Daniel Ismann
LTA Jutta Kneidl
Katja Merkl
Sonja Ostermeier
Ursula Pflügl
Andreas Roßmeier
Maximilian Schleibinger (ab 07.06.2021)

IPZ 5d

AG Hopfenqualität und -analytik

Leitung: RD Dr. Klaus Kamhuber

Sandra Beck (ab 16.08.2021)
MTLA Magdalena Hainzmaier
CL Evi Neuhof-Buckl
Dipl.-Ing. agr. (Univ.) Cornelia Petzina (bis 30.04.2021)
CTA Silvia Weihrauch
CTA Birgit Wyszkon

IPZ 5e

AG Ökologische Fragen des Hopfenbaus

Leitung: Dipl.-Biol. Dr. Florian Weihrauch

M.Sc. Maria Obermaier

Notizen

Notizen

Notizen
