



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.

Jahresbericht 2023

Sonderkultur Hopfen



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

- Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung -
und

Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.

März 2024



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: 08161 8640-2300

1. Auflage: März 2024

Druck: XXX

Schutzgebühr: 15,00 Euro

© LfL



Jahresbericht 2023
Sonderkultur Hopfen

Vorwort

Nach der außergewöhnlich schwachen Welt-Hopfenernte 2022 lagen die Hoffnungen für die Hopfenproduktion auf dem Anbaujahr 2023. Doch die Wachstumsbedingungen in Mitteleuropa waren auch im Sommer 2023 wiederholt von zahlreichen Hitzetagen und von ausbleibenden Niederschlägen über längere Zeiträume gekennzeichnet. Viel schneller als uns die unterschiedlichsten Klimamodelle die Folgen des fortschreitenden Klimawandels prognostizierten, beobachten wir extreme Klimaveränderung, die einen entscheidenden Einfluss auf die Hopfenproduktion in Mitteleuropa nehmen. Insbesondere die lange Trockenperiode von Mitte Mai bis Ende Juni 2023 setzte den Hopfenpflanzen stark zu, was sich bis zur Ernte qualitativ und vor allem quantitativ negativ auswirkte.

Um den vielfältigen Auswirkungen des Klimawandels entschieden entgegenzutreten, und auch zukünftig in Deutschland wettbewerbsfähig, qualitativ hochwertigen Hopfen für die Brauwirtschaft produzieren zu können, gilt es in vielen Bereichen zu optimieren, altbewährtes zu hinterfragen und neue Techniken und innovative Denkmodelle zuzulassen. Die Ansatzpunkte für unsere Forschungsarbeit gehen dabei in zwei Richtungen: Einerseits arbeiten wir an Modellen und Praktiken zur Verbesserung der Nachhaltigkeit in der Hopfenproduktion mit dem Ziel der Ursachenbekämpfung des Klimawandels. Andererseits stellen wir uns strategisch neu auf, damit wir die Herausforderungen des Hopfenanbaus und der Hopfenversorgung von morgen meistern können.

Einen fundamentalen, jedoch sehr langwierigen Lösungsansatz bietet die Neuzüchtung von klimaangepassten und gesünderen Hopfensorten; ein auch für die Brauwirtschaft gewöhnungsbedürftiger Weg, den wir mit der Vorstellung mehrerer Neuzüchtungen insbesondere aber mit der Hochalphasorte TITAN und der Aromasorte Tango bereits erfolgreich eingeschlagen haben. Weitere Arbeiten am Hopfenforschungszentrum Hüll (IPZ5) wie beispielsweise zur Optimierung der Hopfen-Trocknung sparen Primärenergie, reduzieren den Ausstoß von CO₂ und erhalten die Qualität des Hopfens. Neuartige Ansätze im Arbeitsbereich Pflanzenschutz nutzen die natürlichen Abwehrmechanismen der Hopfenpflanze zur Spinnmilbenbekämpfung und tragen gleichzeitig zum Erhalt der Biodiversität bei. Die Herausforderungen für den deutschen Hopfenanbau sind komplex und können nur gemeinsam von allen Beteiligten der gesamten Wertschöpfungskette Hopfen bewältigt werden. Mein Dank gilt deshalb allen, die über die Solidargemeinschaft der Gesellschaft für Hopfenforschung oder aktiv als Mitarbeiter am Hopfenforschungszentrum Hüll einen Beitrag zu den im Jahresbericht 2023 vorgestellten Forschungsergebnissen beigetragen haben.

Die Jahresberichte sind ab 2002 in deutscher und englischer Sprache im Internet zu finden, so dass viel wertvolles Wissen schnell abrufbar ist. Kreativität und Innovationen entstehen nicht aus dem nichts, sondern im interdisziplinären Austausch zwischen Wissenschaftlern weltweit. Uns ist es deshalb wichtig, Wissen zu fixieren, Erarbeitetes verfügbar zu machen und gemeinsam für eine nachhaltige und gedeihliche Entwicklung der Hopfenproduktion und des Brauwesens Sorge zu tragen.

Dr. Michael Möller
Vorsitzender des Vorstands
der Gesellschaft für Hopfenforschung

Dr. Peter Doleschel
Leiter des Instituts für
Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Inhaltsverzeichnis

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	13
2	Witterung und Wachstumsverlauf 2023	17
2.1	Witterung und Wachstumsverlauf.....	17
2.2	Situation bei Krankheits- und Schädlingsbefall	18
2.3	Besonderheiten 2023	18
3	Forschung und fachliche Daueraufgaben	21
3.1	IPZ 5a – Hopfenbau, Produktionstechnik	21
3.2	IPZ 5b – Pflanzenschutz im Hopfenbau.....	22
3.3	IPZ 5c – Züchtungsforschung Hopfen	23
3.4	IPZ 5d – Hopfenqualität und -analytik.....	24
3.5	IPZ 5e – Ökologische Fragen des Hopfenbaus	25
4	Hopfenbau, Produktionstechnik	26
4.1	N _{min} -Untersuchung 2023	26
4.2	Zusammenfassung der Forschungsarbeiten zur Stickstoffdynamik in Hopfenböden (ID 6054)	28
4.3	Gewinnung und Eignungsprüfung der Fasern aus der Hopfenpflanze zur Vliesstoffherstellung (ID 6907)	32
4.4	Untersuchungen zur Messung der Bodenfeuchte und zur Bewässerungssteuerung für eine ressourcenschonende Hopfenbewässerung (ID 6911)	42
4.5	Wärmebildtechnik als weiteres Hilfsmittel bei der Optimierung der Bandtrocknung	45
4.6	Testung verschiedener biologisch abbaubarer Materialien als Ersatz für die Kunststoffkordel am „Schnurdraht“	47
4.7	LfL-Projekte im Rahmen der Produktions- und Qualitätsinitiative	50
4.7.1	TS- und Alphasäurenmonitoring	50
4.7.2	Jährliche Erhebung und Untersuchung des Schädlingsbefalls in repräsentativen Hopfengärten in Bayern.....	54
4.7.3	Chlorophyllmessungen an Hopfenblättern zur Einschätzung der Stickstoffversorgung und des Düngedarfs.....	54

4.7.4	Ringanalysen zur Qualitätssicherung bei der Alphasäurenbestimmung für Hopfenlieferverträge	58
4.8	Beratungs- und Schulungstätigkeit.....	59
4.8.1	Informationen in schriftlicher Form	59
4.8.2	Internet und Intranet	59
4.8.3	Telefonberatung, Ansagedienste	59
4.8.4	Aus- und Fortbildung	60
5	Pflanzenschutz im Hopfen	61
5.1	Schädlinge und Krankheiten des Hopfens.....	61
5.1.1	Peronospora Warndienst 2023	61
5.2	Amtliche Mittelprüfung.....	62
5.2.1	Anlage eines Versuchsgartens für Wirksamkeitsversuche von Pflanzenschutzmitteln	63
5.2.2	Neue Versuchsspritze für die Amtliche Mittelprüfung	63
5.3	Resistenz- und Wirksamkeitstests gegen die Hopfen-Blattlaus im Sprühturm.....	64
5.4	Resistenz- und Wirksamkeitstests gegen den Hopfenerdfloh (<i>Psylliodes attenuatus</i> Koch) im Sprühturm	64
5.5	Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) zur Identifizierung von Hopfenmosaikvirus (HpMV) und Apfelmosaikvirus (ApMV) Infektion an Hopfen	65
5.6	Forschungsprojekt zum <i>Citrus bark cracking viroid</i> (CBCVd).....	66
5.7	CBCVd Monitoring 2023	67
5.8	GfH-Projekt zur <i>Verticillium</i> -Forschung	68
5.9	Innovative Strategien zur Bekämpfung der <i>Verticillium</i> -Welke in Hopfen	70
6	Züchtungsforschung Hopfen	72
6.1	Kreuzungen 2023 und Weiterentwicklung von erfolgversprechenden Zuchtstämmen	72
6.2	Forschung und Arbeiten zur <i>Verticillium</i> -Problematik bei Hopfen – Molekularer Nachweis von <i>Verticillium</i> direkt aus der Rebe über Realtime-PCR.....	72
6.3	Entwicklung und Validierung geschlechtsspezifischer DNA-Marker für die Hopfenzüchtung	74
6.4	Verbesserung des Hopfenzüchtprozesses durch die Etablierung der genomweiten Vorhersage in Hopfen.....	75
7	Hopfenqualität und -analytik.....	79
7.1	Allgemeines.....	79

7.2	Welche Ansprüche bezüglich seiner Inhaltsstoffe soll der Hopfen in Zukunft erfüllen?	80
7.2.1	Anforderungen der Brauindustrie.....	80
7.2.2	Alternative Anwendungsmöglichkeiten.....	82
7.3	Die ätherischen Öle des Hopfens	85
7.4	Welthopfensortiment (Ernte 2022).....	89
7.5	Qualitätssicherung bei der alpha-Säurenanalytik für Hopfenlieferungsverträge	93
7.5.1	Ringanalysen zur Ernte 2023	93
7.5.2	Auswertung von Kontrolluntersuchungen	96
7.5.3	Nachuntersuchungen der Ernte 2023	98
7.6	Untersuchungen zur Biogenese der Bitterstoffe und Öle von neuen Zuchtstämmen	100
7.7	Entwicklung von NIRS-Kalibrierungen auf Basis von Konduktometer- und HPLC-Daten mit dem neuen Nahinfrarot-Reflektions-Spektroskopie-Gerät	102
7.8	Alpha-Säuren-Stabilität der neuen Hüller Zuchtsorten gegenüber Jahrgangsschwankungen	104
7.9	Etablierung der Analytik von Alkaloiden in Lupinen.....	106
7.10	Kontrolle der Sortenechtheit im Jahr 2023	107
8	Ökologische Fragen des Hopfenbaus.....	108
8.1	Weiterentwicklung kulturspezifischer Strategien für den ökologischen Pflanzenschutz mit der Hilfe von Sparten-Netzwerken – Sparte Hopfen	108
8.2	Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau	109
8.3	Entwicklung einer technischen Möglichkeit zur Raubmilbenausbringung	113
8.4	Induzierte Resistenz gegen Spinnmilben im Hopfen	116
9	Veröffentlichungen und Fachinformationen	120
9.1	Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit	120
9.2	Veröffentlichungen.....	120
9.2.1	Arbeitsgruppensitzungen.....	120
9.2.2	Durchgeführte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops	120
9.2.3	Führungen, Exkursionen	121
9.2.4	Internetbeiträge.....	124
9.2.5	Poster.....	124
9.2.6	Rundfunk und Fernsehen	124

9.2.7	Veröffentlichungen.....	125
10	Unser Team	128

1 Statistische Daten zur Hopfenproduktion

LD Johann Portner, Dipl.-Ing. agr.

1.1 Anbaudaten

1.1.1 Struktur des Hopfenanbaus

Tab. 1: Zahl der Hopfenbaubetriebe und deren Hopfenfläche in Deutschland

Jahr	Zahl der Betriebe	Hopfenfläche je Betrieb in ha	Jahr	Zahl der Betriebe	Hopfenfläche je Betrieb in ha
1975	7.654	2,64	2010	1.435	12,81
1980	5.716	3,14	2015	1.172	15,23
1985	5.044	3,89	2020	1.087	19,05
1990	4.183	5,35	2021	1.062	19,42
1995	3.122	7,01	2022	1.053	19,57
2000	2.197	8,47	2023	1.041	19,82
2005	1.611	10,66			

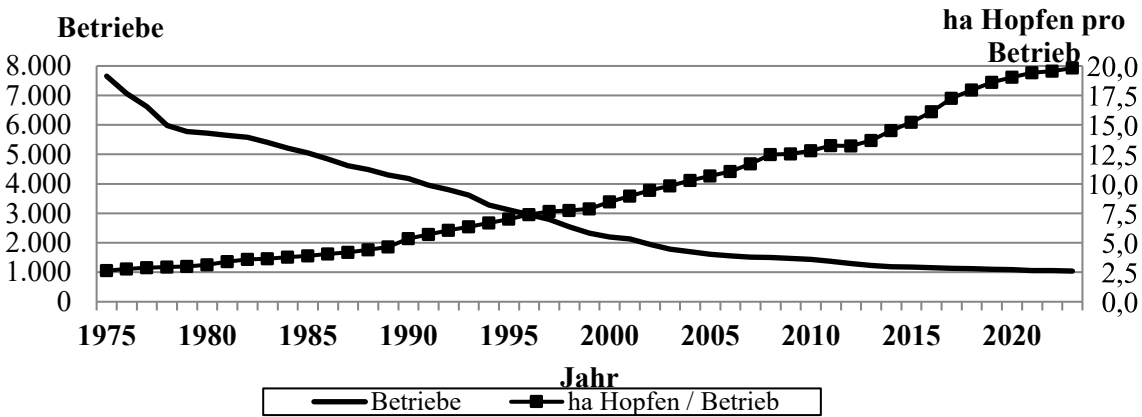


Abb. 1: Zahl der Hopfenbaubetriebe und deren Hopfenfläche in Deutschland

Tab. 2: Anbaufläche, Zahl der Hopfenbaubetriebe und durchschnittliche Hopfenfläche je Betrieb in den deutschen Anbaugebieten

Anbauggebiet	Hopfenanbauflächen				Hopfenbaubetriebe				Hopfenfläche je Betrieb in ha	
	in ha		Zunahme + / Abnahme - 2023 zu 2022				Zunahme + / Abnahme - 2023 zu 2022		2022	2023
	2022	2023	ha	%	2022	2023	Betriebe	%		
Hallertau	17.111	17.129	18	0,1	854	841	- 13	- 1,5	20,04	20,37
Spalt	409	403	- 6	- 1,5	44	44	± 0	± 0	9,30	9,16
Tett nang	1.497	1.517	20	1,3	124	124	± 0	± 0	12,07	12,23
Baden, Bitburg u. Rheinpfalz	12	18	6	47,5	2	2	± 0	± 0	6,00	8,85
Elbe-Saale	1.575	1.563	- 13	- 0,8	29	30	1	3,4	54,33	52,09
Deutschland	20.605	20.629	24	0,1	1 053	1 041	- 12	- 1,1	19,57	19,82

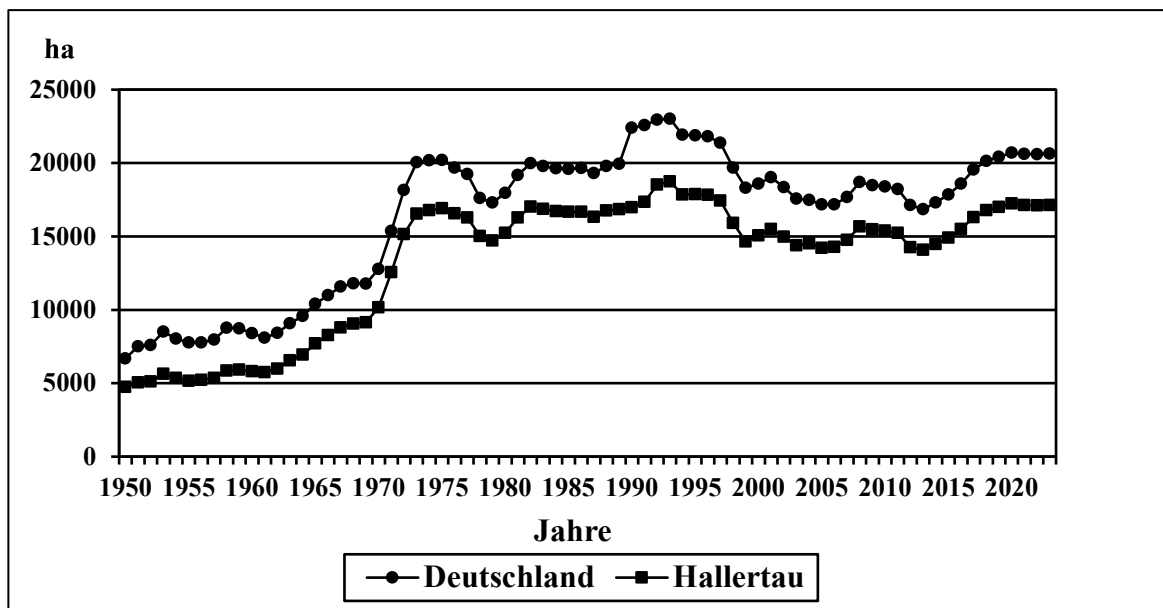


Abb. 2: Hopfenanbauflächen in Deutschland und in der Hallertau

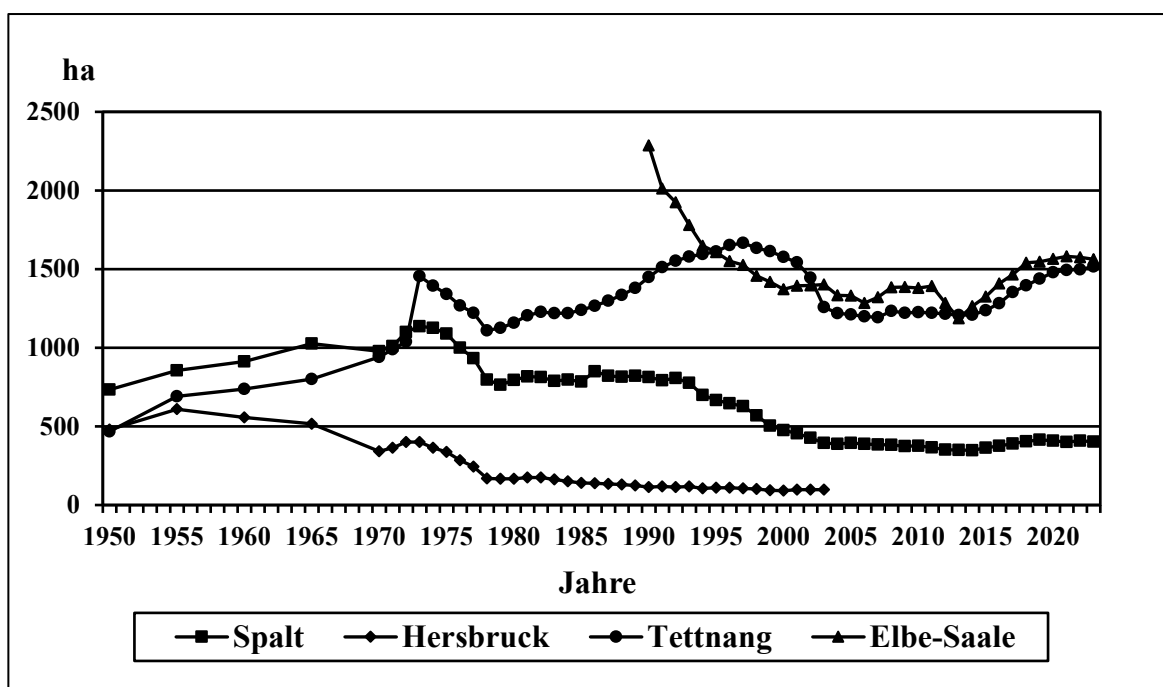


Abb. 3: Hopfenanbauflächen in den Gebieten Spalt, Hersbruck, Tett nang und Elbe-Saale

Das Anbaugebiet Hersbruck gehört seit 2004 zur Hallertau.

1.1.2 Hopfensorten

Mit einem Rückgang von 24 ha blieb die Hopfenanbaufläche in Deutschland 2023 mit 20.629 ha nahezu konstant.

Der Anteil der Aromasorten ging um 428 ha weiter auf 50,3 % zurück. Die Statistik weist insgesamt 37 verschiedene Aromasorten auf 10.374 ha aus. Die meisten Aromasorten haben an Fläche eingebüßt. Den größten Flächenrückgang in diesem Segment hatten die Hauptsorten Perle (- 119 ha) und Hallertauer Tradition (- 84 ha) zu verzeichnen. Daneben gab es

auch deutliche Rodungen bei Amarillo, bei den Landsorten und feineren Aromahopfen sowie den früheren „Flavorsorten“. Nennenswerte Flächenzuwächse gab es bei den neueren Aromasorten wie Tango und Akoya.

Die Bitterhopfenfläche hat um 451 ha erneut zugenommen und nimmt mit 10.255 ha einen Anteil von 49,7 % ein. Wieder sind bei den älteren Bittersorten Hallertauer Magnum (- 43 ha), Hallertauer Taurus (- 14 ha) und Nugget (- 9 ha) Flächenrückgänge zu verzeichnen. Die alphasäurenbetonten Sorten Herkules (+ 356 ha) und Polaris (+ 67 ha) dagegen konnten erneut an Fläche gewinnen. Damit ist Herkules mit Abstand die größte Hopfensorte in Deutschland (7.498 ha) und wird auf mehr als einem Drittel der Hopfenfläche angebaut. Neu in diesem Segment ist die Hochalphasorte Titan mit einer Anbaufläche von 94 ha.

Tab. 3: Hopfensorten in den deutschen Anbaugebieten in ha im Jahre 2023

Aromasorten

Sorte								
Akoya	112		5	14		131	0,6	8
Amarillo	89		0	2		90	0,4	-48
Amira	2					2	0,0	2
Ariana	48	4	2			54	0,3	-18
Aurum	0		4			4	0,0	0
Brewers Gold	14					14	0,1	0
Brokat	0					0	0,0	0
Callista	33	1	8	14		56	0,3	-4
Cascade	55	4	3	3	1	65	0,3	3
Chinook	0					0	0,0	0
Comet	5					5	0,0	0
Diamant	11	9	0			20	0,1	4
Hallertau Blanc	92	2	13	5		112	0,5	-15
Hallertauer Gold	5	2				7	0,0	0
Hallertauer Mfr.	448	27	138	2		615	3,0	-21
Hallertauer Tradition	2.486	40	107	67	2	2.702	13,1	-84
Herbrucker Pure	1	1				2	0,0	-1
Hersbrucker Spät	778	6	0			785	3,8	-25
Hüll Melon	36	5	7			48	0,2	-9
Lilly	0					0	0,0	0
Mandarina Bavaria	170	3	10	4		187	0,9	-8
Monroe	9		2			11	0,1	-7
Northern Brewer	83			109		192	0,9	-38
Opal	133	1	3			137	0,7	2
Perle	2.765	42	143	280	7	3.235	15,7	-119
Relax	2					2	0,0	-2
Rottenburger			1			1	0,0	0
Saazer	5			151		156	0,8	-5
Samt	0					0	0,0	0
Saphir	255	18	41	16		330	1,6	-44
Smaragd	43	1	14			57	0,3	-9
Solero	9		2			11	0,1	-2
Sarachi Ace	0					0	0,0	0
Spalter	0	106				106	0,5	0
Spalter Select	417	79	27	4		528	2,6	-10
Tango	55	1	2	3	0	62	0,3	30
Tettnanger			646			646	3,1	-8
Gesamt (ha)	8.161	352	1.178	673	10	10.374	50,3	-428
Anteil (%)	39,6	1,7	5,7	3,3	0,0	50,3		-2,1

Bittersorten

Sorte								
Eureka (EUE05256)	6					6	0,0	4
Hallertauer Magnum	1.159	1		610		1.770	8,6	-43
Hallertauer Merkur	2	3		1		6	0,0	0
Hallertauer Taurus	143	1	0	3		147	0,7	-14
Herkules	7.002	44	309	134	8	7.498	36,3	356
Nugget	100			1		101	0,5	-9
Polaris	410		25	126		561	2,7	67
Record	1					1	0,0	0
Titan	87	1	2	3		94	0,5	94
Xantia	16					16	0,1	6
Sonstige	42		2	12		56	0,3	-10
Gesamt (ha)	8.968	51	339	890	8	10.255	49,7	451
Anteil (%)	43,5	0,2	1,6	4,3	0,0	49,7		2,2

Alle Sorten

Sorte								
Gesamt (ha)	17.129	403	1.517	1.563	18	20.629	100,0	24
Anteil (%)	83,0	2,0	7,4	7,6	0,1	100,0		0,1

1.2 Erntemengen, Erträge und Alphasäuregehalte

Die Hopfenernte 2023 in Deutschland betrug 41.234.230 kg (= 824.625 Ztr.) und lag damit fast 20 % über der schlechten Vorjahresernte von 34.405.840 kg (688.117 Ztr.). Gegenüber der guten Ernte 2021 (47.862.190 kg) fehlten aber immer noch 16 %.

Mit durchschnittlich 1.999 kg/ha bezogen auf die Gesamtfläche liegt der Hektarertrag 329 kg/ha über dem Vorjahresniveau, aber immer noch unter dem Durchschnitt der letzten Jahre.

Bei den Alphasäuregehalten war ein sehr unterschiedliches Bild festzustellen. Bei einigen Sorten lag der Wert sogar unter dem schlechten Vorjahresergebnis. Insbesondere bei der Sorte Herkules war nach der Ernte in der Hallertau ein durchschnittlicher Alphasäuregehalt in Höhe von nur 13,9 % gemessen worden. Das ist der niedrigste Durchschnittswert, der je für diese Sorte ermittelt wurde. Multipliziert mit der Erntemenge war dies nur 2/3 der

Alphamenge der sehr guten Ernte 2021. Viele Sorten hingegen lagen im Alphasäuregehalt über dem schlechten Vorjahresniveau oder übertrafen sogar das langjährige Mittel wie z. B. Hersbrucker, Spalter Select oder Nugget. Insgesamt dürfte die produzierte Alphasäuremenge in Deutschland bei 4.170 t und somit 12 % über dem Vorjahresergebnis liegen.

Tab. 4: Erntemengen und Hektarerträge von Hopfen in Deutschland

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ertrag kg/ha bzw. (Ztr./ha)	2.075 kg (41,5 Ztr.)	2.374 kg (47,5 Ztr.)	2.264 kg (45,3 Ztr.)	2.321 kg (46,4 Ztr.)	1.670 kg (33,4 Ztr.)	1.999 kg (40,0 Ztr.)
Anbaufläche in ha	20.144	20.417	20.706	20.620	20.605	20.629
Gesamternte in kg bzw. 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.	34.405.840 kg = 688.117 Ztr.	41.234.230 kg = 824.685 Ztr.
Ø Alpha-säuregehalt in %	9,6	10,9	11,6	13,0	10,8	10,1
Erzeugte Alphamenge in t	4.000 t	5.260 t	5.460 t	6.240 t	3.720 t	4.170 t

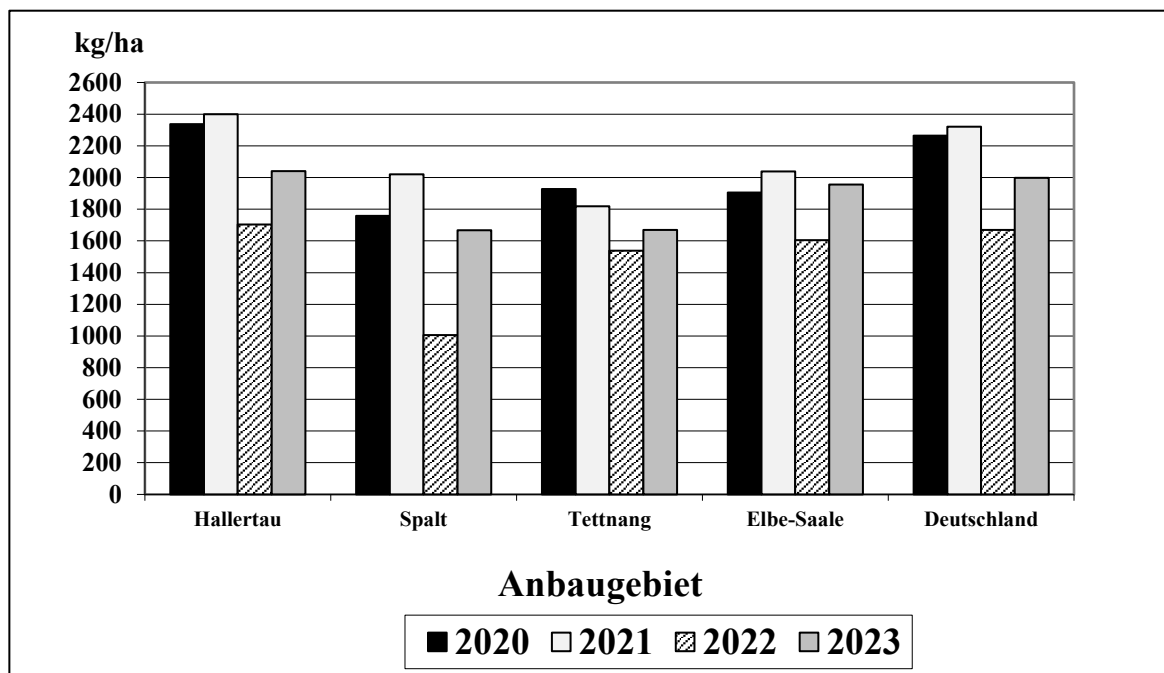


Abb. 4: Durchschnittserträge der einzelnen Anbauggebiete in kg/ha

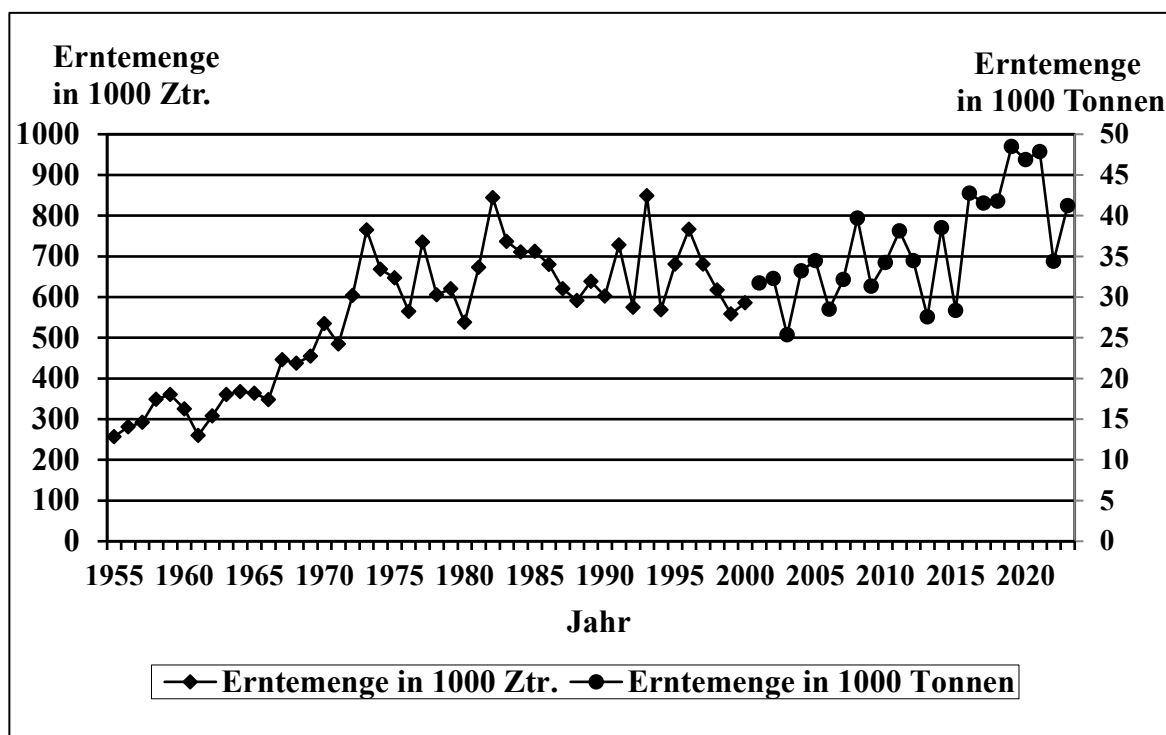


Abb. 5: Erntemengen in Deutschland

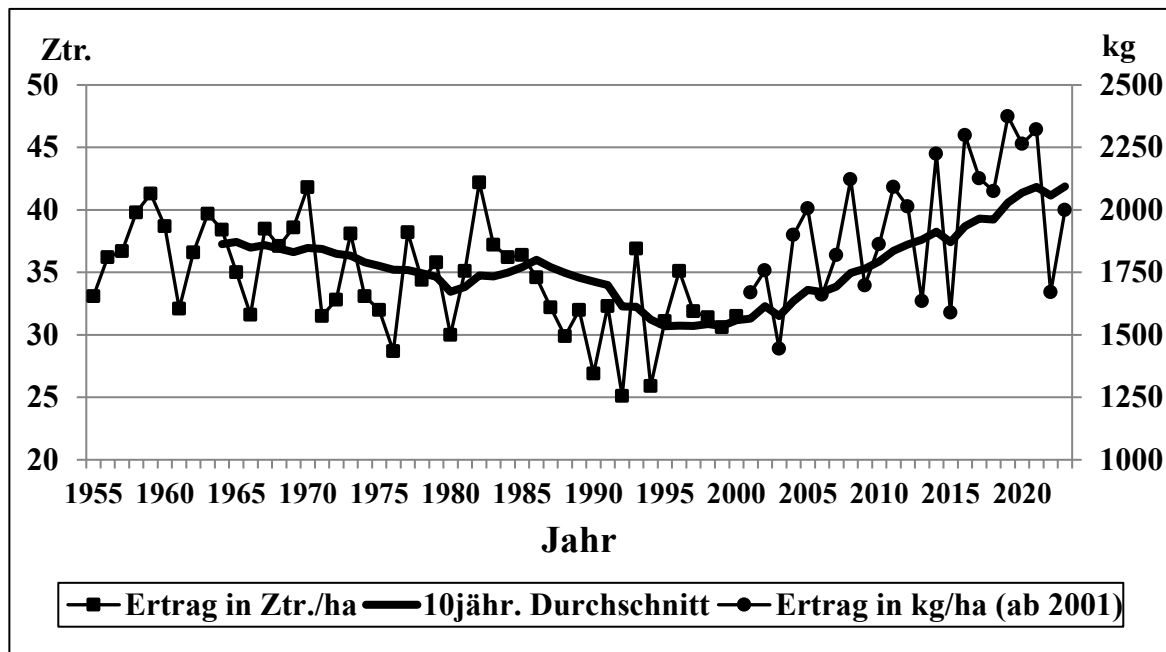


Abb. 6: Durchschnittsertrag (Ztr. bzw. kg/ha) in Deutschland

Tab. 5: Hektar-Erträge in den deutschen Anbaugebieten

Anbaugebiet	Erträge in kg/ha Gesamtfläche								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Hallertau	1.601	2.383	2.179	2.178	2.441	2.338	2.400	1.704	2.040
Spalt	1.038	1.942	1.949	1.564	1.704	1.759	2.020	1.005	1.668
Tettnang	1.370	1.712	1.677	1.486	2.024	1.927	1.818	1.538	1.670
Bad. Rheinpf./ Bitburg	1.815	1.957	1.990	1.985	2.030	2.003	973	1.017	1.299
Elbe-Saale	1.777	2.020	2.005	1.615	2.150	1.906	2.038	1.704	1.956
Ø Ertrag je ha Deutschland	1.587 kg	2.299 kg	2.126 kg	2.075 kg	2.374 kg	2.264 kg	2.321 kg	1.670 kg	1.999 kg
Gesamternte Deutschland (t bzw. Ztr.)	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	34.406 t 688.117	41.234 t 824.685
Anbaufläche Deutschland (ha)	17.855	18.598	19.543	20.144	20.417	20.706	20.620	20.605	20.629

Tab. 6: Alpha-Säurenwerte der einzelnen Hopfensorten in Deutschland

Anbaugebiet/Sorte	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Ø 5 Jahre	Ø 10 Jahre
Hallertau Hallertauer	4,0	2,7	4,3	3,5	3,6	4,1	4,5	5,2	3,1	2,9	4,0	3,8
Hallertau Hersbrucker	2,1	2,3	2,8	2,3	2,0	2,5	3,3	4,6	1,9	3,0	3,1	2,7
Hallertau Hall. Saphir	3,9	2,5	4,0	3,0	3,3	3,3	4,2	4,3	2,6	3,1	3,5	3,4
Hallertau Opal	7,3	5,9	7,8	7,2	6,4	7,3	8,5	8,7	6,1	6,7	7,5	7,2
Hallertau Smaragd	4,7	5,5	6,2	4,5	3,0	5,0	5,8	7,6	4,0	5,4	5,6	5,2
Hallertau Perle	8,0	4,5	8,2	6,9	5,5	6,7	7,4	9,0	4,9	6,0	6,8	6,7
Hallertau Spalter Select	4,7	3,2	5,2	4,6	3,5	4,4	5,2	6,4	3,3	4,7	4,8	4,5
Hallertau Hall. Tradition	5,8	4,7	6,4	5,7	5,0	5,4	6,3	6,1	5,2	4,9	5,6	5,6
Hallertau Mand. Bavaria	7,3	7,0	8,7	7,3	7,5	7,9	9,0	9,9	8,2	7,9	8,6	8,1
Hallertau Hall. Blanc	9,0	7,8	9,7	9,0	8,8	9,0	10,9	9,9	8,1	8,7	9,3	9,1
Hallertau Huell Melon	5,4	5,8	6,8	6,2	5,8	6,6	7,2	8,4	6,3	6,9	7,1	6,5
Hallertau North. Brewer	9,7	5,4	10,5	7,8	7,4	8,1	9,1	10,5	6,4	7,5	8,3	8,2
Hallertau Polaris	19,5	17,7	21,3	19,6	18,4	19,4	20,6	21,5	18,5	18,0	19,6	19,5
Hallertau Hall. Magnum	13,0	12,6	14,3	12,6	11,6	12,3	14,2	16,0	12,2	11,8	13,3	13,1
Hallertau Nugget	9,9	9,2	12,9	10,8	10,1	10,6	12,0	11,1	9,9	11,9	11,1	10,8
Hallertau Hall. Taurus	17,4	12,9	17,6	15,9	13,6	16,1	15,5	17,8	14,6	13,8	15,6	15,5
Hallertau Herkules	17,5	15,1	17,3	15,5	14,6	16,2	16,6	18,5	15,4	13,9	16,1	16,1
Tettnang Tettnanger	4,1	2,1	3,8	3,6	3,0	3,8	4,3	4,7	2,6	2,6	3,6	3,5
Tettnang Hallertauer	4,6	2,9	4,4	4,3	3,8	4,3	4,7	5,0	3,2	3,3	4,1	4,1
Spalt Spalter	3,4	2,2	4,3	3,2	3,5	3,9	4,7	5,2	2,8	3,0	3,9	3,6
Spalt Spalter Select	4,5	2,5	5,5	5,2	2,9	4,1	4,7	6,4	2,8	5,4	4,7	4,4
Elbe-S. Hall. Magnum	11,6	10,4	13,7	12,6	9,3	11,9	11,9	13,8	12,0	14,2	12,8	12,1

Quelle: Arbeitsgruppe Hopfenanalyse (AHA)

2 Witterung und Wachstumsverlauf 2023

LD Johann Portner, LAR Stefan Fuß und Dipl.-Ing. Agr. A. Baumgartner

2.1 Witterung und Wachstumsverlauf

Das Hopfenjahr 2023 startete ungewöhnlich warm und trocken. Das Niederschlagsdefizit konnte erst im März und April ausgeglichen werden. Für das Aufdecken und Schneiden herrschten im März noch gute Bedingungen, aber der Austrieb und das Wachstum des Hopfens verzögerte sich im nasskalten April um 5-8 Tage, so dass mit dem Ausputzen und Anleiten des Hopfens nicht vor Ende April begonnen wurde. Der Mai war zweigeteilt. Während es bis Mitte des Monats noch kühl und regnerisch war, wurde es von einem auf den anderen Tag deutlich wärmer und es regnete nicht mehr. Mit dem Abtrocknen der Böden konnten ab Mitte Mai auch wieder notwendige Bodenbearbeitungs- und Pflegemaßnahmen durchgeführt werden. Die warme und trockene Witterung setzte sich auch im Juni fort. In der nördlichen Hallertau fielen im ganzen Monat weniger als 20 mm Niederschlag. Begünstigt durch Gewitterregen schnitt die südliche Hallertau besser ab, wo stellenweise bis zu 70 mm Regenmenge im Juni gemessen wurden. Mit 22 Sommertagen ($\geq 25^\circ\text{C}$) und 5 Hitzetagen ($\geq 30^\circ\text{C}$) war der Juni überdurchschnittlich warm und der Entwicklungsrückstand konnte bis Monatsende aufgeholt werden. Auf weniger guten Standorten und strukturschädigten Böden waren in Folge der anhaltenden Hitze und Trockenheit erste Wachstumsstörungen in Form von verkürzten Seitentrieben im oberen Bereich der Rebe zu erkennen. Auch im Juli ließ der ersehnte Regen auf sich warten. Erst im letzten Julidrittel kühlten die Temperaturen etwas ab und es waren nennenswerte Niederschläge zu verzeichnen. Für viele Hopfen kam der Witterungsumschwung allerdings zu spät, so dass sich bereits zu diesem Zeitpunkt Ertragseinbußen abzeichneten.

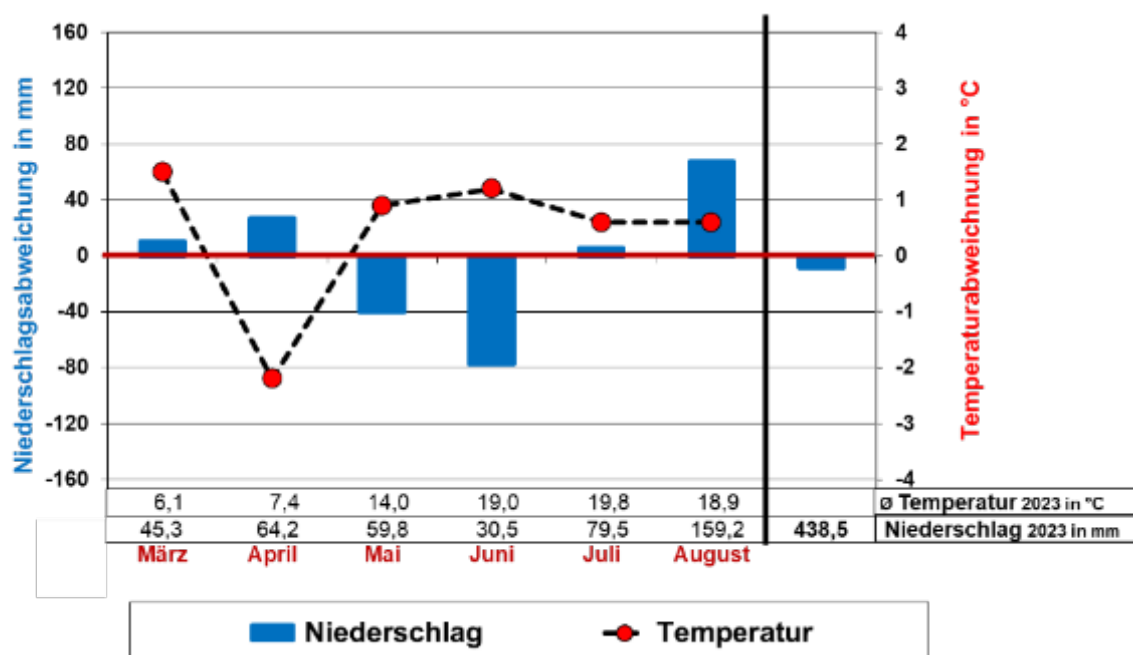


Abb. 7: Witterung während der Vegetationsperiode 2023 in Hüll als Abweichung der Monate vom 10-jährigen Durchschnitt

Der phasenweise kühlere und regenreiche August konnte nur zur Schadensbegrenzung beitragen und weitere Ertragsverluste verhindern. Witterungsbedingt ließ sich der Hopfen mit der Ausdoldung Zeit und der Beginn der Erntereife war mit Anfang September außergewöhnlich spät. Warmes und trockenes Erntewetter im September beschleunigte schließlich die Abreife. Starkniederschlagsereignisse während des Sommers 2023 gab es in der Hallertau kaum. So waren nur lokal Erosionsschäden zu verzeichnen. Insgesamt fielen während der Vegetationsperiode des Hopfens von März bis August am Standort Hüll mit 438 mm beinahe durchschnittliche Niederschlagsmengen, wobei die regionale und zeitliche Verteilung extrem unterschiedlich war und trotz scheinbar ausreichender Menge eine fatale Auswirkung auf den Ertrag und die Qualität des Hopfens hatte. Bewässerte Hopfen mit bedarfsgerechter und ausgewogener Ernährung der Pflanze über das Bewässerungswasser (Fertigation) bewies das zweite Jahr in Folge deutliche Vorteile in Bezug auf Ertrag und Alpha-säuregehalt und wird in Zukunft bei fortschreitendem Klimawandel unverzichtbar im Hopfenanbau sein.

2.2 Situation bei Krankheits- und Schädlingsbefall

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

Peronospora-Primärinfektionen traten während des kalten Frühjahrs nur vereinzelt auf. Erst nach dem Anstieg der Temperaturen ab Mitte Mai war ein stärkerer Ausbruch von Peronospora-Primärinfektionen zu verzeichnen. Die fehlenden Niederschläge und hohen Temperaturen verhinderten im weiteren Verlauf einen Anstieg der Zoosporangien und eine Infektion und Ausbreitung von Sekundärinfektionen, sodass die Sporenzahlen den Sommer über immer unter der Schadwelle blieben. Erst die ergiebigen Niederschläge ab Mitte Juli erhöhten die Peronosporagefahr, so dass je nach Erntereife 3-4 Bekämpfungsmaßnahmen notwendig waren.

Der Echte Mehltau war ebenfalls häufig in der Praxis zu finden. Das Schadausmaß blieb aber hinter den Vorjahren zurück. Dank der Notfallzulassung von „Luna Sensation“ hatten die Landwirte trotz der begrenzten Mittelpalette eine gute Möglichkeit der Bekämpfung und konnten den Erreger in Schach halten. Die trockene und heiße Sommerwitterung verhinderte auch ein größeres Schadausmaß der gefürchteten Verticilliumwelke.

Kaum Probleme bereiteten auch die tierischen Schaderreger Hopfenblattlaus und Gemeine Spinnmilbe. Hier reichte die einmalige Anwendung des Pflanzenschutzmittels Movento vielfach aus, dass die Blattlaus vollständig bekämpft wurde und aufgrund der Nebenwirkung gegen Spinnmilben keine Akarizidmaßnahmen notwendig waren.

Die weitere Verbreitung des 2019 erstmals in der Hallertau nachgewiesenen Zitrusviroids oder „Citrus Bark Cracking Viroid“ (CBCVd) wurde in einem freiwilligen Monitoring auch 2023 in Bayern wieder untersucht. Der Befall scheint nach wie vor sehr begrenzt zu sein und die Ausbreitung geht nur langsam voran und ist mit der Einhaltung strikter Hygienemaßnahmen beherrschbar.

2.3 Besonderheiten 2023

Besonders ausgeprägt und in Erinnerung bleiben wird der ausgeprägte Wechsel von intensiven Regenphasen und ausgedehnten Trockenperioden, der letztendlich in weiten Teilen der Hallertau zu niedrigen Erträgen und insbesondere bei der Hochalphasorte Herkules zu

schlechten Alphasäurenwerten geführt hat. Der niedrige Krankheitsdruck und die daraus resultierende gute äußere Qualität konnte dies nicht wettmachen oder darüber hinwegtäuschen.

Auffällig waren auch die an den Blättern sichtbaren Symptome von Sonnenbrand, die verstärkt im August bei heißer Witterung und intensiver Sonneneinstrahlung nach einer Regenperiode auftraten.



Abb. 8: Sonnenbrand an Hopfenblättern (Foto: J. Portner)

Der Wetterwechsel im August ging oftmals einher mit starken Gewittern, die lokal zu Hagelschäden oder verbunden mit starken Winden vor der Ernte sehr viele Fallreben zur Folge hatten oder in der südlichen Hallertau sogar zum Einsturz von Hopfengärten führten.



Abb. 9: Fallreben (Foto: J. Lechner)



Abb. 10: durch Sturm eingestürzter Hopfengarten (Foto: Hopfenring)

Tab. 7: Witterungsdaten 2023 (Monatsmittelwerte bzw. Monatssummen) im Vergleich zu den 10*- und 30**-jährigen Mittelwerten in Hüll

Monat		Temperatur in 2 m Höhe			Relat. Luftf. (%)	Niederschlag (mm)	Tage m. N'schlag $\geq 0,2$ mm	Sonnen-Schein (Std.)
		Mittel (°C)	Min.Ø (°C)	Max.Ø (°C)				
Januar	2023	2,5	-0,7	5,7	98,6	20,2	18,0	16,0
	Ø 10-j.	0,2	-3,3	3,6	94,7	61,4	16,9	34,7
	30-j.	-2,3	-5,9	1,1	86,7	50,8	14,8	47,1
Februar	2023	2,3	-1,5	6,8	94,4	30,9	11,0	77,0
	Ø 10-j.	1,5	-3,0	6,2	89,0	46,4	12,4	76,8
	30-j.	-1,0	-4,9	3,1	81,4	46,8	13,3	72,1
März	2023	6,1	1,1	11,8	91,2	45,3	14,0	122,0
	Ø 10-j.	4,6	-1,1	10,5	80,8	34,9	12,1	162,2
	30-j.	2,8	-1,7	7,8	78,9	47,7	13,8	132,2
April	2023	7,4	2,6	12,6	90,6	64,2	15,0	131,0
	Ø 10-j.	9,6	2,8	15,3	75,6	37,5	9,9	203,5
	30-j.	7,1	1,9	12,8	73,8	60,8	14,1	164,3
Mai	2023	14,0	8,1	20,3	84,0	59,8	9,0	219,0
	Ø 10-j.	13,1	7,4	18,8	79,3	100,1	15,6	196,2
	30-j.	11,9	6,1	17,7	73,9	82,3	15,4	203,6
Juni	2023	19,0	10,5	27,1	74,2	30,5	9,0	282,0
	Ø 10-j.	17,8	11,4	24,0	78,1	107,9	12,6	243,0
	30-j.	15,1	9,0	20,8	74,6	103,5	15,3	212,3
Juli	2023	19,8	12,4	27,6	82,2	79,5	17,0	236,0
	Ø 10-j.	19,2	12,4	26,1	77,4	74,3	11,7	254,3
	30-j.	16,7	10,5	23,1	74,3	90,5	14,1	236,8
August	2023	18,9	13,5	25,8	90,9	159,2	16,0	194,0
	Ø 10-j.	18,3	11,9	25,3	82,3	91,9	11,3	235,3
	30-j.	16,0	10,2	22,6	78,2	91,7	13,8	212,4
September	2023	16,7	10,0	25,1	91,6	16,0	5,0	239,0
	Ø 10-j.	13,9	8,1	20,2	87,6	57,7	11,3	167,8
	30-j.	12,7	7,4	19,1	80,7	67,9	11,6	175,0
Oktober	2023	11,6	5,8	18,5	93,4	45,6	13,0	125,0
	Ø 10-j.	9,6	4,8	14,9	92,7	56,1	11,7	110,5
	30-j.	7,6	3,2	13,1	84,2	51,1	11,0	117,2
November	2023	5,4	2,2	9,3	98,6	154,1	21,0	53,0
	Ø 10-j.	4,4	1,0	8,4	95,5	48,6	12,8	50,6
	30-j.	2,6	-0,6	6,1	85,5	57,5	14,4	52,9
Dezember	2023	2,6	-0,8	6,4	98,4	126,0	19,0	43,0
	Ø 10-j.	1,9	-1,3	5,8	96,1	48,6	14,7	36,0
	30-j.	-0,9	-4,3	1,8	86,5	52,2	15,0	38,7
Ø Jahr 2023		10,5	5,3	16,4	90,7	831,3	167,0	1.737,0
10 – jähriges Mittel		9,5	4,3	14,9	85,8	765,4	153,0	1.770,9
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 2013-2022

** 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	Produktions- und Qualitätsinitiative für die Landwirtschaft und den Gartenbau in Bayern – TS- und Alphasäurenmonitoring – Blattlaus- und Spinnmilbenmonitoring – Chlorophyllmessungen zur Abschätzung der N-Versorgungszustands	2019-2023	StMELF	Hopfenring
<u>IPZ 5a</u> J. Portner	Gewinnung und Eignungsprüfung der Fasern aus der Hopfenpflanze zur Vliesstoffherstellung (6907)	2022-2023	StMELF	Dienstleistungsaufträge an verschiedene Kooperationspartner
<u>IPZ 5a</u> J. Portner A. Schlagenhauser	Untersuchungen zur Messung der Bodenfeuchte und zur Bewässerungssteuerung für eine ressourcenschonende Hopfenbewässerung	2023	Erzeugerorganisation HVG e. G.	P. Razavi, Fa. Irriport GmbH

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 Hopfenanbau	Daueraufgabe	IAB boden:ständig
5a	Testung verschiedener Materialien als Ersatz für die Kunststoffkordel am „Schnurdraht“	2022-2023	Versch. Anbieter von Schnurdraht; Hopfenbaubetriebe
5a	Optimierung der Trocknungsabläufe in Bandtrocknern	2022-2023	Hopfenbaubetriebe

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5a	Düngeversuche mit org. Düngern in Hopfen	2022-2025	Hopfenbaubetrieb
5a	Tastversuch zu Agro-PV-Anlagen über Hopfen im Hinblick auf Schaderregeraufkommen, Ertrag und Qualität des Hopfens (Bachelorarbeit)	2023	Hopfenbaubetrieb, Manuel Riedel
5a	Düngeversuche zur Stickstoffminimierung bei den Hopfensorten Herkules und Perle	ab 2023	

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 5</u> S. Euringer, C. Krönauer F. Weiß	Etablierung einer Methode zur Bestimmung von Dislodgeable Foliar Residue (DFR)-Werten in Hopfen	2023-2025	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL)	BfR, BVL, DLR RP
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer, C. Krönauer F. Weiß	CBCVd-Monitoring	2023	Erzeugerorganisation HVG e. G.	IPZ 5c, IPS 2c
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer, C. Krönauer, F. Weiß	CBCVd Forschungsprojekt	2023-2026	Erzeugerorganisation HVG e. G.	IPZ 5a, IPZ 5c, IPZ 5d, IPS 2c
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer, K. Lutz	Bekämpfung der Hopfenwelke	2023-2026	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF)	IPZ 5c, AL 1c, KU Eichstätt, Dr. Radišek (Slov. Institute of Hop)
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer, K. Lutz	GfH-Projekt zur <i>Verticillium</i> -Forschung	2017-2023	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH)	IPZ 5c, Dr. Radišek (Slov. Institute of Hop)
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer, K. Lutz	<i>Verticillium</i> -Selektionsgärten Niederlauterbach (2015-2021) Engelbrechtsmünster (2016-2022) Gebrontshausen (2020-2024)	2015-2024	Erzeugerorganisation Hopfen HVG e. G.	IPZ 5c
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer, F. Weiß	Hyperspektralmessungen in Hopfen	2023	Wissenschaftliche Station München e.V.	KU Eichstätt
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer, F. Weiß	Evaluation alternativer Methoden zum chemisch-synthetischen Pflanzenschutz in Hopfen	2023	Wissenschaftliche Station München e.V.	Interessensgemeinschaft Niederlauterbach e.V. (IGN)

Daueraufgaben und Pflanzenschutzversuche

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5b	Amtliche Mittelprüfung	Daueraufgabe	
5b	Durchführung und Betreuung von Rückstandsuntersuchungen im Hopfenbau (GEP-Feldteil)	Daueraufgabe	
5b	Sprühturmversuche zur Überwachung der potenziellen Resistenzausbildung von Hopfenblattläusen	Daueraufgabe	
5b	Aphisfliegenmonitoring	Daueraufgabe	
5b	ELISA-Testung von Hopfen zur Vermehrung auf ApMV und HpMV	Daueraufgabe	
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	Viroidmonitoring (CBCVd und HSVd)	Daueraufgabe	IPZ 5c, IPS2c
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, Biostimulanzen und Pflanzenschutzmittel im Hopfenbau hop.pfla@lfl.bayern.de	2019-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. S. Gresset	Entwicklung von leistungstarken, 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. Kammhuber & Team; Hopfenpflanzerverband Elbe-Saale e.V.; Betrieb Berthold, Thüringen; Hopfengut Lautitz, Sachsen; Agrargenoss. Querfurt, Sachsen-Anhalt

AG Projektleitung, Projektbearbeitung	Projekt	Laufzeit	Kostenträger	Kooperation
<u>IPZ 5c</u> Dr. S. Gresset	Forschung und Arbeiten zur <i>Verticillium</i> -Welke bei Hopfen – molekularer Nachweis von <i>Verticillium</i>	2015-2023	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e. G.	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. S. Gresset	Validierung der genomischen Selektion in Hopfen	2023-2024	Wissenschaftliche Station für Brauerei in München e.V. Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.	IPZ 5c: A. Lutz, Dr. B. Büttner, R. Enders, B. Forster, P. Hager, B. Haugg IPZ 1a: Dr. R. Seidenberger IPZ 1d Dr. Albrecht
<u>IPZ 5c</u> Dr. S. Gresset	Entwicklung eines hochdurchsatz-Marker-Systems für die Geschlechtsbestimmung in der Hopfenzüchtung	2022-2023	Wissenschaftliche Station für Brauerei in München e.V. Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.	IPZ 5c: A. Lutz, Dr. B. Büttner, R. Enders, B. Forster, P. Hager, B. Haugg IPZ 1a: Dr. R. Seidenberger IPZ 1d Dr. Albrecht

Daueraufgaben von IPZ 5c

AG	Aufgabe	Laufzeit	Kooperation
5c	Methodenentwicklung und Analytik für gesundes Pflanzgut	Daueraufgabe	IPZ 5b, IPS 2c
5c	Optimierung der Ressourcenallokation im Hopfenzuchtprozess	Daueraufgabe	
5c	Entwicklung klassischer Aromasorten mit hopfentypischen, feinen Aromausprägungen	Daueraufgabe	GfH
5c	Entwicklung von robusten, leistungsstarken Hochalphasorten mit exzellenter Alphasäure-Qualität	Daueraufgabe	GfH
5c	Entwicklung von Hochdurchsatz-Methoden zur Phänotypisierung	Daueraufgabe	
5c	Großparzellenprüfung von Zuchtstämmen und Begleitung von Brauversuchen	Daueraufgabe	GfH

3.4 IPZ 5d – Hopfenqualität und -analytik

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

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5d	Entwicklung und Optimierung einer zuverlässigen Aromaanalytik mit Hilfe der Gaschromatographie-Massenspektroskopie	Daueraufgabe	
5d	Etablierung und Optimierung von NIRS-Methoden für die Hopfenbitterstoffe und den Wassergehalt	Daueraufgabe	
5d	Entwicklung von Analysemethoden für die Hopfenpolyphenole	Daueraufgabe	Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik (AHA)
5d	Organisation und Auswertung von Ringanalysen für die Hopfenlieferverträge	Daueraufgabe	Labore der Hopfenwirtschaft
5d	Analytik, Auswertung und Weiterleitung von Nach- und Kontrolluntersuchungen für die Hopfenlieferverträge	Daueraufgabe	Labore der Hopfenwirtschaft
5d	Sortenüberprüfungen als Amtshilfe für die Lebensmittelüberwachungsbehörden	Daueraufgabe	Lebensmittelüberwachung der Landratsämter
5d	Betreuung der EDV und des Internets für das Hopfenforschungszentrum Hüll	Daueraufgabe	AI ITP
5d	Alkaloidanalytik bei Lupinen	2023-2027	IPZ 1b, IPZ 4a

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	Weiterentwicklung kulturspezifischer Strategien für den ökologischen Pflanzenschutz mit Hilfe von Sparten-Netzwerken – Sparte Hopfen	2017-2023	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), BÖLN-Projekt 2815OE095	Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW e.V.)
<u>IPZ 5e</u> Dr. F. Weihrauch Dr. I. Lusebrink M. Obermaier	Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau	2018-2026	Erzeugergemeinschaft Hopfen HVG e. G.	IGN Niederlauterbach; AELF IP, FZ Agrarökologie; UNB am Landratsamt PAF; LBV, KG PAF
<u>IPZ 5e</u> Dr. F. Weihrauch Dr. I. Lusebrink M. Obermaier	Induzierte Resistenz bei Hopfen gegen Spinnmilben	2021-2026	Deutsche Bundesstiftung Umwelt (FKZ 35937/01-34/0)	20 Praxisbetriebe aus dem integrierten Hopfenbau; AG IPZ 5d

4 Hopfenbau, Produktionstechnik

LD Johann Portner, Dipl.-Ing. agr.

4.1 $N_{\min}$ -Untersuchung 2023

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

2023 beteiligten sich in den bayerischen Anbaugebieten Hallertau und Spalt mehr als die Hälfte der Hopfenbaubetriebe an der $N_{\min}$ -Untersuchung. Dabei wurden 2.590 Hopfengärten (2022: 2.959 Proben) auf den $N_{\min}$ -Gehalt untersucht. Der $N_{\min}$ -Gehalt betrug im Durchschnitt der bayerischen Anbaugebiete 53 kg N/ha lag damit um 4 kg über dem Vorjahreswert. 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 Düngebedarf für Stickstoff (N) unter Berücksichtigung der im Boden verfügbaren Menge jährlich vor der ersten Düngung für alle Schläge oder Bewirtschaftungseinheiten nach definierten Vorgaben ermitteln.

Betriebe mit Hopfenflächen in den sogenannten „**grünen**“ oder **nicht nitratgefährdeten Gebieten**, die keine eigenen $N_{\min}$ -Untersuchungen durchführen mussten oder nicht für alle Hopfenschläge $N_{\min}$ -Ergebnisse hatten, konnten zur Berechnung des N-Bedarfs auf diesen Schlägen auf die regionalisierten Durchschnittswerte in der Tabelle zurückgreifen:

Tab. 8: *Probenzahl, vorläufige und endgültige $N_{\min}$ -Werte 2023 in den Landkreisen bzw. Anbauregionen (Stand: 12.04.2023)*

Landkreis/Anbaugebiet	Anzahl Untersuchungen	Vorläufiger $N_{\min}$ -Wert (Stand 22.03.2023)	Endgültiger $N_{\min}$ -Wert
Eichstätt (inkl. Kinding)	147	72	64
Freising	332	50	48
Hersbruck	75	-	39
Kelheim	1.041	49	52
Landshut	153	69	61
Pfaffenhofen (u. Neuburg-Schrobenhausen)	752	50	52
Spalt	90	64	64
Bayern	2.590	52	53

Hopfenbaubetriebe ohne eigene $N_{\min}$ -Werte konnten die Stickstoffbedarfsermittlung bereits mit den vorläufigen $N_{\min}$ -Durchschnittswerten ihres Landkreises oder Anbauregion durchführen. Wo der endgültige $N_{\min}$ -Wert um mehr als 10 kg N/ha höher als der vorläufige $N_{\min}$ -Wert war, musste die Düngebedarfsermittlung noch einmal angepasst werden.

In Landkreisen, in denen der endgültige Wert aber unter dem vorläufigen liegt (z. B. Eichstätt und Landshut), empfahl sich eine Anpassung, da sich nach Korrektur ein höherer Düngebedarf errechnete.

Für Betriebe in der Region Hersbruck gab es letztes Jahr keinen vorläufigen $N_{\min}$ -Wert, so dass die Düngebedarfsermittlung mit dem endgültigen $N_{\min}$ -Wert berechnet werden musste.

Betriebe mit Hopfenanbau **in den „roten Gebieten“** mussten 2023 mind. 3 Hopfenschläge auf $N_{\min}$ untersuchen lassen. Lagen weitere Hopfenflächen im roten Gebiet, musste der betriebliche $N_{\min}$ -Durchschnittswert auf die anderen Flächen übertragen werden, d. h. die obigen Tabellenwerte durften zur Berechnung des N-Düngebedarfs auf den nitratgefährdeten Flächen nicht verwendet werden!

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

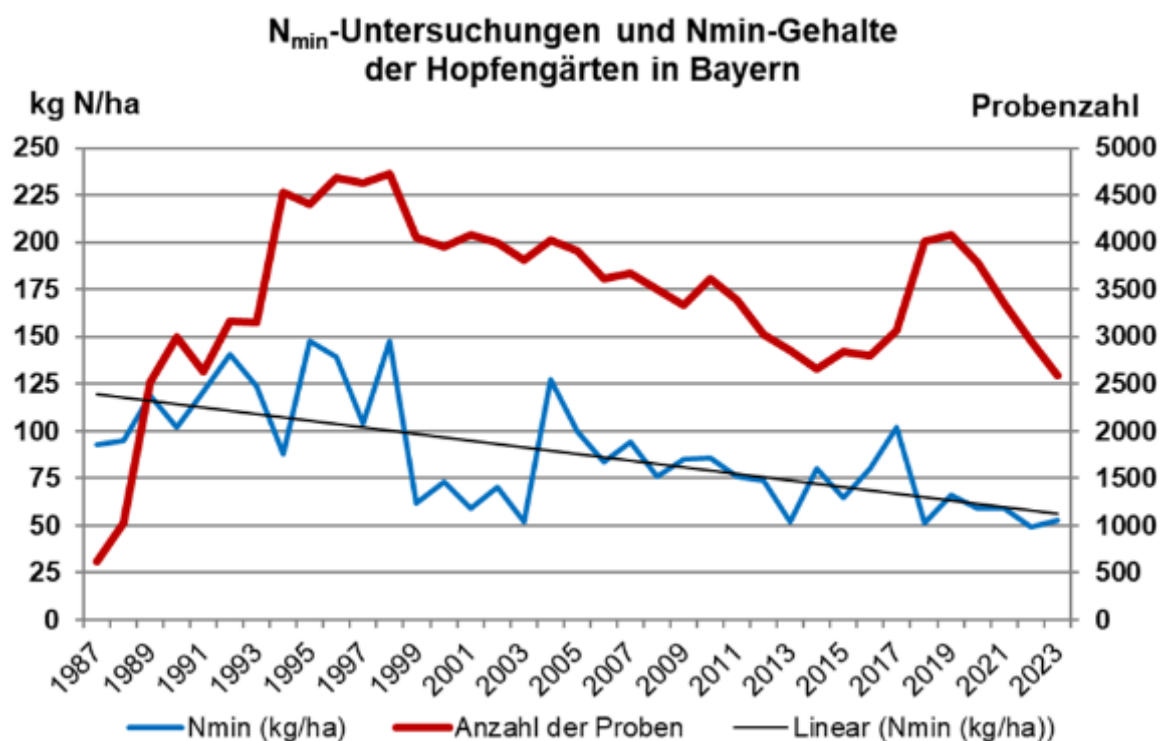


Abb. 11: $N_{\min}$ -Untersuchungen, $N_{\min}$ -Gehalte und Trendlinie der $N_{\min}$ -Werte der Hopfengärten in Bayern im Verlauf der Jahre

4.2 Zusammenfassung der Forschungsarbeiten zur Stickstoffdynamik in Hopfenböden (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. Schlagenhauer
Kooperation:	Hopfenbaubetriebe der Hallertau
Laufzeit:	01.03.2018 - 28.02.2021

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 Nitratgehalte 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.

Ziele

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

Methodik

Bei jedem der 21 Betriebe wurden je 3 Teilflächen ausgewählt. Die 63 Teilflächen spiegelten das tatsächliche Sortenspektrum der Hallertau sehr gut wider und umfassten verschiedenste Betriebs- und Düngesysteme. Die $N_{\min}$ -Beprobung erfolgte zu Vegetationsbeginn im März, nach der Ernte im Oktober zur Erfassung der verbleibenden Stickstoffmengen im Boden und während der Vegetationsruhe im Winter, um eine mögliche Verlagerung während der Vegetationsruhe 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 Stickstoffdüngegaben wurden in Zeit und Menge erfasst.

Bei der ersten Ernte 2018 erfolgte eine Dolden- und Restpflanzen-Beprobung, um die exakte Stickstoffabfuhr zu berechnen. Dadurch sollte eine flächenspezifische Nährstoffbilanz 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 konnten, 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 Gesamtpflanze 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-Neben-
ernteprodukt-Verhältnis = HNV)



Abb. 12: Bodenprobenahmegerät

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. 13). 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.

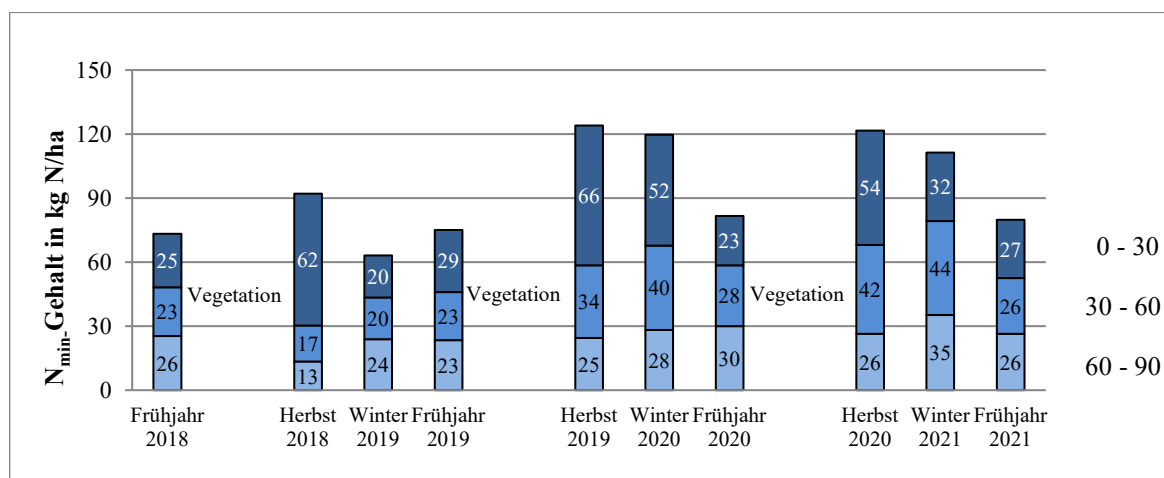


Abb. 13: $N_{\min}$ -Gehalte über alle Beprobungstermine hinweg, gegliedert in Bodenschichten (0-30, 30-60, 60-90), 2018-2021

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. 14). 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.

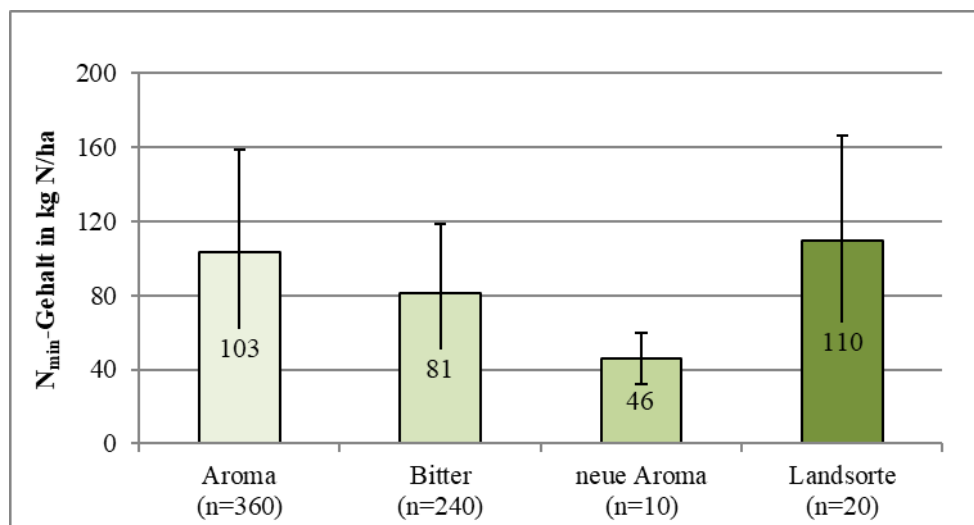
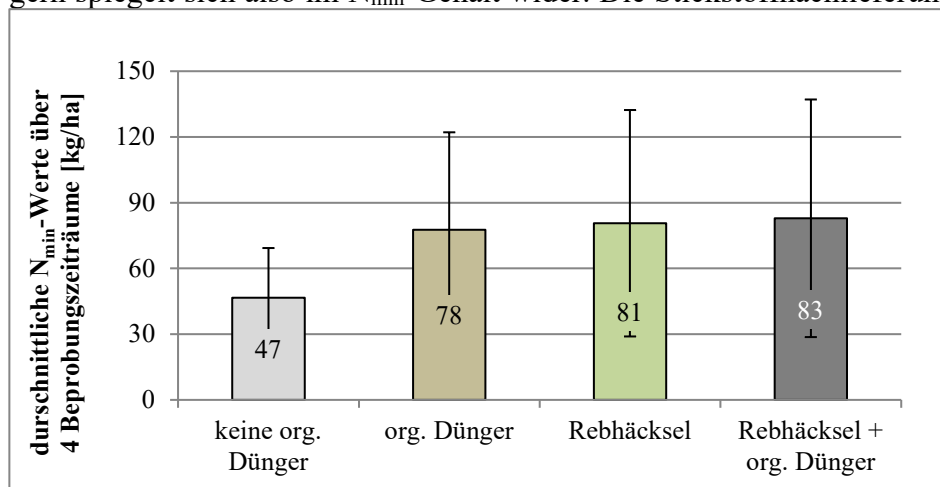


Abb. 14: $N_{\min}$ -Gehalte im Mittel über alle Beprobungstermine gegliedert nach Sortengruppen (2018-2021)

Eine differenzierte N-Düngung in Abhängigkeit von der Sorte und des standortbedingten Ertragsniveaus wird als Optimierungsansatz bei der N-Düngung im Hopfen angesehen.

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 (ausgenommen 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. 15). 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. 15: 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. 16).

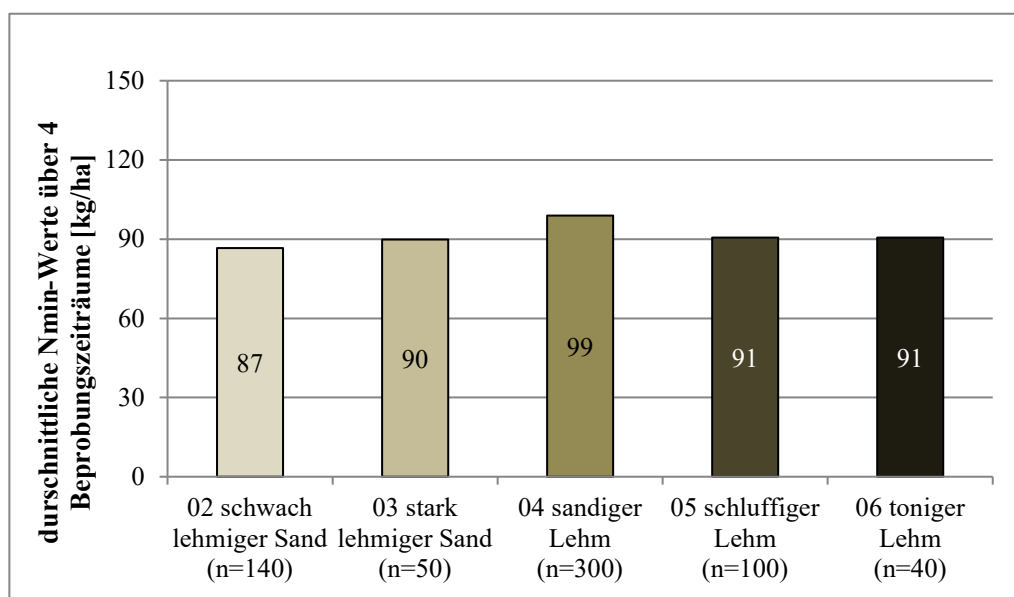


Abb. 16: N_{min} -Gehalte im Mittel aller Beprobungstermine in Abhängigkeit von der Bodenart (2018-2021)

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 der Bodenart sandigem Lehm (04).

4.3 Gewinnung und Eignungsprüfung der Fasern aus der Hopfenpflanze zur Vliesstoffherstellung (ID 6907)

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenbau, Produktionstechnik
Finanzierung:	StMELF
Projektleiter:	J. Portner
Kooperation:	Fa. Hopfenpower GmbH Leibnitz Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB), Potsdam HempFlax Group B.V., Oude Pekela (Niederlande) HempFlax Building Solutions GmbH, Nördlingen
Laufzeit:	01.12.2022 – 30.11.2023

Ausgangssituation und Zielsetzung

Hopfen wird in Deutschland auf rund 20.000 ha angebaut, davon allein in der Hallertau, auf ca. 17.000 ha. Von der als Dauerkultur angebauten Pflanze werden lediglich die Dolden geerntet und für die Bierherstellung verwendet. Die Restpflanze, bestehend aus der abgeernteten Rebe, Seitentrieben und Blättern, wird gehäckselt und überwiegend direkt oder in Form von abgelagertem Kompost als organischer Dünger wieder auf die Felder zurückgebracht. Ein Teil wird auch über Biogasanlagen energetisch verwertet und die Gärückstände auf die Felder zurückgefahren. Jährlich fallen in der Hallertau über 200.000 t Rebenhäcksel an, die mehr oder weniger ungenutzt in den Nährstoffkreislauf zurückgeführt werden müssen.

Da Hopfen zur Familie der Hanfgewächse gehört, enthält der verholzte Stängel von Natur aus stabile Bastfasern, die sich für eine stoffliche Nutzung eignen und z. B. als Dämmmaterial interessant sein können.

Ziel des vom StMELF geförderten Kurzprojektes war es, den Nachweis zu erbringen, dass sich die Hopfenrebenstängel über die aus der Bastfaserpflanzennutzung bekannten Verarbeitungsschritte zu einem für die Dämmstoffherstellung geeigneten Faserrohstoff verarbeiten und sich daraus marktfähige Dämmstoffmatten produzieren lassen. Die Qualität der so hergestellten Dämmstoffmatten sollte in Labortests hinsichtlich der geforderten Produkteigenschaften und Qualitätsanforderungen des Marktes geprüft werden.

Zur Abrundung des Vorhabens erfolgte eine Untersuchung der Nährstoffgehalte und Quantifizierung der Nährstofffrachten der zur Fasergewinnung verwendeten Hopfenreben.

Methodik und Ergebnisse

Das Kurzprojekt gliederte sich in verschiedene Arbeitsschritte, die nacheinander abgearbeitet wurden. Wegen der verschiedenen und komplexen Prozessschritte wurden die Arbeitspakete von verschiedenen Dienstleistern an unterschiedlichen Orten durchgeführt.

Bereitstellung des Rohmaterials und Entfernen der Aufleitdrähte

Ausgangsmaterial für die Gewinnung der Hopfenfasern waren abgeerntete und getrocknete Hopfenreben oder Rebenteilstücke aus unterschiedlichen Ernten der Fa. Hopfenpower GmbH. Die Rebenabschnitte wurden vom Draht befreit, auf ca. 50 cm eingekürzt, in Kartons verpackt und zur Weiterverarbeitung in die Fasergewinnungsanlage transportiert.



Abb. 17: Durch die Hopfenpower GmbH bereitgestellte und versandfertige Hopfenreben

Bei der Länge der Rebenabschnitte orientierte man sich an den Rohstofflängen bei der Hanfverarbeitung, da die Fasergewinnung in derselben Maschine bei der Fa. HempFlax Group B.V. in Oude Pekela (Niederlande) erfolgte. Da es bislang keine Maschinen gibt, die die Aufleitdrähte aus derartig langen Rebenabschnitten entfernen können, geschah dies aufwändig per Hand.

Mechanische Trennung der Fasern von dem holzigen Anteil der Hopfenrebe (Schäben)

Die Gewinnung der Hopfenfasern und die mechanische Trennung der Pflanzenfasern von den Schäben erfolgte in der Nawaro-Aufschlussanlage der Fa. HempFlax Group B.V. in Oude Pekela (Niederlande) mit dem Ziel eine möglichst hohe Ausbeute an geeigneten Hopfenfasern für die Vlieslegung zur Dämmstoffproduktion zu produzieren. Die Firma wurde bereits vor ca. 30 Jahren gegründet und verfügt über eine Anlagentechnik für die Aufbereitung von Hanf- und Flachsstroh. Die Verarbeitung untergliedert sich in die Schritte Entholzung des Stängelmateri als, Reinigung der entstehenden Gemische aus Fasern und Schäben und Verfeinerung der Faserfraktion.

Zur Fasergewinnung und Entholzung wird das Stängelmateri al zuerst mit Hammermühlen bearbeitet.



Abb. 18: Entholzungseinheit der Faseraufschlussanlage der Firma HempFlax Group B.V. in Oude Pekela (NL), Darstellung des Unternehmens

Hammermühlen erlauben gegenüber dem ursprünglichen Brecherprinzip einen höheren Energieeintrag in das Faserpflanzenstroh und damit eine größere Variabilität hinsichtlich der aufzubereitenden Rohstoffarten sowie deren Eigenschaften. Dies sollte angesichts der Hopfenreben, die in der bisher vorliegenden Form nicht geröstet sind, vorteilhaft sein. Die Feld- oder Tauröste (früher auch Wasserröste) unterstützt die mechanische Auflösung des Stängelverbundes von Faserpflanzen durch einen biologischen Aufschluss der Bindesubstanzen zwischen faserhaltiger Rinde und holzigem Stängelkern sowie der Fasern aus der Rinde. Dies ist aber im gegenwärtigen Produktionsprozess der Hopfenernte nicht möglich.



Abb. 19: Dosierung des Versuchsmaterials in den Entholzungsprozess der Firma HempFlax Group B.V. in Oude Pekela (NL)

Aus dem Primäraufschluss resultiert in der Regel ein Gemisch aus Fasern mit teilweise noch anhaftenden und teils schon gelösten Schäben. Dieses wird weiteren Verarbeitungs- und Reinigungsschritten unterzogen bis am Ende des Verarbeitungsprozesses ein weitgehend von Schäben befreiter Rohfaseranteil übrig bleibt.



*Abb. 20: Faserreinigungs- und Faseröffnungslinie der Firma HempFlax Group B.V.;
(links, Mitte und rechts Stufenreiniger, dazwischen Faseröffner)*

Im Rahmen der Versuche wurden alle relevanten Daten zur Verarbeitungsmenge und resultierender Gutströme erfasst. Insgesamt standen aus der Rohstoffbereitstellung der Hopfenpower GmbH 605 kg Hopfenstängel zur Verfügung. Die Ausbeute an Rohfasern (bzw. Faserbast inklusive anhaftender Schäben) nach der Entholzung betrug 195 kg und damit 32,2% des Eingangsmaterials.



Abb. 21: Versuchsmuster aus der Entholzung der Hopfenstängel (jeweils oben) sowie daraus selektierte Fraktionen (jeweils unten links reiner Faserbast, Mitte Faserbast mit fest anhaftenden Schäben und rechts reine Schäben)

Zwei Mustermengen aus diesem Material wurden einer eingehenden Analyse ihrer Zusammensetzung unterzogen.

Nach dem ersten Entholzungsschritt ergab sich lediglich ein Anteil von 11,8 % reinem, d. h. schäbenfreien Faserbündel, was deutlich unter den aus der Hanf- oder Flachstrohaufbereitung bekannten Werten liegt. Die Ausbeute an faserfreien Schäben ist mit ca. 11 % ebenfalls deutlich niedriger und es verbleibt ein bemerkenswert hoher Anteil von im Mittel 74 % an Faserbündel mit noch anhaftenden, d. h. noch nicht abgetrennten Schäben.

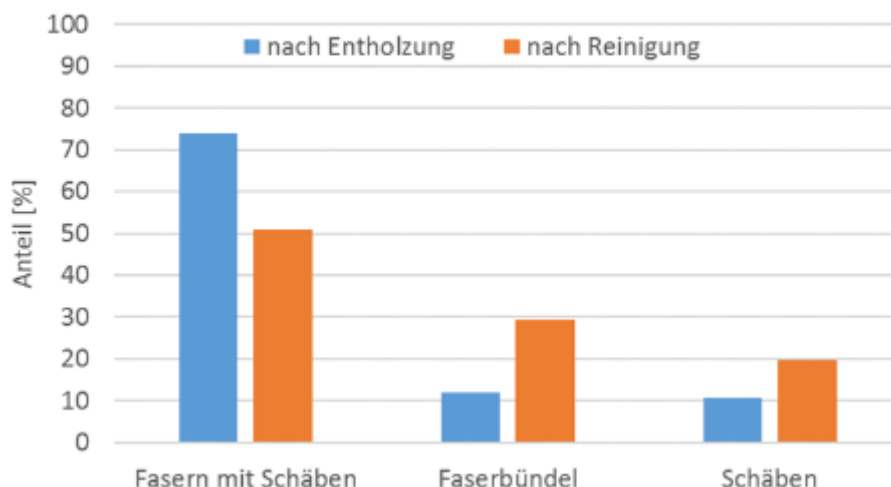


Abb. 22: Fraktionen aus dem Aufschluss der Hopfenstängel vor und nach mechanischer Reinigung

Die Durchführung der anschließenden Reinigung und Faseröffnung führt zu einer deutlichen Verbesserung des Gesamtbildes, vor allem zu einer Erhöhung der Ausbeute von schäbenfreier Faserbündel in der Probe auf knapp unter 30 %. Dennoch verbleibt ein weiterhin hoher Anteil nicht gereinigter Faserbündel von 51 % bei einem im Vergleich zur Hanf- und Flachstrohaufbereitung geringen Schäbenanteil von 19,7 %. Die Ergebnisse zeigen, dass die fehlende Röste des Stängelmateriale keine optimale Entholzung und damit Trennung der faserhaltigen Gewebeteile vom holzigen Innenkern der Hopfenstängel ermöglicht.

Verbleiben nach der Entholzung lediglich 32 % der Ausgangsmasse (195 kg), so reduzierte sich diese nach der Reinigung auf nur noch 16 % (97 kg). Detaillierte Rückschlüsse auf die verbleibenden Massenströme konnten nicht gezogen werden, jedoch muss von einer entsprechend großen Masse an in den einzelnen Verarbeitungsstufen abgeschiedenen Schäben ausgegangen werden. Aber auch damit einhergehende Verluste an nicht aufgeschlossenem Material sind nicht auszuschließen.

Wissenschaftliche Begleitung des Testlaufes durch das Leibnitz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie Potsdam

Herr Dr. Gusovius vom Leibnitz Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB) in Potsdam hat bereits aus verschiedenen Vorprojekten (z. B. FNR-Projekt: Acronym Hopfenfaser) einen entsprechenden Erfahrungs- und Kenntnisstand im Bereich der Fasergewinnung aus Hopfenreben. Im Rahmen seiner Tätigkeit am Institut ist er mit der Erzeugung und Weiterverarbeitung von Bastfaserpflanzen bestens vertraut.

Darum wurde er im Rahmen dieses Projekts mit der Begleitung und Beratung des Testlaufes beauftragt, um eine unabhängige Bewertung der Verarbeitungsergebnisse zu gewährleisten und eine bestmögliche Erreichung der erforderlichen Qualität und Quantität zu ermöglichen.

Einarbeitung der Hopfenfasern in die laufende Dämmstoffproduktion und Labortestung der fertigen Dämmstoffmatten

In einem geeigneten und auf die Verarbeitung von NAWARO-Fasern (z. B. Hanf und Jute) spezialisierten Verarbeitungswerk im Freistaat sollten Dämmstoffe in Kombination oder im Austausch mit anderen Naturfasern im Vlieslegeverfahren mit anschließender thermischer Verfestigung aus den gewonnenen Hopfenfasern produziert werden. Mit der Weiterverarbeitung der Hopfenfasern beauftragt wurde die Dämmstofffabrik der Fa. HempFlax Building Solutions GmbH in Nördlingen, die mittlerweile eine langjährige Erfahrung beim Einsatz von natürlichen Faserstoffen in der Dämmstoffproduktion besitzt.

Die angelieferten Rohstoffchargen werden zunächst in einem Vorbereitungsschritt nochmal aufgeschlossen bzw. gereinigt und anschließend mit einer Stützfaser sowie weiteren Komponenten wie z. B. Brandschutz vermischt.

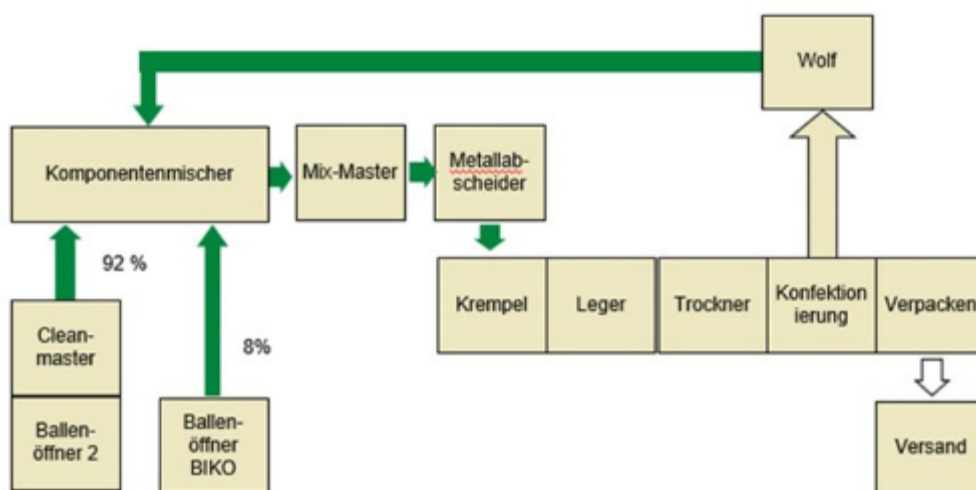


Abb. 23: Prozessfolge der Dämmstofffertigung bei der Firma HempFlax Building Solution GmbH in Nördlingen, Darstellung des Unternehmens

Aus dem Fasergemisch ein einschichtiges Vlies hergestellt und anschließend in Lagen übereinander zu einem dreidimensionalen Fasergefüge gelegt. Durch das Einbringen von thermischer Energie wird die enthaltende Stützfaser zur teilweisen Schmelze gebracht, um dem Dämmstoff die für die Bauanwendung typischen Eigenschaften (v. a. dimensionale Stabilität und Dichte) zu verleihen.

Entsprechend dieser Prozessfolge wurde das Gemisch aus Hopfenfasern, Restschäben und unvollständig aufgeschlossenem Mischmaterial (30 %) gemeinsam mit Hanffasern (60 %) und Bindefasern (10 %) in den Ballenöffner aufgegeben, gemischt und dem Krempel zur Vlieslegung vorgelegt. Eigenen Beobachtungen zum Versuch sowie der Einschätzung des Fachpersonals vor Ort folgend bereiteten diese Schritte keine nennenswerten Probleme. Bemerkenswert war dabei, dass es trotz des teilweise unvollständigen Faseraufschlusses sowie

des Schäbengehaltes kaum zu Verlusten sowie keinen Verstopfungen durch Schäben an der Garnitur des Krempels kam.



Abb. 24: Gemisch aus Hanf-, Hopfen- und Bindefasern (links) sowie Vlies am Abgang der Krempel

Am Ausgang des Legers entstand ein mehrschichtiger, stabiler Flor, welcher sich im Trockner ebenso problemlos thermisch verfestigen ließ.



Abb. 25: Mehrschichtiger Flor vor thermischer Verfestigung

Das Ergebnis konnte dabei in jeder Hinsicht überzeugen, wobei die resultierende Dämmstoffmatte auch ohne weitere Probleme konfektioniert (zugeschnitten) werden konnte.



Abb. 26: thermische verdichtete Dämmmatte (links) und Breitenkalibrierung (Konfektionierung) des Produktes (rechts)

Die gesamte Massebilanz des Versuches sieht dabei grundsätzlich positiv aus. Bei einem Input von 210 kg Hanffasern, 90 kg Hopfenmaterial und 25 kg Stützfaser (Summe = 325 kg) konnte final ein Output von ca. 205 kg Dämmstoff (63 %) erreicht werden. Während der Rohstoffaufbereitung am Anfang der Produktion löste der Metallabscheider sehr oft aus, woraufhin insgesamt 16 kg Rohmaterial aufgrund von Metallteilen aussortiert wurden (18 % des aufgegebenen Hopfenmaterials, 5 % bezogen auf gesamte Einsatzmasse). Weitere Masseverluste im Verhältnis der aufgegebenen Rohstoffe sind auf Feuchtigkeit, Staub, Schäben, Kantenschnitt sowie Verschnitt am Anfang/Ende der Matte zurückzuführen.



Abb. 27: fertige Dämmmatte aus 30 % Hopfen, 60 % Hanf- und 10 % Bindefasermaterial, im Vergleich zum Ausgangsfasermaterial (rechts)

Um die Anforderungen an den Brandschutz zu erfüllen, sollten die Hopfenfasern ebenso wie die Hanf- und Juterohstoffe vor dem Vlieslegeprozess mit Soda als Brandschutz

ausgerüstet werden. Wegen der limitierten Menge musste auf die Behandlung mit Soda als Brandschutz verzichtet werden.

Durch das beim Projektpartner/Dienstleister vorhandene Labor wurden anschließend detaillierte Analysen zu den relevanten Eigenschaften der Dämmstoffmuster durchgeführt. Dies betraf auch einen Test zur Entzündbarkeit bei direkter Flammeneinwirkung nach DIN EN ISO 11925-2, auch wenn wie vorab vereinbart kein entsprechendes Hemmmittel für die Musterfertigung eingesetzt worden ist. Wenig überraschend war, dass die Brandschutzklasse E nach Brandschutz-/Glimmtest ohne Soda nicht erreicht wurde. Es ist aber aufgrund der zu Hanf und Jute vergleichbaren Struktur und stoffchemischen Zusammensetzung der Hopfenbiomasse davon auszugehen, dass sich ein solcher Misch-Dämmstoff in gleicher Weise ausrüsten lässt und damit die erforderlichen Spezifikationen erfüllen würde.

Abschließend wurden an den Materialmustern auch die Wärmeleitfähigkeit nach einem standardisierten Verfahren ermittelt, jeweils in zweifacher Wiederholung an unterschiedlichen Tagen.

Der gemessene Lambdawert (10°C) von $0,0404 - 0,0407 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$ lag damit entsprechend der auf der Unternehmenswebseite dargestellten Vergleichswerte im Bereich der eigenen Produkte auf Basis von reiner Hanffaser ($0,038 - 0,043 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$) bzw. einer Holzfaserdämmung ($0,036 - 0,045 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$). Dieses Ergebnis zeigt, dass sich die Wärmedämmeigenschaften durch die Einarbeitung des neuen Rohstoffes nicht verändern haben und damit ggf. eine direkte Vermarktung ohne einen zusätzlichen Zulassungsprozess möglich wäre.

Untersuchung der Nährstoffgehalte und Quantifizierung der Nährstofffrachten in dem zur Fasergewinnung verwendeten Rebenhäckselanteil

Da die Hopfenernte stationär auf den Betrieben stattfindet, werden üblicherweise die abgeernteten Hopfenreben zusammen mit den Blättern und nach der Reinigung verbliebenen Hopfenabfällen samt Aufleitraht gehäckselt und nach einer kurzen Zwischenlagerung während der Erntedauer als organischer Dünger zurück auf die Felder gefahren. Die nicht unwesentlichen Nährstoffmengen verbleiben somit im innerbetrieblichen Kreislauf und müssen bei der Düngerbedarfsermittlung (Dünge-VO) und Nährstoffbilanzierung (Stoffstrombilanz-VO) berücksichtigt werden.

Da es für die teilweise stoffliche Verwertung von Hopfenrebenhäckseln (Hopfenrebenabschnitte zur Fasergewinnung) keine Richtwerte oder Faustzahlen für die darin enthaltenen Nährstoffe gibt, wurden diese im Rahmen des Projekts für zwei bedeutende Sorten (Herkules und Perle) erhoben.

Zur Berechnung der Nährstoffgehalte und der Nährstofffrachten des Rebenanteils vom Erntefall bei der Hopfenproduktion wurden exakte Versuchsbeerntungen zweier Praxisparzellen am Hopfenforschungszentrum der Landesanstalt für Landwirtschaft in Hüll durchgeführt. Neben den reinen Nährstofffrachten im Rebenbestandteil kann so auch abgeschätzt werden, wieviel Rohmaterial je Hektar zur möglichen Fasernutzung anfällt. Bei der Sorte Perle fiel bei den beernteten Parzellen im Mittel eine Trockenmasse von 1.450 kg/ha an, bei der Sorte Herkules hingegen 2.821 kg/ha .

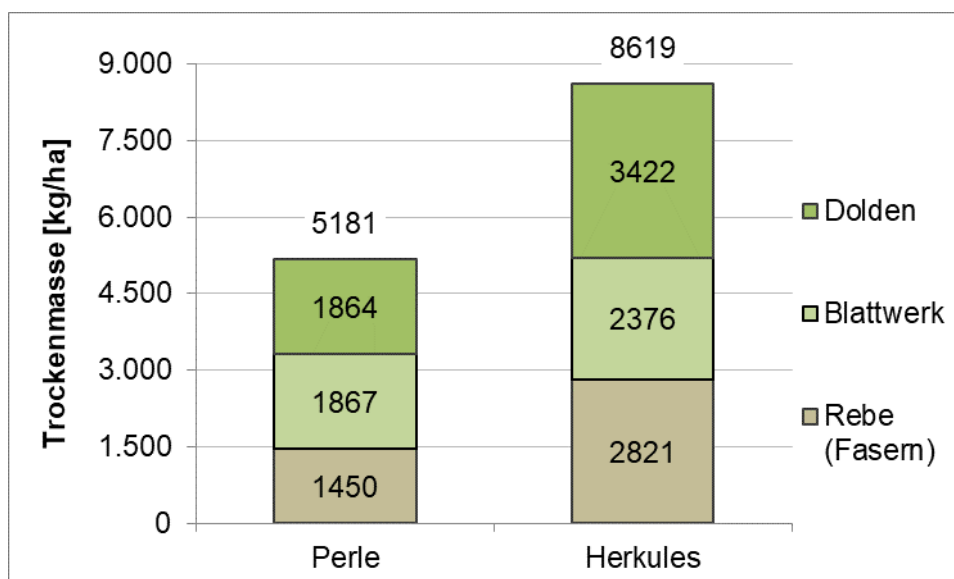


Abb. 28: Trockenmasseertrag in kg/ha gegliedert in je 3 Fraktionen der Hopfensorten Perle und Herkules, 2023, leichter Standort (LS)

Bei dem aus düngerechtlicher Sicht relevantestem Nährstoff Stickstoff (N) wurde im zur Fasernutzung verwendbaren Rebenbestandteil der Hopfenpflanze bei der Sorte Perle im Mittel eine N-Fracht von 20 kg N/ha und bei der Sorte Herkules von 41 kg N/ha festgestellt. Dies entspricht einem Anteil von 15,5 % bei Perle, bzw. 19 % bei Herkules an der gesamten N-Fracht. Genau dieser Anteil würde bei einer Nutzung der Rebenbestandteile zur Fasergewinnung den Hopfenbaubetrieb bei düngerechtlich verpflichtenden Bilanzierungen wie zum Beispiel der Stoffstrombilanz nicht mehr belasten, da die Nährstoffe bei einem Verkauf den Betrieb verlassen.

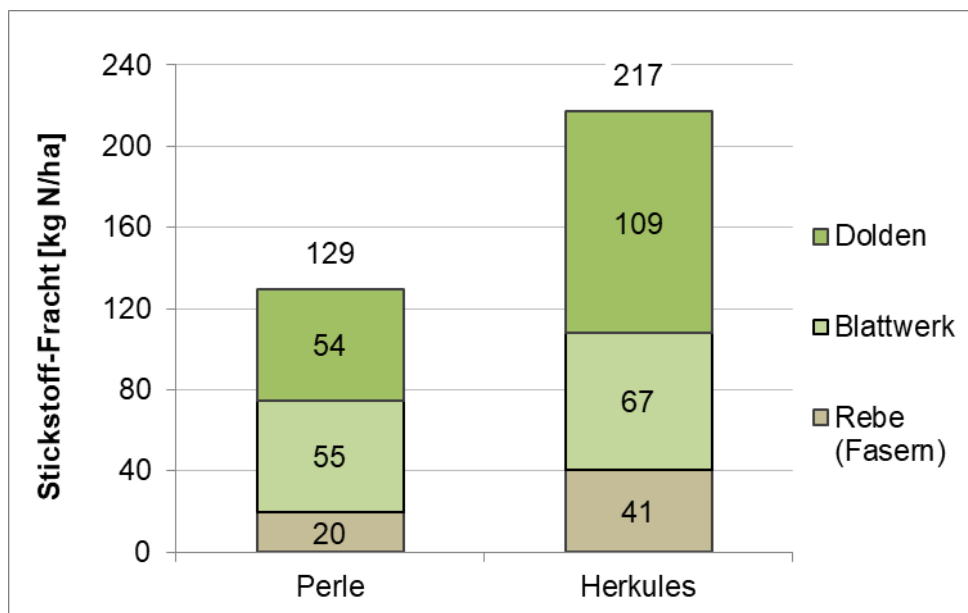


Abb. 29: Stickstofffracht zum Zeitpunkt der Ernte gegliedert in je 3 Fraktionen der Hopfensorten Perle und Herkules, 2023, leichter Standort (LS)

Ausblick

Der erste Testlauf zur stofflichen Verwertung der Hopfenfasern zu Dämmmaterialien war sowohl hinsichtlich der Eignung als auch der Qualität sehr vielversprechend. Der Abnahmemarkt für natürliche Bau- und Dämmstoffe wird jedenfalls weiter steigen. Zukünftige interessante Märkte für NAWARO-Fasern liegen außerdem bei der Automobil- bzw. deren Zulieferindustrie und im Bereich der Geotextilien.

Wenn die Fasergewinnung aus Hopfenreben und die Weiterverarbeitung zu marktfähigen Produkten wirtschaftlich und qualitativ konkurrenzfähig ist, bietet die bayerische Hopfenproduktion ein Potential von mehreren 10.000 t nachwachsender Rohstoffe in Form von Hopfenfasern, ohne dass zusätzliche Anbauflächen in Anspruch genommen werden müssen und eine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion besteht.

Die größten Herausforderungen sind aber in der Logistik der wirtschaftlichen Materialbereitstellung für die Fasergewinnung (wirtschaftliche Sammlung, Drahtentfernung und Konservierung der Hopfenreben) zu sehen und zu bewältigen.

Auch für die Hopfenpflanzer besteht ein unmittelbarer Nutzen: Spezialisierte Hopfenbaubetriebe mit angespannter Nährstoffsituation (DüngeVO und StoffstrombilanzVO) können durch die Abgabe von Hopfenreben für die Fasergewinnung und somit aus dem Betrieb abgeführten Nährstoffmengen entlastet werden. Hopfenbaubetriebe mit phytosanitären Problemen (*Verticillium*, CBCVd) können durch die Abgabe der Hopfenreben den Infektionskreislauf unterbrechen und die Gefahr der innerbetrieblichen Verbreitung der Krankheitserreger vermindern. Ein anderer nachhaltiger Aspekt ist die Verbesserung der CO₂-Bilanz der Hopfenbaubetriebe durch die dauerhafte Speicherung des CO₂ in der Hopfenfaser. Und schließlich bedeutet die Abgabe der Hopfenreben eine Imageverbesserung für die Hopfenbaubetriebe in Bezug auf Verunreinigung der Straßen mit "Hopfenspikes".

4.4 Untersuchungen zur Messung der Bodenfeuchte und zur Bewässerungssteuerung für eine ressourcenschonende Hopfenbewässerung (ID 6911)

Hintergrund

In früheren Forschungsprojekten wurde die Notwendigkeit und technische Umsetzung der Hopfenbewässerung vielfach erprobt und belegt. Zusammengefasst wurde der Stand der Wissenschaft und Technik der Hopfenbewässerung in der LfL-Informationsbroschüre „Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen“. Trotz der zahlreichen Versuchsergebnisse tauchen in der Praxis immer wieder Fragen auf, welche Tropfabstände oder welche Bewässerungszeiten und -mengen in Abhängigkeit von der Bodenart optimal oder noch ökonomisch sinnvoll sind. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Wasser zur Hopfenbewässerung sind diese Fragen insbesondere für Betriebe mit limitierten Wasserressourcen entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg der Hopfenbewässerung.

Ziel des Projekts ist es, in Kooperation mit Herrn Parssa Razavi von der Fa. Irriport GmbH, einem der führenden Unternehmen in Deutschland bei der Planung, Errichtung und dem Betrieb von gemeinschaftlichen Bewässerungsanlagen im Obst-, Gemüse- und Weinbau, Untersuchungen zur Messung der Bodenfeuchte und zur Bewässerungssteuerung für eine ressourcenschonende Hopfenbewässerung durchzuführen. Dabei soll gezielt der Frage nachgegangen werden, ob durch eine standortangepasste Steuerung der Bodenfeuchte durch

Optimierung von Tropfabstand und Tropferausstoß eine Verringerung der bisher in der Praxis üblichen Bewässerungsmenge möglich ist.

Versuchsanstellung und Methodik

In einem Praxishopfungarten mit der Sorte Herkules auf einem leichten, sandigen Standort wurden in 4 Versuchspartzen in 2 verschiedenen Tiefen TDR-Bodenfeuchtesensoren verbaut, um die Bodenfeuchte in Abhängigkeit von den Bewässerungsgaben zu bestimmen und die Ein- und Ausschaltzeitpunkte zu steuern. Als Vergleich dienten die betriebliche Bewässerungssteuerung und eine nicht bewässerte Kontrollvariante. Kombiniert wurde der Versuch mit der Verwendung unterschiedlicher Tropfschläuche auf dem Bifang mit verschiedenen Tropfabständen und Ausstoßmengen. Ein wichtiger Bestandteil einer optimierten Bewässerungssteuerung ist eine intelligente Steuer- und Regelmöglichkeit. Dafür wurden elektrisch ansteuerbare Ventile und digitale Wasseruhren für die einzelnen Varianten verbaut. Alle Daten von den Bodenfeuchtesensoren und einer Wetterstation waren durch Datenübertragung stets online einsehbar und die Ventile ebenso ansteuerbar. Durch die digitale Zusammenführung von Sensordaten und der Ventilsteuerung konnte unter anderem eine automatisierte Ventilsteuerung ab Erreichung gewisser Schwellenwerte bei der Bodenfeuchte eingerichtet werden.

Der Versuch wurde in Form eines Streifenversuchs mit drei Bifängen Breite angelegt. Aus der mittleren Versuchsreihe wurden pro Variante je 3 unechte Wiederholungen in der Reihe in Hüll exakt beerntet. Neben der Ertragsermittlung (mit TS-Bestimmung) und der Untersuchung von Qualitätsparametern (Alphasäuren- und Ölgehalt) wurde auch die Trockenmasse und der N-Entzug differenziert nach Dolden und Restpflanze ermittelt.

Folgende Varianten wurden je nach Tropfschlauchart und abhängig von der Bodenfeuchte in unterschiedlichen Gaben und Zyklen bewässert und versuchsbeerntet:

Tab. 9: Übersicht der Versuchsvarianten/Tropfschläuche

Variante	Tropferabstand (cm)	Ausstoß je Tropfer (Liter)	Ausstoß je Meter Tropfschlauch (l/m)
A - TA 80	80	1,75	2,2
B - TA 50	50	1,6	3,2
C - TA 20	20	1,0	5,0
D - TA 60	60	2,4	4,0
E - Kontrolle	keine Bewässerung		
F - Betriebsüblich	50	1,0	2,0

Ergebnisse

Im Jahr 2023 gab es eine ausgesprochene Trockenphase in den Monaten Juni und Juli, gefolgt von einer niederschlagsreichen Zeit im August. An der Wetterstation am Standort Stadelhof, die ca. 8 Kilometer südlich vom Versuchsstandort liegt, wurden in den Monaten Juni und Juli in Summe ein Niederschlag von 131 mm verzeichnet, wohingegen im August 167 mm erfasst wurden. Der Versuchsaufbau konnte Mitte Juni abgeschlossen und mit der

individuellen Bewässerung der einzelnen Varianten begonnen werden. Anfang August waren bei einer optischen Bonitur der Versuchsvarianten Unterschiede im Habitus zu erkennen. Die Varianten A, C, und vor allem F wurden als wüchsiger eingeschätzt. Dieser optische Unterschied war kurz vor der Ernte nicht mehr so deutlich sichtbar. Auch die Ernteergebnisse in Abb. 30 weisen zwischen den bewässerten Varianten kaum Unterschiede im Doldenertrag auf, obwohl die applizierten Wassermengen deutlich differierten.

Erklären lassen sich die Ertragsergebnisse möglicherweise durch den nassen August und das große Ertrags-Kompensationsvermögen der Sorte *Herkules*. Trotz des geringen Tropferabstand bei der Variante „TA 20“ von 20 cm (Ausstoß 1 l/h) und der dadurch bedingten hohen Wasserausbringungsmenge von 2558 m³/ha konnte kein Mehrertrag erzielt werden. Der tendenziell höchste Ertrag im Versuch konnte in der betriebsüblichen Variante gemessen werden. Hier wurde ein Tropferabstand von 50 cm (Ausstoß 1 l/h) verwendet und eine Wassermenge von 1450 m³/ha appliziert.

Die Kontrollvariante ohne Bewässerung hatte im Vergleich zum Mittel der bewässerten Varianten einen um 32 % signifikant niedrigeren Doldenertrag. Im Alphasäuregehalt lag die unbewässerte Kontrolle ebenfalls etwas niedriger als die bewässerten Varianten. Die betriebsübliche Variante weist zwar im Vergleich zu den bewässerten Varianten den höchsten Doldenertrag auf, fällt im Alphasäuregehalt leicht nach unten ab.

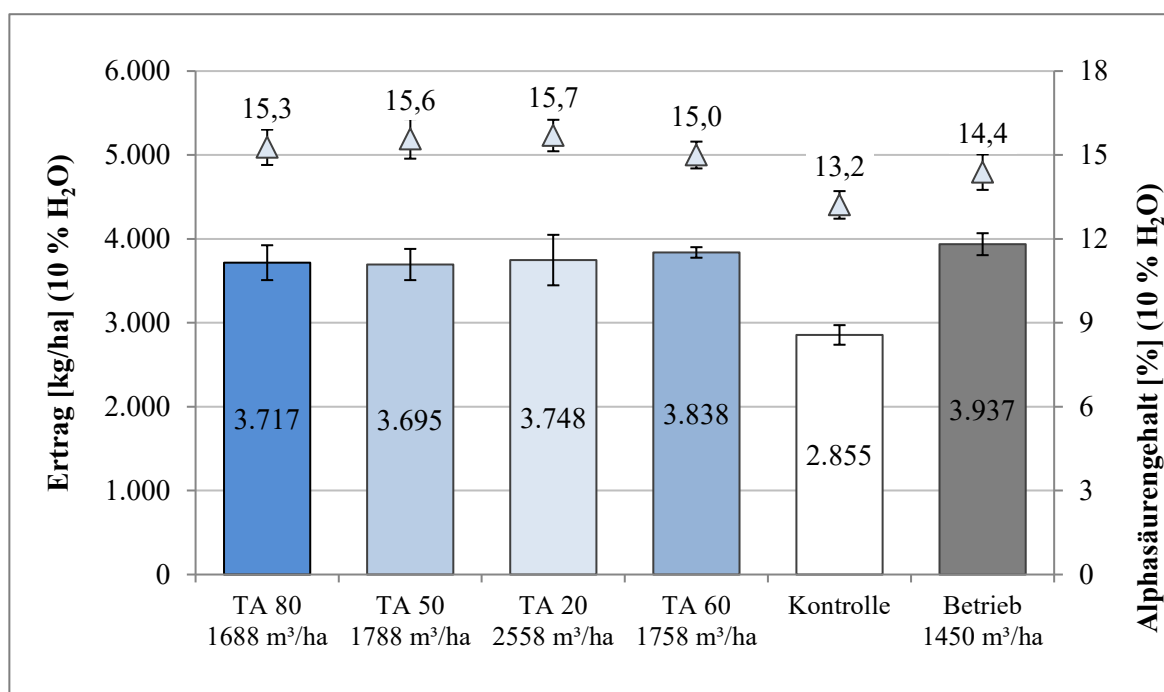


Abb. 30: Doldenertrag und Alphasäuregehalt der Versuchsvarianten, leichter Standort Sorte *Herkules*, 2023

Ausblick

In nachfolgenden Versuchen soll sich lediglich auf zwei Tropfschlauchtypen fokussiert werden. Dabei sollen Tropfschläuche mit 80 cm bzw. 50 cm Tropferabstand zum Einsatz kommen. Bei der Bewässerungssteuerung ist künftig geplant, neben der betrieblichen Steuerung verschiedene Methoden und Tools (z. B. ALB-Bewässerungsapp) für die Bemessung von Zeitpunkt und Menge der Bewässerungsgabe zu betrachten und heranzuziehen.

4.5 Wärmebildtechnik als weiteres Hilfsmittel bei der Optimierung der Bandtrocknung

Ausgangssituation:

In der Praxis gibt es Bandtrockner mit unterschiedlichen Konfigurationen, d. h. Ausstattung mit ein oder zwei Warmlufterzeugern mit unterschiedlichen Luft- und Heizleistungen. Zahlreiche Auswertungen und Dokumentationen belegen ein unterschiedliches Trocknungsverhalten und unterschiedliche Trocknungsergebnisse, bedingt durch die unterschiedlichen Betriebsweisen der Hopfenpflanze.

Ein Indiz für einen optimalen Trocknungsverlauf ist ein stetiger Wasserabtransport des zu trocknenden Hopfens auf den drei Trocknungsbändern während des Transportes durch den Trockner.

Methode:

In mehreren Bandtrocknern in Praxisbetrieben wurden Data-Logger über den Trocknungsbändern jeweils am Anfang und am Ende sowie auf dem oberen Band zusätzlich in der Mitte angebracht. Dadurch konnte während der gesamten Ernte die Temperatur der den Hopfen durchströmenden Luft an den gewählten Messstellen dokumentiert werden. Am Ende des oberen Bandes wurde zudem eine Wärmebildkamera fest installiert.

Ergebnis:

Mit Hilfe der Auswertungen der Data-Logger konnte das Trocknungsverhalten bei den Praxisbetrieben gut beurteilt werden. Die Abb. 31 und Abb. 32 zeigen die Temperaturen der durchströmenden Trocknungsluft über den Hopfenschichten

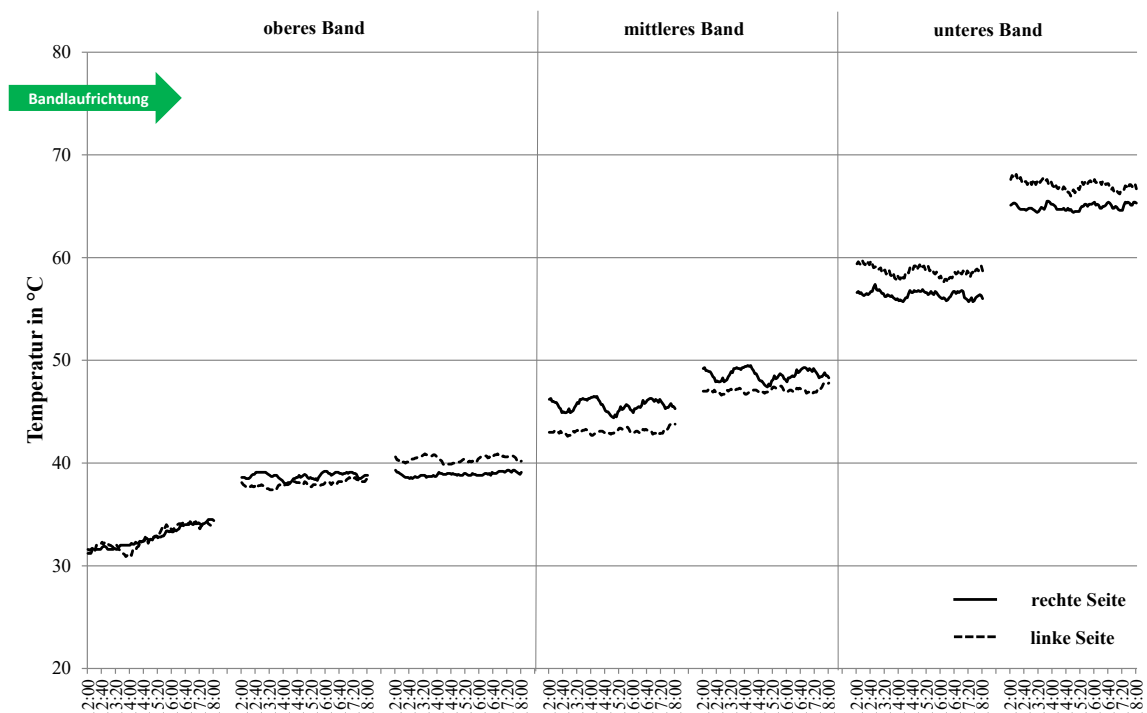


Abb. 31: Gleichmäßiger Temperaturanstieg der durchströmenden Trocknungsluft über allen Trocknungsbändern

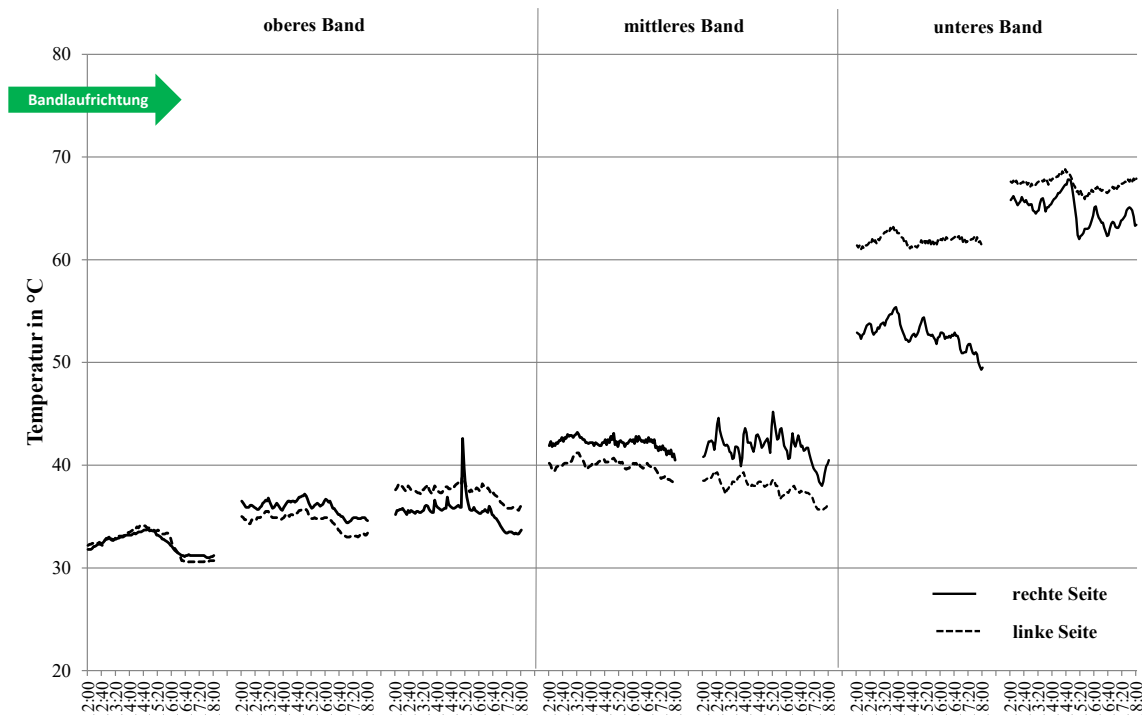


Abb. 32: Stagnierender Temperaturverlauf der durchströmenden Trocknungsluft über dem mittleren Trocknungsband

Der kontinuierliche Temperaturanstieg über den 3 Trocknungsbändern in Abb. 31 lässt auf einen gleichmäßigen Trocknungsverlauf schließen. Im Gegensatz dazu stagniert der Temperaturverlauf in Abb. 32 über dem mittleren Band. Dies deutet darauf hin, dass hier kaum oder nur eine geringe Abtrocknung erfolgt. Ein langsamer bzw. stagnierender Wasserabtransport erfordert eine längere Trocknungsdauer und verringert die Effizienz.

Durch den Einbau einer fest installierten Wärmebildkamera am Ende des obersten Bandes wurden die Doldenoberflächentemperaturen des Hopfens über die ganze Bandbreite erfasst. Dadurch konnte während der gesamten Trocknungszeit die Abtrocknung des Hopfens auf dem oberen Trocknungsband beobachtet bzw. auf Gleichmäßigkeit in Echtzeit kontrolliert werden.

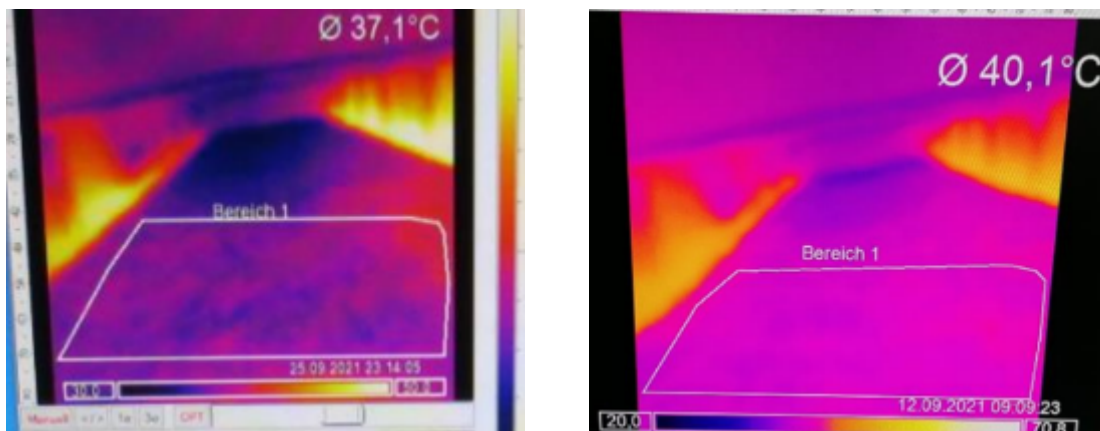


Abb. 33: Wärmebilder einer fest installierten Wärmebildkamera am Ende des oberen Trocknungsbandes mit Blick in Richtung Auftragung

Das rechte Wärmebild in Abb. 33 zeigt eine annähernd gleichmäßige Abtrocknung über die gesamte Trocknungsfläche des oberen Bandes. Die Doldenoberflächentemperatur ist auf durchschnittlich 40°C angestiegen. Im Gegensatz dazu ist beim linken Wärmebild (dunkelblaue Bereiche) deutlich zu erkennen, dass der Hopfen vor allem im vorderen Trocknungsbereich zu langsam trocknet. Zudem verläuft die Trocknung ungleichmäßiger. In diesem Fall wäre z. B. die Reduzierung der Schütthöhe eine erste Gegenmaßnahme.

Folgerung:

Anstatt oder zusätzlich zu den fest eingebauten Data-Loggern kann in der Praxis mit mobilen Wärmebildkameras durch Messen der Doldenoberflächentemperaturen der Trocknungsverlauf bzw. der Trockengrad des Hopfens auf den jeweiligen Trocknungsbändern sehr gut überprüft werden. Zusätzlich ermöglicht der Einbau einer fest installierten Wärmebildkamera am Ende des obersten Bandes eine Kontrolle auf Gleichmäßigkeit der Abtrocknung über die gesamte Bandbreite und Bandlänge.

4.6 Testung verschiedener biologisch abbaubarer Materialien als Ersatz für die Kunststoffkordel am „Schnurdraht“

Hintergrund

In der Hallertau wird jährlich auf annähernd der Hälfte der Hopfenanbaufläche Aufleitdraht mit einem Kunststoffschnurende am Hopfengerüst angebracht. Hintergrund der Kunststoffschnur aus Polypropylen (PP) am oberen Ende des Drahtes ist die Minimierung der Fallreben bei Wind- und Sturmereignissen. Die flexible Schnur scheuert dabei im Vergleich zum Draht nicht am Gerüst, bildet keine mögliche Bruchstelle und bleibt stabiler. Die Schnüre reißen bei der Ernte in der Regel nicht mit ab und verbleiben über die Jahre an der Gerüstanlage. Die UV-Strahlung der Sonne kann aber den Kunststoff nach mehreren Jahren porös werden lassen, so dass im Laufe der Zeit ein Eintrag von Kunststoffresten in den Boden nicht auszuschließen ist. Da Polypropylen sich im Boden kaum zersetzt, reichern sich mit der Zeit die Kunststoffreste im Boden an und stellen eine sichtbare Verunreinigung unserer Böden dar. Selbst bei weiterer mechanischer Zerkleinerung verschwindet der Kunststoff nicht. Partikel kleiner 5 mm werden per Definition als Mikroplastik bezeichnet und reichern sich in unserer Umwelt zunehmend an. Durch Wind oder abfließendes Oberflächenwasser können die winzigen Kunststoffteilchen verfrachtet werden und gelangen auf bisher unbelastete Felder oder in unsere Bäche und Flüsse.

Um dem zunehmenden Eintrag von Schnurresten und Kunststoffabfällen in unsere Hopfenfelder entgegenzuwirken, suchen die Drahtanbieter seit Jahren nach Alternativmaterialien für die Kunststoffkordel am „Schnurdraht“. Diese muss zum einen die bewährten Anforderungen an die Reißfestigkeit und Handhabung erfüllen, sollte aber auf der anderen Seite biologisch vollständig abbaubar sein und so das Umweltproblem lösen.

Zur wissenschaftlichen Untersuchung und objektiven Bewertung marktfähiger Lösungen führt die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft im 2. Jahr vergleichende Versuche mit „Schnurdraht“ an zwei Standorten durch, die nachfolgend kurz beschrieben werden.

Methodik

Die Versuchsstandorte befanden sich in beiden Jahren in der nördlichen Hallertau bei Ilmendorf und Forchheim. Um anspruchsvolle Bedingungen zu generieren waren beide

Hopfenflächen von der Hauptwindrichtung Westen her offen und mit der Sorte Herkules bepflanzt. Die Aufleitdrähte mit den verschiedenen Versuchsvarianten wurden praxisüblich im zeitigen Frühjahr angebracht. Dabei wurden immer die beiden Stacheldrähte eines Bifangs mit je einer Variante aufgehängt.

Zur Verwendung kamen biologisch abbaubare Materialien natürlichen Ursprungs, die von verschiedenen Herstellern zur Verfügung gestellt wurden. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit der getesteten Materialien konnten nicht alle Varianten über die komplette Länge des Hopfengartens aufgehängt werden. So kamen bei einigen Varianten nur insgesamt 100 Schnurdrähte zum Einsatz. Da von einzelnen Materialien nur Garnrollen zur Verfügung standen, mussten die Schnurkordeln händisch an die Eisendrähte geknüpft werden, bevor das Aufleitmaterial am Stacheldraht angebracht werden konnte.

Als Alternativen zur Kunststoffschnur kamen im Jahr 2023 zum Einsatz:

- Schnüre aus Polylactide (PLA) oder Polymilchsäuren
- Zellulose-Schnur der Firma Joro Verde
- Garn auf der Basis von Sisal- und sonstigen Naturfasern

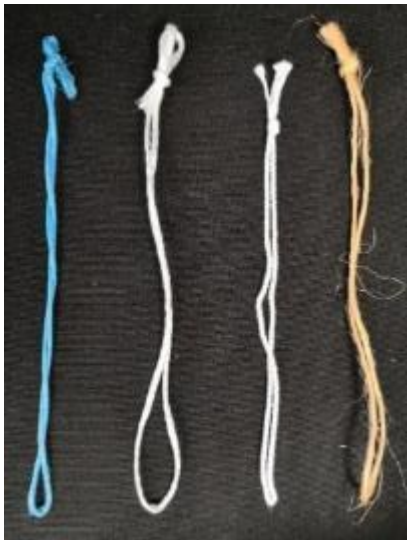


Abb. 34: Getestete Materialien: Kunststoff-, PLA-, Zellulose und Sisalschnur (von links)

Als Referenz wurden im Versuch folgende praxisüblichen Materialien eingesetzt:

12 mm Kunststoffschnur-Draht und 13 mm Eisendraht

Während der Befestigung der Aufleitdrähte wurde der Umgang mit den jeweiligen Materialien beurteilt und bis zur Ernte hin die Versuchsfläche auf Fallreben kontrolliert.

Ergebnisse und Diskussion

In nachfolgender Tabelle wurde eine erste Bewertung der verwendeten Materialien bzgl. Handhabung, Reißfestigkeit (Anzahl der ermittelten Fallreben) und Umweltverträglichkeit (biologisches Abbauverhalten) aufgrund der Ergebnisse an beiden Versuchsstandorten vorgenommen:

Tab. 10: Bewertung der Schnurdrahtmaterialien im Vergleich zum kompletten Eisendraht

Material	Handhabung (beim Aufhängen)	Reißfestigkeit (Fallreben)	Umweltverträglichkeit (Biol. Abbauverhalten)
Eisendraht	+ + +	+ +	+ + +
Kunststoffschnur	+ +	+ + +	-
PLA-Schnur	+ +	+ + +	(+)
Zellulose	+	+ + +	+ + +
Naturfasern (Sisal)	+ +	(+)	+ + +

+ = gut, positiv - = schlecht, negativ

Der **Eisendraht** als Aufleithilfe war jahrzehntelang Standard im Hopfenanbau und wurde in den letzten 30 Jahren in windanfälligen Lagen wegen der erhöhten Zahl an Fallreben langsam vom Schnurdraht abgelöst. Nach der Ernte kann der Eisendraht in Form von gehäckselten Drahtstiften mit Magnetabscheidern weitgehend von den Rebenhäckseln getrennt und der Alteisenverwertung zugeführt und recycelt werden. Auf die Felder zurückgebrachte Drahtstifte oxidieren und das Eisen geht in den natürlichen Eisenvorrat des Bodens ein.

Die **Kunststoffschnur** hat ihre Vorteile in windanfälligen Lagen und bei Sorten mit hohen Rebengewichten, da weniger Fallreben auftreten und mühsam wieder aufgehängt werden müssen. In letzter Zeit ist die Kunststoffschnur allerdings im Zusammenhang mit der Mikroplastik-Diskussion in Kritik geraten, da herabfallende Kunststoffteile im Boden nicht abgebaut werden und sich in der Umwelt anreichern.

Als umweltfreundliche Alternative wird **Schnurdraht aus Polylactid (PLA)** angeboten, die in Handhabung und Reißfestigkeit der herkömmlichen Kunststoffschnur ähnelt. Die PLA-Schnur ist ein Biokunststoff, der aus nachwachsenden und natürlichen Rohstoffen (z. B. Maisstärke) gewonnen wird. Hinsichtlich der Umweltverträglichkeit gibt es allerdings Einschränkungen. Ein biologischer Abbau dieses Kunststoffs funktioniert nur in industriellen Kompostieranlagen bei Temperaturen über 55 °C. Eine Verrottung im Boden unter natürlichen Bedingungen erfolgt kaum oder geht nur sehr langsam von statten.

Um nachhaltige Alternativen zur Kunststoffschnur anzubieten, wurde der Fokus auf Materialien gelegt, die auch im Boden verrotten und vollkommen biologisch abbaubar sind. Vielversprechend wurde im vergangenen Jahr eine **Zelluloseschnur** getestet, die eine sehr gute Reißfestigkeit aufwies (keine Fallreben!) und sich innerhalb weniger Monate im Boden rückstandsfrei abbaut. Ausgangsmaterial für die Kordel ist Zellulose aus Buchenholz, das industriell zu einer festen Faser verarbeitet wird. Einziger Nachteil ist das etwas schlechtere Handling beim Drahtaufhängen, da die Zellulosekordel etwas schlappig ist und nicht die gewohnte Steifigkeit der Kunststoffschnur besitzt. Versuche mit der Behandlung mit Wäschestärke zeigten vielversprechende Ergebnisse. Nach dem Eintauchen der Kordel in eine Stärkelösung und dem anschließenden Trocknen verbesserte sich die Steifigkeit deutlich.



Abb. 35: Hopfenrebe an Zellulose-Schnurdraht kurz vor der Ernte

Als weiteres Naturmaterial, das die gewünschte Steifigkeit besitzt und ebenfalls 100 % biologisch abbaubar ist, wurde eine **Schnur aus Sisal** und anderen Naturfasern getestet. Das bereitgestellte Material hatte allerdings nicht die geforderte Reißfestigkeit, so dass im Verlauf des Versuchs eine nicht tolerierbare Anzahl an Fallreben auftrat. Zur Verbesserung könnte die Kordel in ihrem Durchmesser verstärkt oder die Verdrillung optimiert werden. Bei natürlich gewonnenen und weiterverarbeiteten Fasern bleibt aber immer ein Restrisiko hinsichtlich schwankender Qualitäten.

Um weitere Verbesserungen zu erzielen und schließlich ein nachhaltiges und umweltfreundliches Produkt als echte Alternative zur Kunststoffschnur anzubieten, wird die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft auch 2024 wieder alternative biologisch abbaubare Schnurdrahtmaterialien testen.

4.7 LfL-Projekte im Rahmen der Produktions- und Qualitätsinitiative

Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft ließ 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 2023 zusammengefasst.

4.7.1 TS- und Alphasäurenmonitoring

In der Zeit vom 16.08. - 26.09.2023 wurden – über die Hallertau verteilt – von den Hopfenaromasorten Hallertauer Mfr., Hallertauer Tradition, Perle, Hersbrucker Spät und Tango sowie von den Hochalphasorten Hallertauer Magnum, Herkules und Titan 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.

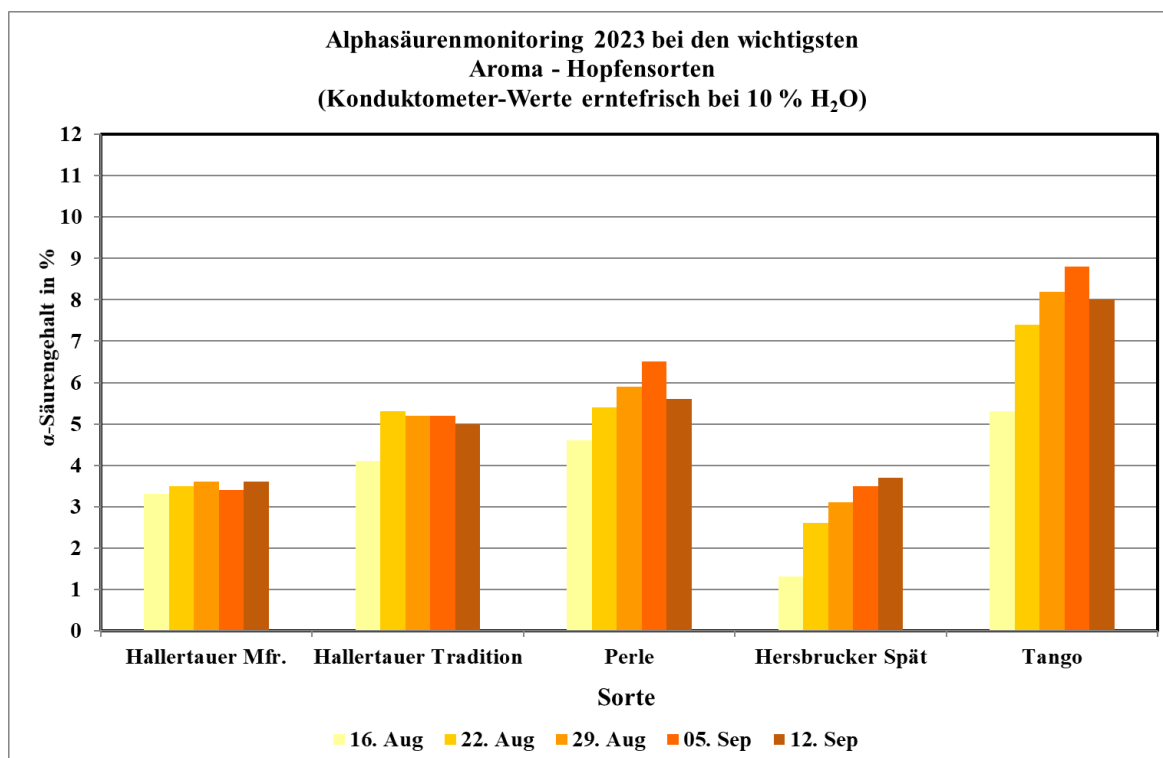


Abb. 36: Monitoring zur Entwicklung der Alphasäuregehalte 2023 bei den wichtigsten Aromasorten

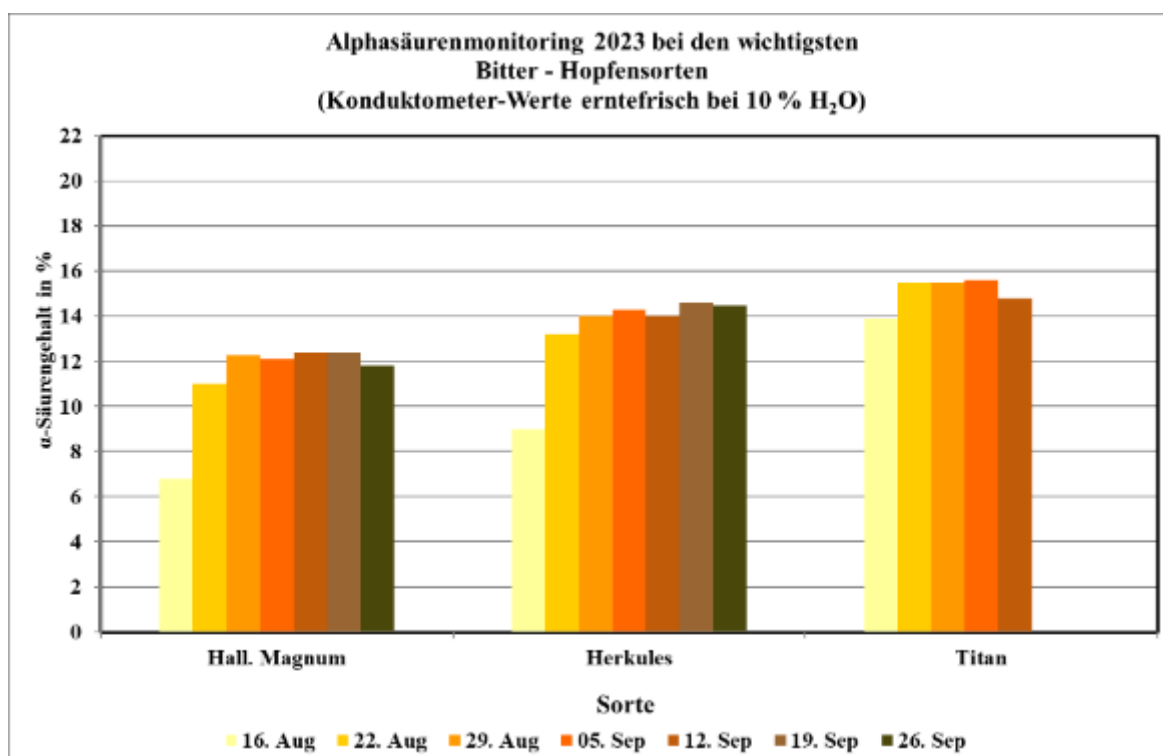


Abb. 37: Monitoring zur Entwicklung der Alphasäuregehalte 2023 bei den Hochalpha-sorten

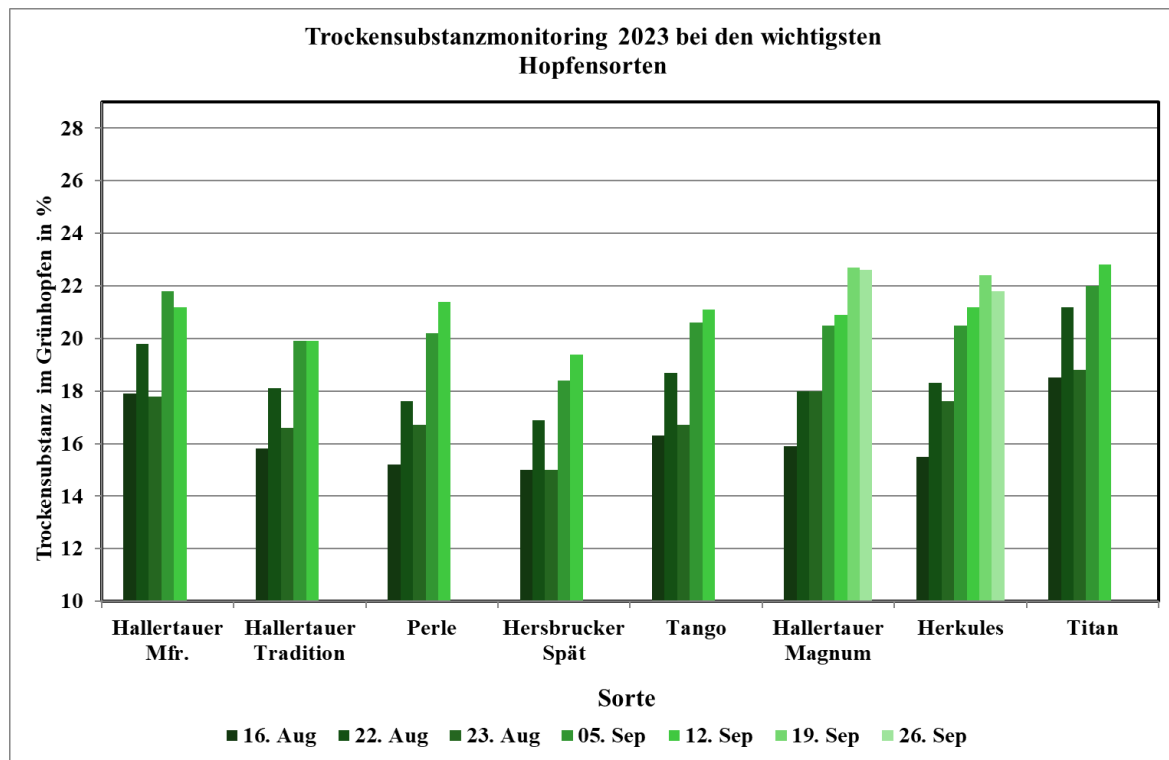


Abb. 38: Monitoring zur Entwicklung der Trockensubstanzgehalte 2023 der wichtigsten Hopfensorten

In den nachfolgenden grafisch aufbereiteten Übersichten wird beispielhaft für die Sorten Perle und Herkules ein Vergleich der Daten der Jahre 2022, 2023 mit 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 2023 bei den Sorten Perle und Herkules erneut ein enttäuschendes Bild abgaben und unter den langjährigen Durchschnittswerten lagen.

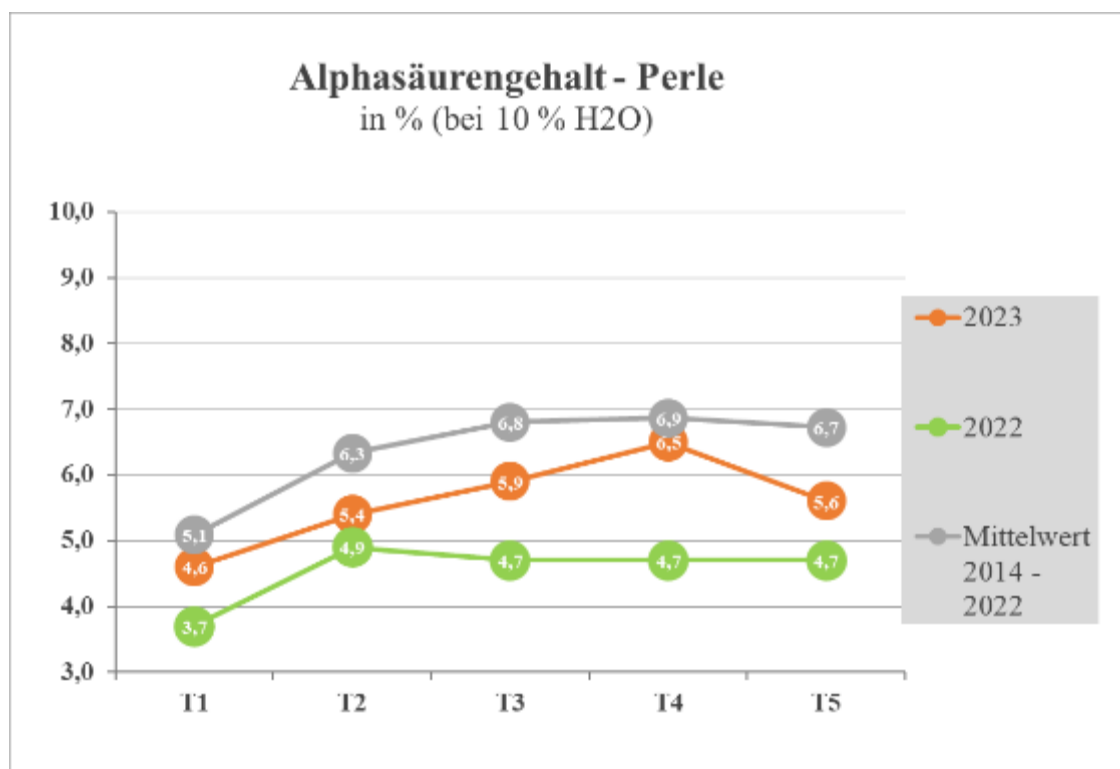


Abb. 39: Entwicklung der Alphasäuregehalte im Monitoring bei der Sorte Perle im Vergleich zu den Vorjahren

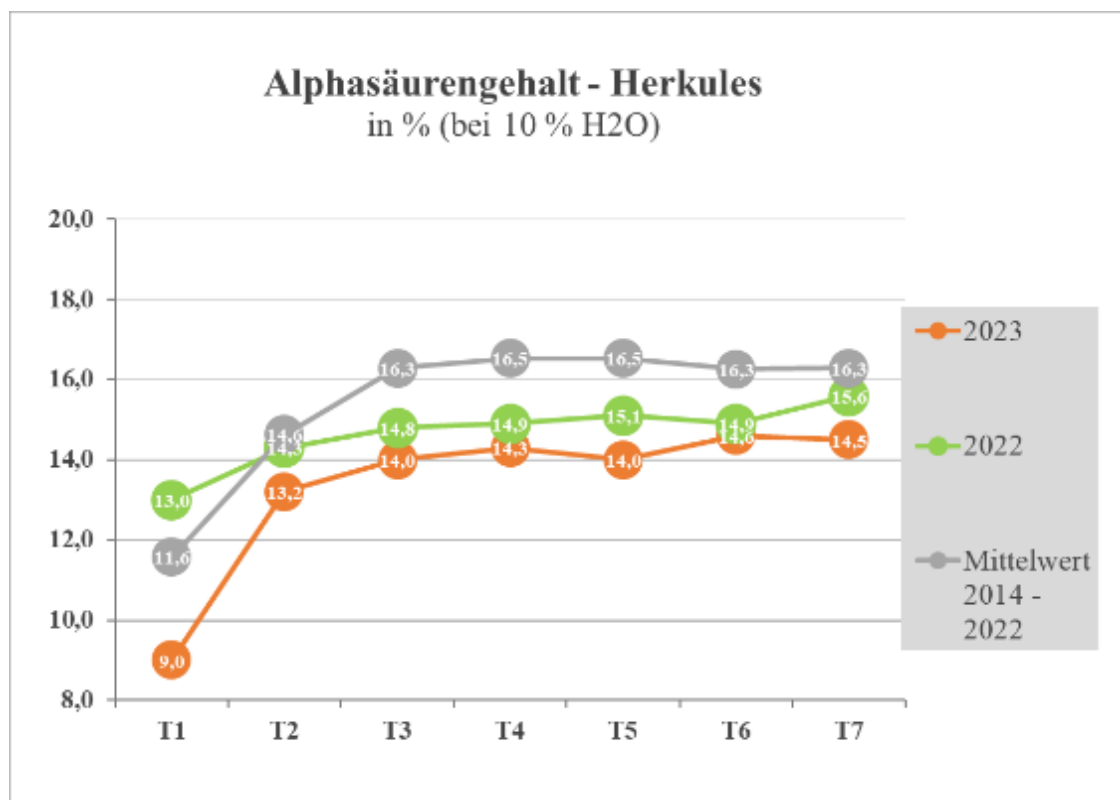


Abb. 40: Entwicklung der Alphasäuregehalte im Monitoring bei der Sorte Herkules im Vergleich zu den Vorjahren

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

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

Dazu wurden in der Zeit vom 22. Mai bis 7. August 2023 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 folgenden Abbildung exemplarisch dargestellt. Durch die kühle und nasse Frühjahrswitterung im Jahr 2023 konnten die ersten Spinnmilben erst 2 bis 4 Wochen später als üblich auf den Hopfenblättern gefunden werden. Der Befall entwickelte sich deutlich langsamer als in den Vorjahren. Es gab auch keinen sprunghaften Anstieg des Befallsindex. Dadurch konnten die notwendigen Bekämpfungsmaßnahmen gezielt erfolgen und auf das notwendige Maß beschränkt werden.

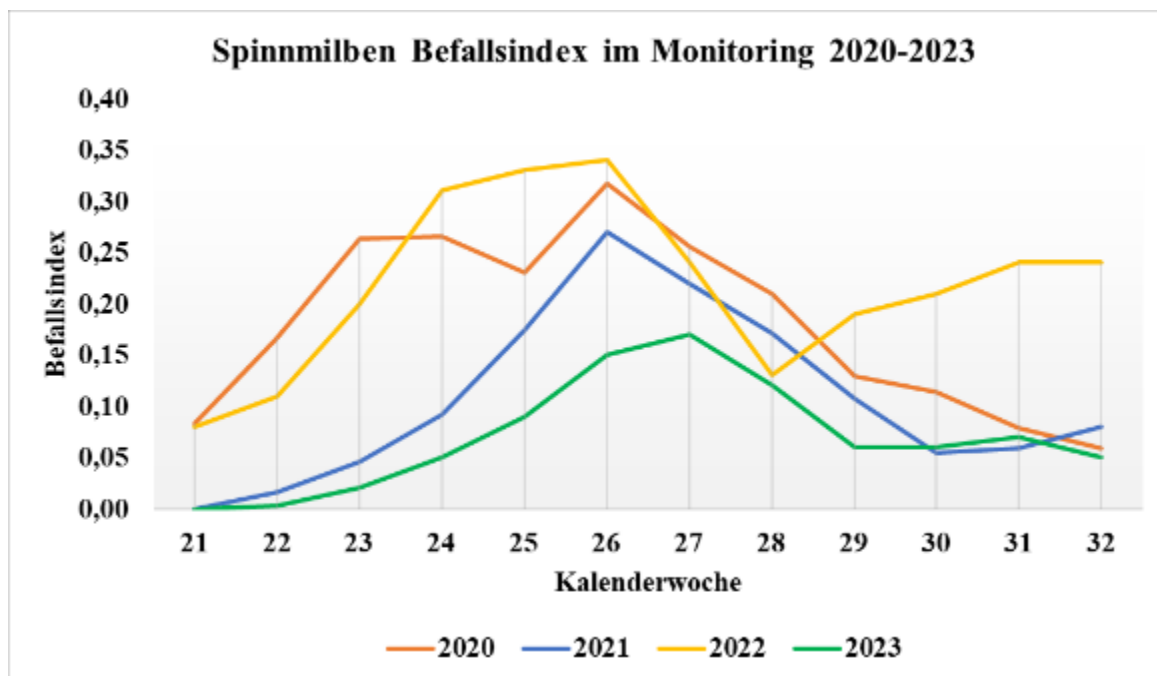


Abb. 41: Verlauf des Spinnmilben-Befallsindex als Mittelwert über alle 33 Monitoringstandorte

4.7.3 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

Gewässerschutz 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 den Jahren 2019 bis 2023 wurden in der Zeit von Ende Mai bis Mitte August an jeweils 10 Terminen im wöchentlichen Rhythmus in verschiedensten Parzellen Chlorophyllmessungen mit dem SPAD-Meter („soil plant analysis development“) (SPAD-502 plus) an Hopfenblättern durchgeführt. Für repräsentative Aussagen erfolgten je Termin und Parzelle 20 Einzelmessungen an Blättern auf einer Höhe von ca. 1,6 m. Um eine Aussage zum tatsächlichen N-Versorgungszustand zu erhalten, wurden die 20 gemessenen Blätter abgetrennt, gesammelt, getrocknet und zusammen auf den Gesamt-N-Gehalt in der Trockenmasse (nach Dumas-Methode) untersucht. Die 20 Blätter wurden immer an beiden Aufleitungen von 10 Hopfenreben hintereinander untersucht, um durch die Exposition eines Blattes im Sonnen- oder Schattenbereich keine fälschlichen Messergebnisse zu erzeugen. Je Sorte, Standort und Variante wurde aus mehreren Wiederholungen ein SPAD-Wert ermittelt. Somit sollten einerseits Unterschiede der Sorten, aber auch in der Stickstoffversorgung aufgedeckt werden und anschließend mithilfe von linearen Regressionsmodellen die Beziehung zwischen gemessenen Chlorophyllwerten und den tatsächlichen N-Gehalten untersucht werden.

In den Jahren 2019 bis 2021 und 2023 wurden die Messungen jeweils in Stickstoffdüngerversuchen durchgeführt, um zu identifizieren ob die Chlorophyllmessungen die Unterschiede in der Stickstoffversorgung erfassen können. Im Jahr 2022 erfolgten die Messungen parallel in zwei Sortengärten der Züchtungsforschung, damit mögliche sortenbedingte und standortbedingte Unterschiede bei gleichem Stickstoffangebot aufgedeckt werden können.

Ergebnisse:

Chlorophyllmessungen:

In den Jahren 2019 bis 2021 und 2023 konnte in den Düngerversuchen mit jeweils 3 unterschiedlich hohen N-Düngestufen das differenzierte N-Versorgungsangebot mithilfe der SPAD-Meter-Messung identifiziert werden. In jedem der Versuche wiesen die höher gedüngten Varianten höhere Messwerte als sehr niedrig gedüngte oder gar nicht gedüngte Versuchsglieder auf. Deutliche Versorgungsunterschiede waren meist früher in der Saison (Anfang Juni) messbar, geringe Unterschiede in der Stickstoffversorgung wurden oft erst sehr spät (Anfang Juli) oder kaum messbar. Im Jahr 2019 und 2020 wurde das differenzierte N-Angebot erst Anfang Juli mithilfe der Chlorophyllmessungen sichtbar (siehe Jahresberichte 2019 und 2020). 2021 konnten bereits Anfang Juni deutliche N-Versorgungsunterschiede erfasst werden (siehe Jahresbericht 2021). Bei der genauen Betrachtung verschiedener Sorten auf 2 Standorten mit vergleichbarem N-Angebot im Jahr 2022 zeigte sich, dass zwischen den Hopfensorten auch bei gleichem Stickstoffangebot deutliche Unterschiede in den SPAD-Meterwerten an den einzelnen Terminen vorliegen. Im Mittel über alle Termine hinweg lag die Differenz. von Hall. Magnum und Perle zum Beispiel bei einem SPAD-Wert

von 5,4. Es ist davon auszugehen, dass sortenbedingte Unterschiede in der Blattfarbe (Hall. Magnum deutlich dunkler als Perle) die SPAD-Meter-Messung ohne Zusammenhang mit der Stickstoffversorgung beeinflussen (Jahresbericht 2022). Wie vergangene Untersuchungen zeigten, kann einer Differenz im SPAD-Wert von 5,4 Punkten bei der gleichen Sorte eine deutliche N-Mangelversorgung zugrunde liegen. Dies bestätigt, dass der SPAD-Meter-Wert unabhängig vom N-Versorgungszustand sortenbedingt stark differenzieren kann. Im Versuchsjahr 2023 wurden die Messungen wiederum in einem Düngeversuch mit organischen Düngern und unterschiedlichen N-Angeboten durchgeführt. Auch in diesem Versuchsjahr wurde der N-Versorgungsunterschied zwischen 90 kg N und 180 kg N über alle Messtermine sichtbar. Ein verbessertes N-Angebot durch die mehrjährige Düngung von Rebhäcksel oder Gärresten konnte jedoch im Vergleich zur 90 kg N-Variante nicht festgestellt werden, was jedoch bei der Versuchsbeerntung mit einem Mehrertrag und einem höheren Stickstoffentzug messbar war (Abb. 42).

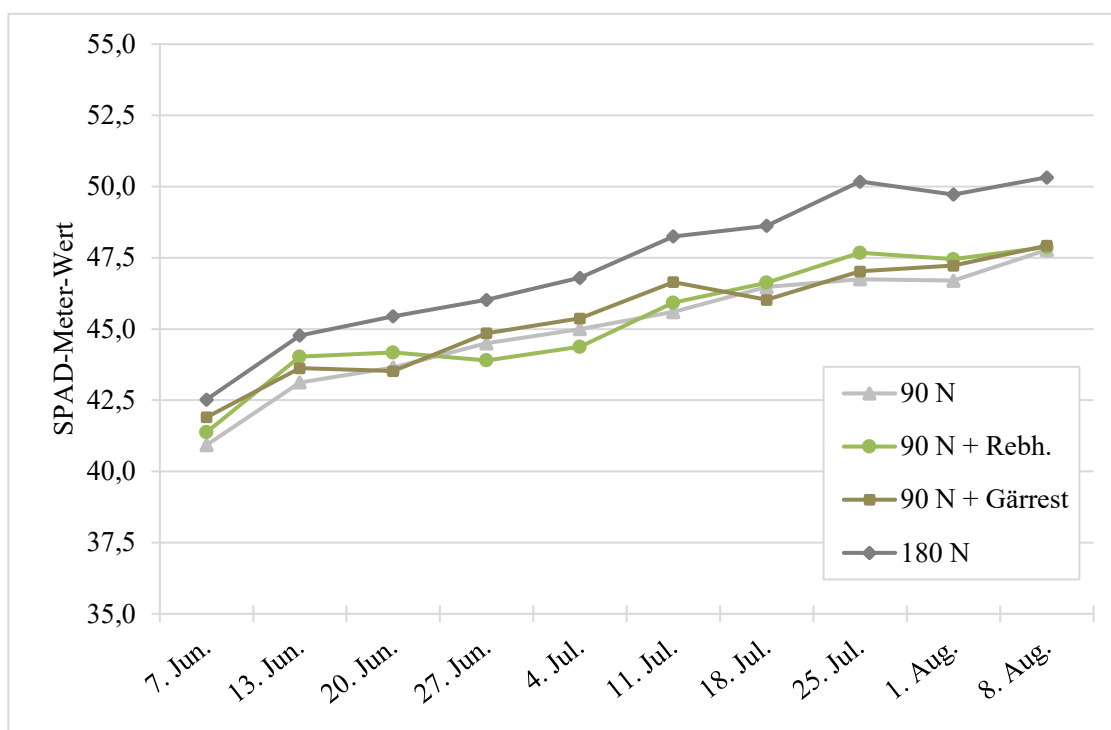


Abb. 42: SPAD-Meter Werte im Jahresverlauf 2023 über 10 Termine hinweg im Düngeversuch mit organischen Düngern (mit den Varianten: 90 N = 90 N mineralisch in 2 Gaben; 90 N + Rebh. = 90 N mineralisch in 2 Gaben + 90 N über Rebhäcksel im Herbst; 90 N + Gärrest = 90 N mineralisch in 2 Gaben + 90 N über Gärrest im Juni; 180 N = 180 N mineralisch in 4 Gaben), leichter Standort, Sorte Herkules

Zusammenhang Chlorophyllmessungen und N-Gehalt in den Blättern

In allen 5 Versuchsjahren wurden die mit dem SPAD-Meter gemessenen Blätter gesammelt und anschließend auf den N-Gehalt in der Trockensubstanz untersucht (Dumas Verbrennungsmethode). Parallel zu den Verläufen der SPAD-Meter-Werte konnten so die Kurvenverläufe des tatsächlichen N-Gehalts in der pflanzlichen Biomasse dargestellt und verglichen werden. Wie in Abb. 43 zu erkennen, weisen die Untersuchungswerte ähnliche Unterschiede in den Varianten auf. Jedoch fällt auf, dass die Kurve der N-Gehalte stetig fällt, während die SPAD-Meter-Werte bis Mitte August anstiegen. Der Effekt, dass sich der N-Gehalt in grünen Pflanzenteilen während der Vegetation stets reduziert, ist als

Verdünnungseffekt bekannt. Dabei steigt die Zunahme an Biomasse überproportional im Vergleich zur Aufnahme an Stickstoff, weshalb sich der relative N-Gehalt reduziert.

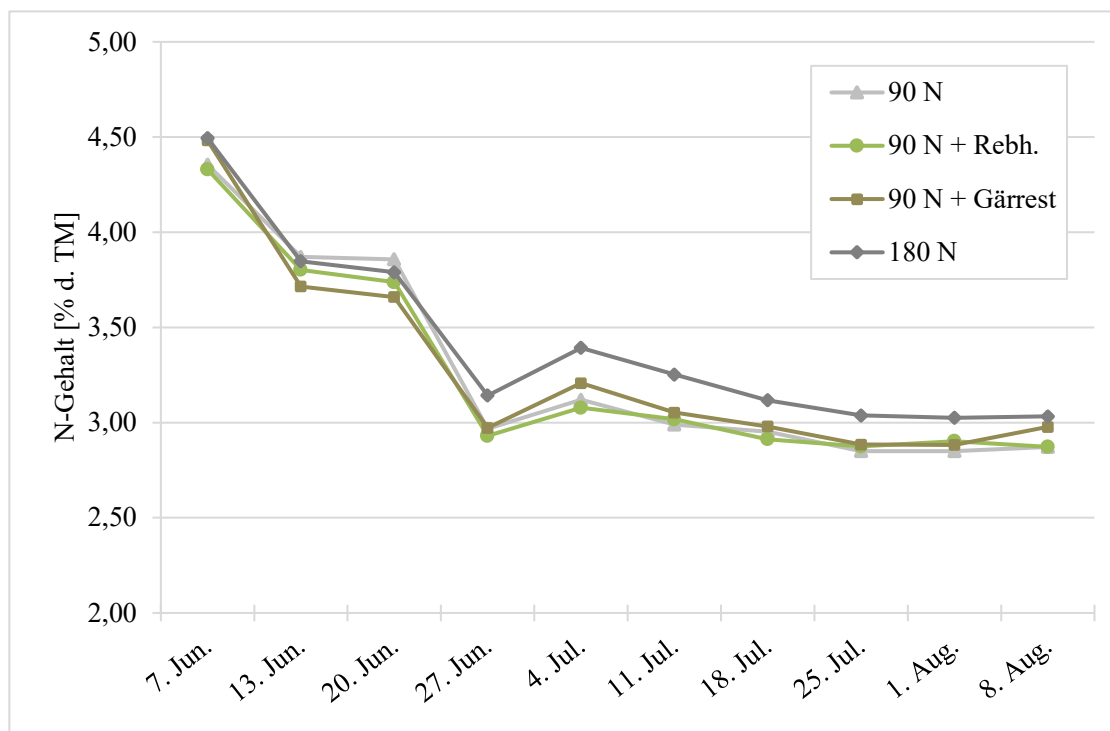


Abb. 43: Stickstoffgehalt in % d. TM. in der Blattspreite über 10 Termine hinweg im Düngerversuch mit organischen Düngern 2023 (mit den Varianten: 90 N = 90 N mineralisch in 2 Gaben; 90 N + Rebh. = 90 N mineralisch in 2 Gaben + 90 N über Rebenhäcksel im Herbst; 90 N + Gärrest = 90 N mineralisch in 2 Gaben + 90 N über Gärrest im Juni; 180 N = 180 N mineralisch in 4 Gaben), leichter Standort, Sorte Herkules

Abb. 44 zeigt den Zusammenhang zwischen den Chlorophyllmessungen und den tatsächlichen N-Gehalten in den Blättern zu 2 Terminen. Dieses Ergebnis verdeutlicht, was in fast allen Versuchsjahren auffällig war: Zu Beginn der Messreihen kann noch kein sehr enger Zusammenhang zwischen SPAD wert und N-Gehalt festgestellt werden. Zu den späteren Terminen konnten bei den linearen Regressionsmodellen Bestimmtheitsmaße von $R^2 > 0,60$ errechnet werden, was einen relativ genauen Rückschluss der Chlorophyllmessungen auf die tatsächlichen N-Gehalte in den gemessenen Blattspreiten und somit auf die N-Versorgung der Pflanzen zulässt. In diesem Versuch konnten höhere Bestimmtheitsmaße (R^2) von über 0,60 erst ab T6 erreicht werden. Die Ergebnisse der letzten Jahre 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.

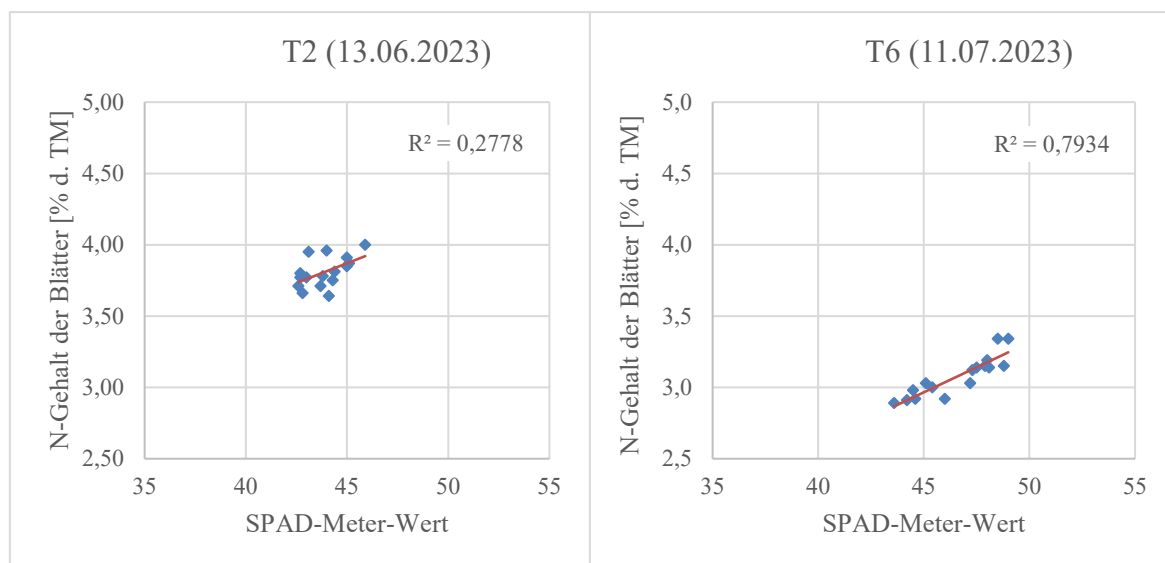


Abb. 44: Lineare Regression zwischen dem Chlorophyllwert und dem Blatt-N-Gehalt an 2 Terminen im Jahr 2023, leichter Standort, Sorte Herkules

Fazit:

Die mehrjährigen Versuchsergebnisse belegen, dass Unterschiede in der Stickstoffernährung mithilfe der Chlorophyllmessung vor allem ab der zweiten Junihälfte relativ gut festgestellt werden können. Ein zeitlich und mengenmäßig variiertes N-Angebot konnte anhand der Kurvenverläufe gut abgebildet werden. Will man das Messsystem von den Versuchen in die Praxis überführen, so liegt nahe, dass ein System mit sortenspezifischen Schwellenwerten notwendig wäre, bei dem man gewisse Mindestwerte für einzelne Entwicklungsstadien genau definieren müsste. Dafür reicht einerseits die Datengrundlage aktuell nicht aus, andererseits zeigte sich in den Versuchen, dass bei gleichen Sorten an unterschiedlichen Standorten mit ausreichender Stickstoffversorgung unterschiedliche Maximalwerte bei der SPAD-Meter-Messung erreicht wurden. Zusätzlich waren Unterschiede in der Stickstoffversorgung oftmals erst spät in der Düngesaison messbar. Dies bestätigt, dass auch ein System mit Schwellenwerten bei standortbedingten Wachstumsunterschieden nicht ausreichend genau ist, um exakte und rechtzeitige Düngeempfehlungen während der Vegetation tätigen zu können. Die Erkenntnisse aus diesem Projekt überschneiden sich stark mit denen, die im Rahmen eines groß angelegten Forschungsprojekt zu Düngesystemen mit Fertigation von 2017-2019 gewonnen wurden. Diese Ergebnisse werden unter anderem in der Dissertation „Bedarfsgerechte Stickstoffernährung von Hopfen durch Düngesysteme mit Fertigation“ erläutert. Um also während der Vegetation die Düngung zum Beispiel durch Bewässerungssysteme mit Fertigation abhängig der Chlorophyllmessungen optimiert durchzuführen, wird das Messsystem als nicht geeignet angesehen.

4.7.4 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 (Probenteilung, 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 Alpha-säureanalytik 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.

4.8 Beratungs- und Schulungstätigkeit

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

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

4.8.1 Informationen in schriftlicher Form

- Das „Grüne Heft“ Hopfen 2023 – 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.
- Über das Ringfax des Hopfenrings (2023: 69 Faxe in der Hallertau, Spalt und Hersbruck; 956 Abonnenten) wurden in 31 Faxen aktuelle Hopfenbauhinweise und Warndienstaufrufe der LfL an die Hopfenpflanzer verschickt.
- In 6 Monatsausgaben der Hopfen-Rundschau und 1 Artikel in der Hopfenrundschau international wurden Beratungshinweise und Fachbeiträge für die Hopfenpflanzer und Brauwirtschaft veröffentlicht.

4.8.2 Internet und Intranet

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

4.8.3 Telefonberatung, Ansagedienste

- Der Peronospora-Warndienst wurde in der Zeit vom 09.05. - 04.09.2023 von der Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik in Wolnzach durchgeführt und Warndiensthinweise 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. 1 100 Fällen telefonische Auskunft oder führten Beratungen in Einzelgesprächen oder vor Ort durch.

4.8.4 Aus- und Fortbildung

- Prüfung von 2 Arbeitsprojekten im Rahmen der Meisterprüfung
- 14 Unterrichtsstunden an der Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen für die Studierenden im Fach Hopfenbau
- 1 Schultag des Sommersemesters der Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen
- 3 Treffen des Arbeitskreises „Unternehmensführung Hopfen“

5 Pflanzenschutz im Hopfen

Simon Euringer, M.Sc. Agrarmanagement

5.1 Schädlinge und Krankheiten des Hopfens

5.1.1 Peronospora Warndienst 2023

Der Peronospora-Warndienst dient zur Ermittlung der Gefahr für Peronospora Sekundärinfektionen. In diesem Jahr startete der Peronospora Warndienst zum 9. Mai 2023. Die Sporenzahlen bewegten sich aufgrund des trockenen Witterungsverlaufs lange auf niedrigem Niveau. Dagegen konnte bis Mitte Juni noch Peronospora Primärbefall festgestellt werden. Auf vielen Standorten war in 2023 ein starker Primärbefall, in manchen Fällen mit enormem Ausmaß, zu beobachten.

Historisch gesehen erfolgte der 1. Spritzaufruf erst sehr spät in der Saison am 27. Juli 2023. Hintergrund für diesen Spritzaufruf waren die Sporenzahlen in Kombination mit der hohen vorherrschenden Infektionsgefahr aufgrund von niederschlagsreichen und wechselhaften Vortagen. Die Infektionsgefahr zu diesem Zeitpunkt wurde durch die Schadschwellenüberschreitung von anfälligen und toleranten Sorten in witterungsbasierten Modellen bestätigt.

Insgesamt waren im Anbaujahr 2023 vier Spritzaufrufe gegen die Peronospora Sekundärinfektion notwendig. Zwei der vier Spritzaufrufe waren für alle Anbauggebiete und alle Sorten ohne Einschränkungen. Der Spritzaufruf am 22. August 2023 und am 4. September 2023 erfolgte für alle Anbauggebiete und Sorten jedoch in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt.

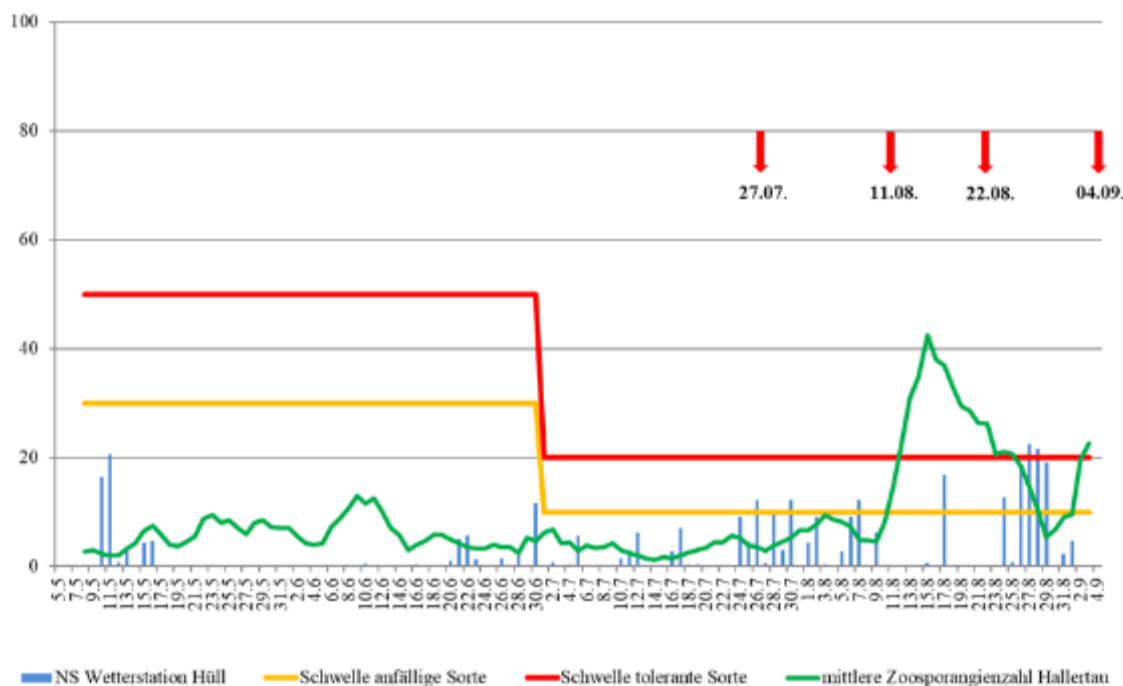


Abb. 45: Darstellung des Peronospora-Warndienst 2023 (Mittlere Zoosporangienzahl Hallertau (4-Tagessumme, 5 Orte) und Bekämpfungsaufrufe), Quelle IPZ 5a

5.2 Amtliche Mittelprüfung

Leitung: S. Euringer

Bearbeitung: A. Baumgartner, M. Felsl, K. Kaindl,
K. Lutz, R. Stampfl, J. Weiher, F. Weiß

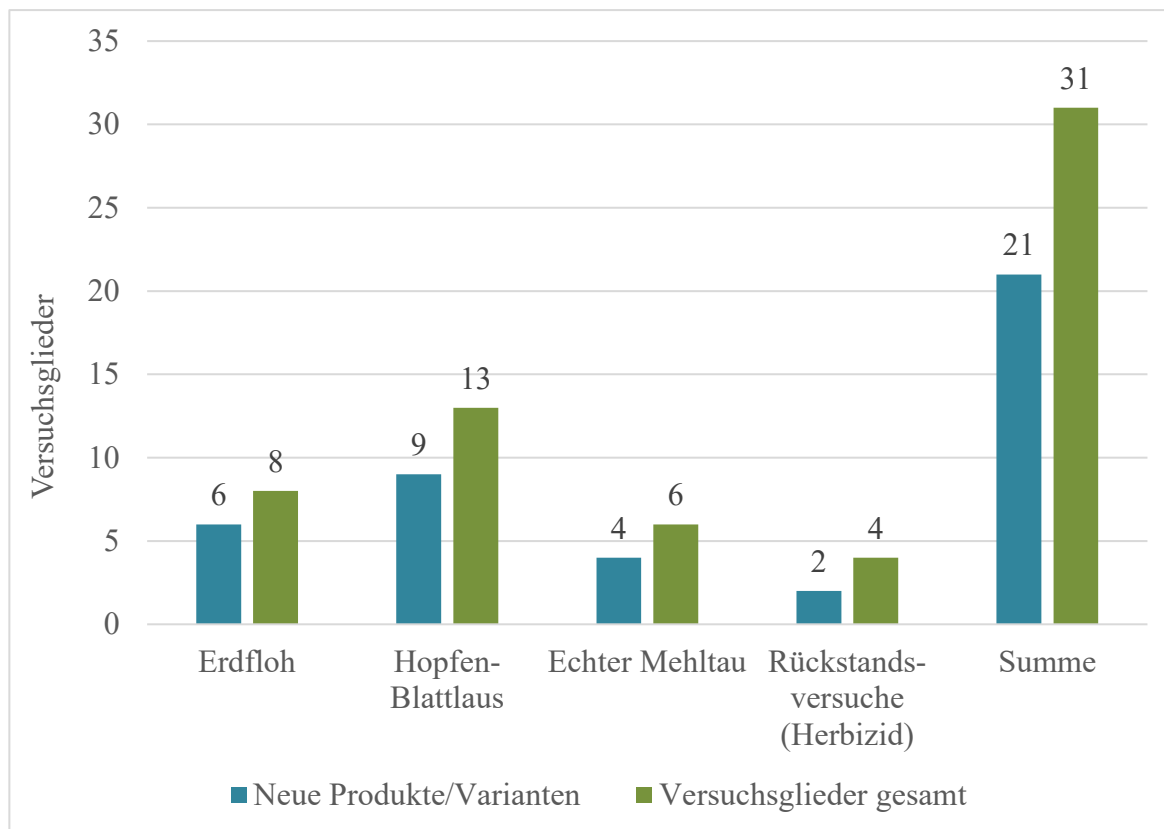


Abb. 46: GEP-Versuche der Amtlichen Mittelprüfung 2023

Im Versuchsjahr 2023 wurden in der Amtlichen Mittelprüfung sieben Versuche nach GEP-Norm durchgeführt. Im Weiteren wurden einige Gewächshausversuche zum Echten Mehltau und zur Phytotoxizität (Pflanzengiftigkeit) durchgeführt. Bei den GEP-Versuchen wurden vier Indikationen abgedeckt. Insgesamt wurden somit auf ca. 4,5 ha 21 neue Produkte oder Kombinationen in 31 Versuchsgliedern geprüft.

5.2.1 Anlage eines Versuchsgartens für Wirksamkeitsversuche von Pflanzenschutzmitteln

Für zukünftige Wirksamkeitsversuche der Amtlichen Mittelprüfung wurde im Jahr 2021 ein Versuchshopfengarten angelegt. Dieser bietet mit einer Fläche von rund 1 ha Platz für neun Versuchsglieder. Der Versuchsgarten 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 und im Jahr 2022 als Junghopfenfläche gepflegt. Im Jahr 2023 fand der erste Versuch in der Indikation Hopfenblattlaus auf dieser Fläche statt.



*Abb. 47: Versuchsgarten am
19.06.2023*

5.2.2 Neue Versuchsspritze für die Amtliche Mittelprüfung

Der Pflanzenschutz im Hopfenbau ist kaum vergleichbar mit dem des Ackerbaus und stellt gerade im Versuchswesen einige Herausforderungen dar. So ist im Hopfenbau aufgrund der Applikationshöhe von 7 m und der damit verbundenen Applikationstechnik (Gebläsespritze) eine weitaus größere Parzelle als im Ackerbau zu wählen um eine mögliche Abdrift in die Nettoparzelle/Boniturbereich zu verhindern.

Aufgrund der Versuchsanlage als vollständig randomisierte Blockanlage ergibt sich im Hopfenbau auch ein Problem im Hinblick auf Bodenverdichtungen. Durch die zufällige Verteilung der einzelnen Parzellen in den jeweiligen Blöcken, kommt es zu einer Vielzahl an Überfahrten je Fahrspur mit der bisherigen Versuchstechnik. Diese ist lediglich mit einem Sprühtank ausgestattet, sodass die Parzellen der einzelnen Versuchsglieder nacheinander appliziert werden. So werden alle Spritzreihen/-gassen mehrmals befahren, um die Versuchsglieder nacheinander zu behandeln. Dies kann bei ungünstigen Witterungsbedingungen zu vermehrtem Bodendruck und Strukturschäden führen. Um dies zukünftig zu vermeiden, wurde für den Hopfenbau gemeinsam mit verschiedenen Firmen eine Versuchsspritze entwickelt, welche mehrere Sprühtanks aufweist, um die Parzellen nacheinander mit nur einer Überfahrt pro Spritzreihe/-gasse zu behandeln. Diese neue durch die HVG e. G. finanzierte Spritztechnik wird die Versuchsarbeit ab 2024 am Hopfenforschungszentrum revolutionieren. Sie ermöglicht neben der z. B. bodenschonenderen Versuchsdurchführung auch eine exaktere Versuchsdurchführung. So werden die unterschiedlichen Versuchsglieder nicht mehr nacheinander sondern nahezu gleichzeitig appliziert was zeitliche bedingte Einflüsse erheblich reduziert.



Abb. 48: Mehrkammernversuchsspritze der Amtlichen Mittelprüfung

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

Leitung: S. Euringer

Bearbeitung: A. Baumgartner, M. Felsl, R. Stampfl

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 kann es zu einer Resistenzausbildung kommen, was eine erfolgreiche Bekämpfung des Schadorganismus mit dem jeweiligen Wirkstoff nicht mehr ermöglicht. Daher werden aktuelle sowie 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 Laborergebnisse können jedoch je nach Wirkstoff von der Praxiswirkung abweichen. Auf die Veröffentlichung der Ergebnisse wird daher verzichtet. Im Jahr 2023 wurden fünf Wirkstoffe in jeweils sieben Konzentrationen getestet.

5.4 Resistenz- und Wirksamkeitstests gegen den Hopfenerdfloh (*Psylliodes attenuatus* Koch) im Sprühturm

Leitung: S. Euringer

Bearbeitung: A. Baumgartner, R. Stampfl

Der Hopfenerdfloh gilt im Frühjahr bei stärkerem Befall während des Hopfenaustriebs bis 1 m Wuchshöhe als bekämpfungswürdig. Weiterhin macht ein massives Auftreten im Sommer, bei dem auch Blüten und Dolden geschädigt werden, eine Bekämpfung notwendig.

Im Sprühturm wurden daher für andere Indikationen zugelassene Pflanzenschutzmittel sowie mögliche Zukunftskandidaten auf eine eventuelle Nebenwirkung bzw. Wirkung auf den Hopfenerdfloh getestet. Dazu wurden Hopfenblätter zunächst mit einer definierten Konzentration des jeweiligen Produkts besprüht (Potter-Sprühturm). Anschließend wurde auf jedes Blatt ein Käfig aufgesetzt. Nach dem Antrocknen des Spritzbelags wurden bis zu 10 Erdflöhe in die Käfige gesetzt und mit Gaze verschlossen.

Bereits nach einem Tag konnten die Fraßschäden an den Blättern festgestellt werden. Inwieweit die getesteten Mittel die Fraßtätigkeit bzw. den Tod des Schädling beeinflussen, muss in weiteren Versuchen getestet werden.



Abb. 49: behandelte Variante



Abb. 50: unbehandelte Variante

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

Leitung: S. Euringer

Bearbeitung: A. Baumgartner, M. Felsl, S. Huber, K. Lutz

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. 11: Ergebnis der ELISA-Tests im Jahr 2023

	Anzahl Pflanzen gesamt	ApMV		HpMV		Summe Pflanzen	
		n.n.	positiv	n.n.	positiv	n.n.	positiv
Mutterpflanzen Hopfenvermehrter	116	116	0	115	1	115	1
Zuchtmaterial IPZ 5c	702	697	5	668	34	663	39

* 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 818 getesteten Pflanzen wurden 40 verworfen. Die gesunden Pflanzen wurden als Zuchtmaterial und als Mutterpflanzen für den Vertragsvermehrter der GfH bereitgestellt.

5.6 Forschungsprojekt zum *Citrus bark cracking viroid* (CBCVd)

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Finanzierung:	Erzeugerorganisation Hopfen HVG e. G.
Projektleitung:	S. Euringer
Bearbeitung:	Dr. C. Krönauer, F. Weiß
Laufzeit:	01.04.2023 – 31.03.2026
Kooperation:	Molekulare Diagnostik: Virologie IPS 2c Züchtungsforschung Hopfen: IPZ 5c, B. Forster, P. Hager, B. Haugg Hopfenbau und Produktionstechnik: IPZ 5a Slovenian Institute of Hop Research and Brewing: Dr. S. Radišek

Das *Citrus bark cracking viroid* (CBCVd; deutsch: Zitrusrindenriss-Viroid) wurde in der Hallertau 2019 erstmalig nachgewiesen und ist damit ein vergleichsweise neuer Schaderreger im deutschen Hopfenanbau. Die Forschung zu den Auswirkungen von CBCVd auf die in Deutschland angebauten Hopfensorten und zu möglichen pflanzlichen Resistenzen steht daher noch am Anfang. Ziel des CBCVd Forschungsprojekts ist es, durch die gewonnenen Erkenntnisse eine evidenzbasierte Grundlage zum zukünftigen Umgang mit CBCVd in der landwirtschaftlichen Praxis zu schaffen.

Das CBCVd Forschungsprojekt gliedert sich in die fünf Projektbereiche Feldhygiene, Sanierung, Etablierung eines Sortengartens, Ertragsbeurteilung und Biologie des Schaderregers. Zur Durchführung der Feldversuche wurde ein 1,9 ha großer Hopfengarten gewählt, der in der Vergangenheit bereits stark von CBCVd befallen war und daher als Versuchsfläche geeignet ist.

Zu Beginn der Saison 2023 wurde mit der Pflanzung des Sortengartens begonnen. Als Grundlage für spätere Züchtungsversuche wird in den folgenden Jahren die Anfälligkeit von mehr als 20 derzeit weltweit angebauten Hopfensorten und Zuchtstämmen gegenüber CBCVd beobachtet.

Auf einer Teilfläche von ca. einem Hektar wird getestet, ob es möglich ist, auf einer ehemals von CBCVd befallenen Fläche wieder einen gesunden Bestand zu kultivieren. Dazu wurde im Frühjahr 2023 der erste von vier Sanierungsabschnitten gerodet. Auf weiteren 0,5 ha wird in drei Feldabschnitten verglichen, ob sich durch betriebsübliche Bearbeitung, Bearbeitung mit bestmöglicher Desinfektion und minimaler Bearbeitung nach drei Jahren Unterschiede in der Ausbreitungsgeschwindigkeit des CBCVd Befalls ergeben.

Des Weiteren soll im Projekt der konkrete Schaden, der durch eine CBCVd Infektion entsteht, beurteilt werden. Ein Ertragsrückgang bei CBCVd befallenen Pflanzen ist durch den optisch verkleinerten Wuchs und die verringerte Doldenausbildung zu erwarten. Im Projekt werden Probeernten durchgeführt, um den Ertragsrückgang und mögliche Unterschiede in den relevanten Inhaltsstoffen für die häufigsten Sorten in der Hallertau nach einem Befall mit CBCVd zu quantifizieren.

Im Zuge des Projekts soll die Forschung zu den molekularen Mechanismen einer CBCVd Infektion weiter vorangetrieben werden. Dazu arbeitet die LfL eng mit zahlreichen internationalen Partnern zusammen.

Informationen zum CBCVd sind über den Internetauftritt der LfL abrufbar und werden über Publikationen und Vorträge an die Öffentlichkeit weitergegeben. Die Hopfenpflanzler werden auf Grundlage unserer bisherigen Ergebnisse zur Vermeidung von CBCVd-Infektionen beraten und bei Eindämmungsmaßnahmen unterstützt. Es ist geplant, detaillierte Versuchsergebnisse zum Ende des Projektzeitraumes 2026 zu veröffentlichen.

5.7 CBCVd Monitoring 2023

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Finanzierung:	Erzeugerorganisation Hopfen HVG e. G.
Projektleitung:	S. Euringer
Bearbeitung:	Dr. C. Krönauer, F. Weiß
Probenanalyse:	AG Züchtungsforschung Hopfen IPZ 5c: B. Forster, P. Hager, B. Haugg
Laufzeit:	15.07.2023 – 15.10.2023
Beprobungszeitraum:	07.2023 – 08.2023

Planung und Durchführung

Im *Citrus bark cracking viroid* (CBCVd)-Monitoring 2023 wurden 226 Feldstücke von 64 Betrieben begutachtet. Neben Hopfenbaubetrieben, die sich proaktiv aufgrund auffälliger Pflanzen zum Monitoring angemeldet hatten, wurden 50 Zulieferbetriebe der Bioerdgasanlage Hallertau randomisiert zur Teilnahme am Monitoring ausgewählt. Insgesamt wurde eine Fläche von 520 ha gezielt nach Pflanzen mit den charakteristischen Symptomen einer CBCVd-Infektion, wie aufgerissenen Reben, gestauchtem Wuchs, kleineren Blättern und unförmigen Dolden, abgesucht. Zusätzlich wurden Luftbilder mit einer Kamera-Drohne aufgenommen. Jeweils zehn auffällige Pflanzen pro Fläche wurden zu einer Mischprobe zusammengefasst und mittels qPCR auf eine CBCVd-Infektion getestet. Im Unterschied zu 2022 wurde nicht mehr in jedem Feldstück eine Mischprobe genommen. Flächen, die in den vergangenen Jahren mit CBCVd befallen waren und in denen keine effektiven Rodemaßnahmen stattgefunden hatten, sind weiterhin als CBCVd-positiv einzustufen und wurden nicht beprobt. In Flächen mit sehr gleichmäßigem Bestand ohne schwache Pflanzen ist ein Befall bzw. das zufällige Auffinden eines latenten Befalls sehr unwahrscheinlich. Diese Flächen wurden nicht beprobt und als CBCVd-negativ eingestuft. Die Probenstandorte und Flächenbefunde wurden in einer Geoinformationssystemanwendung digital erfasst und mit R ausgewertet.

Erkenntnisse

Seit dem Vorjahr wurden 3 ha befallene Fläche gerodet. Ein Befall mit CBCVd wurde in 107 ha bestätigt. In 40 ha wurde CBCVd erstmalig nachgewiesen. Derzeit sind damit 52 Feldstücke mit einer Fläche von ca. 147 ha nachweislich von CBCVd betroffen. Insgesamt wurde 2023 ein aktiver CBCVd-Befall in Feldstücken von 12 Hopfenbaubetrieben in der Hallertau nachgewiesen. In einem Betrieb wurde CBCVd erstmalig festgestellt. Ein Betrieb mit erstmaligem CBCVd Nachweis im letzten Jahr, ist nach Rodung der Fläche dieses

Jahr ohne Befund (Tab. 12). Aufgrund der nassen Wetterlage im Juli waren die durch CBCVd verursachten Symptome weniger gut ausgeprägt als im vergangenen Jahr. Um die Ausbreitung von CBCVd weiterhin zu erfassen und entsprechende Beratung anbieten zu können, ist im Jahr 2024 wieder ein freiwilliges CBCVd Monitoring geplant.

Tab. 12: Zahlen und Ergebnisse der CBCVd-Monitorings 2019 – 2023

Anzahl der genommenen Proben und Ausbreitung von CBCVd in Betrieben und Flächen.

¹⁾ *Nach Feststellung des Erstbefalls war 2019 kein umfassendes Monitoring mehr möglich. Daher ist 2019 von einer Untererfassung der Ausbreitung von CBCVd auszugehen.*

²⁾ *Gezählt wurden nur die zur Begutachtung ausgewählten Feldstücke und Betriebe mit bekannten FID bzw. Betriebsnummern. nd = not determined (Daten standen zum Zeitpunkt der Auswertung noch nicht zur Verfügung)*

Jahr	2019¹⁾	2020	2021	2022	2023
Anzahl getesteter Proben	320	2312	416	513	249
- davon CBCVd positiv	67	157	77	56	43
Anzahl der begutachteten Betriebe ²⁾	17	431	162	194	64
- Betriebe mit CBCVd Erstnachweis	3	4	3	3	1
- Betriebe mit CBCVd Nachweis im jeweiligen Jahr	3	7	9	12	12
Anzahl der begutachteten Feldstücke ²⁾	54	650	310	407	226
- davon CBCVd positiv	12	28	39	41	52
Gesamte begutachtete Fläche [ha]	106	1868	726	1204	520
- davon CBCVd positiv [ha]	44	83	109	110	147
- gerodete, ehemals CBCVd positive Fläche [ha]	2	6	9	3	nd

5.8 GfH-Projekt zur Verticillium-Forschung

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Finanzierung:	Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH), Erzeugerorganisation HVG e. G.
Projektleitung:	S. Euringer
Bearbeitung:	K. Lutz, F. Weiß, Team IPZ 5b
Kooperation:	AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c): R. Enders, B. Forster, P. Hager, B. Haugg, J. Kneidl, A. Lutz AG Produktionstechnik Hopfen (IPZ 5a): S. Fuß, A. Schlagenhauser Slovenian Institute of Hop Research and Brewing (IHPS): Dr. S. Radišek
Laufzeit:	01.06.2017 - 29.10.2023

Ziel

Seit dem ersten Auftreten von letalen *Verticillium nonalfalfae* Stämmen, dem Erreger der aggressiven Form der Hopfenwelke, ist eine kontinuierliche Ausbreitung der Befallsfläche im Anbaugebiet Hallertau zu beobachten. *Verticillium* ist ein im Boden lebender Pilz, der ein breites Wirtsspektrum besitzt und bis zu fünf Jahren als Dauermyzel ohne Wirtspflanzen im Boden überdauern kann. *Verticillium* ist bisher nicht mit Pflanzenschutzmitteln bekämpfbar. Zum Management des Krankheitsbefalls sollte ein integrierter Ansatz bestehend aus Hygienemaßnahmen, Züchtungsanstrengungen, angepasster Kulturtechnik und Sanierungskonzepten umgesetzt werden. Ein schneller Wissenstransfer wird den betroffenen Hopfenpflanzern Hilfestellung bei der Umsetzung von Managementmaßnahmen auf befallenen Flächen geben und zu schnellstmöglichen Sanierungserfolgen beitragen.

Alternative Sanierungskonzepte: Biologische Bodenentseuchung

Im Laufe des Projekts wurden verschiedene Sanierungskonzepte geprüft. Neben der klassischen Sanierung mit Getreide durch die Abwesenheit von Wirtspflanzen wurde das alternative Konzept der Biologischen Bodenentseuchung getestet (siehe JB 2022). Aufgrund des geringeren Arbeits- und Kostenaufwands wird die mehrjährige Sanierung mit Getreide weiterhin empfohlen. Dabei ist auf das Entfernen von Durchwuchshopfen und Beikräutern zu achten.

Selektionsgärten

In drei Versuchsgärten, die nachweislich mit letaler Welke befallen sind, wurden 102 Versuchsglieder in dreifacher Wiederholung mit je sieben Pflanzen auf ihre *Verticillium*-Toleranz getestet. An jedem Standort wurden über fünf Jahre neben den zu testenden Zuchtstämmen auch sogenannte Referenzsorten (HTR = anfällig; HKS = tolerant) bonitiert. Die Anfälligkeit der Zuchtstämmen und Sorten wird in Relation zur Sorte Herkules angegeben und kann im Grünen Heft nachgelesen werden.

Fernerkundung

Seit 2018 wurde mit der Auswertung der Fernerkundungsdaten des BayernAtlas begonnen, um so mit Welke befallene Hopfengärten zu detektieren. Des Weiteren wurden ausgewählte Flächen von Drohnen überflogen. Diese RGB-Aufnahmen tragen zum besseren Verständnis der Welke-Ausbreitung innerhalb des Bestandes bei. Seit 2021 wurden auch Hyperspektralsensoren eingesetzt, um *Verticillium*-befallene von gesunden Pflanzen unterscheiden zu können. Um die optischen Eindrücke validieren zu können, wurden an allen Standorten Proben zur qPCR-Analyse entnommen. Diese Analysen werden von der AG Züchtungsforschung (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) durchgeführt.

Thermische Hygienisierung von Rebenhäcksel

Mit *Verticillium*-verseuchte Erntereste haben ein hohes Infektionspotential und sollten nicht direkt nach der Ernte in den Bestand zurückgefahren werden. Durch die richtige Ablagerung kann der Infektionsdruck im Rebenhäcksel deutlich gesenkt werden. Eine vierwöchige Haufenlagerung mit einmaligem Wenden hält die Sauerstoffzufuhr und damit die Temperatur hoch. Diese Heißrotte führt zu einem deutlichen Abbau des *Verticillium*-Pilzes. Der Effekt der Hygienisierung wird durch eine verlängerte Lagerungszeit sowie hohe Temperaturen des Rebenhäcksel durch regelmäßiges Wenden gesteigert.

Zeigerpflanze Aubergine

Bei der künstlichen Infektion von Hopfen mit *Verticillium nonalfalfae* im Topf ist die Infektionsquote oft niedrig und die Pflanzen zeigen die Symptome erst nach einigen Monaten. Als gute Zeigerpflanze für die Hopfenwelke hat sich die Aubergine (*Solanum melongena* L.) bewährt. An Auberginen konnte sowohl die thermische Hygienisierung von Rebenhäcksel als auch die Wirksamkeit von Versuchsmitteln beurteilt werden. Folgende erfolgsversprechende Versuchsmittel wurden zur Freilandtestung ausgewählt: Polyversum, Prestop, Albosit, Branntkalk, Asche-Kalk, Akra Kombi, Infinito, Zorvec Enicade Nzeb. Der Freilandversuch musste nach drei Jahren abgebrochen werden, da zu viele Pflanzen im Bestand abgestorben waren.

Praxisversuche

In 27 Hopfengärten wurden seit 2020 verschiedene kulturtechnische Maßnahmen getestet: gesteigerte Kalidüngung, Kalkung, Einzelstockrodung, Teilflächen-Sanierung und Einlegen einer toleranten Sorte. Am effektivsten erwiesen sich die Einzelstockrodungen bei einem leichten Welkebefall, da sich die Anzahl an neu infizierten Pflanzen über die Versuchsjahre verringern ließ. Die Rodung von Teilflächen bringen einen Sanierungsvorsprung und verhindern das Stilllegen des gesamten Hopfengartens. Die langfristige Wirkung der gesteigerten Kalidüngung und einer erhöhten Kalkung sollen in weiteren Versuchen abgeklärt werden. Dazu werden die Versuchsflächen dreimal jährlich auf Einzelstockbasis bonitiert. Optische Bonituren werden stichprobenartig durch qPCR-Analysen von IPZ 5c verifiziert. Des Weiteren unterstützte das Team IPZ 5c bei allen mikrobiologischen Aufgaben während des Projekts.

Zu diesem Projekt und dem Folgeprojekt „Bekämpfung der *Verticillium*-Welke in Hopfen“ (siehe 5.9) wird es einen gemeinsamen Abschlussbericht geben. Dieser soll 2026 veröffentlicht werden.

5.9 Innovative Strategien zur Bekämpfung der *Verticillium*-Welke in Hopfen

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Finanzierung:	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF), Erzeugerorganisation HVG e. G.
Projektleitung:	S. Euringer
Bearbeitung:	K. Lutz, Team IPZ 5b
Kooperation:	AG Züchtungsforschung Hopfen (IPZ 5c): B. Forster, P. Hager, B. Haugg AG Mikro- und Molekularbiologie (AL 1c): V. Flad, B. Munk KU Eichstätt: Dr. M. Stark Slovenian Institute of Hop Research and Brewing (IHPS): Dr. S. Radišek
Laufzeit:	30.10.2023 - 31.10.2026

Ziel

Der Erreger der Hopfenwelke (*Verticillium nonalfalfae*) verbreitet sich über den Boden, das Pflanzgut und anfallende Erntereste. Infizierte Pflanzen können nach derzeitigem Wissensstand nicht kuriert werden.

Ziel des Projekts ist es, gemeinsam mit Landwirten in einem on-farm basierten Ansatz über das Anlegen von Feldversuchen praxistaugliche Strategien zu entwickeln, um den Befall mit *Verticillium* zu reduzieren. Dabei werden bereits bekannte Maßnahmen evaluiert und mit neuen Ansätzen zu einem einheitlichen Konzept zusammengeführt. Im Fokus steht ein besseres Verständnis für den Schaderreger mithilfe der Nutzung neuer technischer Möglichkeiten. Dies soll durch gewonnene Erkenntnisse zu Rhizobium-*Verticillium*-Wechselwirkungen ergänzt werden.

Derzeit gibt es keine Möglichkeit, den Pilz effektiv zu bekämpfen, weshalb die Landwirte erhebliche finanzielle Ausfälle hinnehmen müssen. In diesem innovativen Forschungsprojekt werden praxistaugliche Strategien zum optimierten Krankheitsmanagement entwickelt.

Methodik

Durch die enge Zusammenarbeit mit Praxisbetrieben stehen auf mehreren Standorten Versuchsflächen zur Verfügung. Die nachfolgend beschriebenen Teilprojekte werden auf unterschiedlichen Flächen durchgeführt. Die Befallsstärke mit *Verticillium* wird jeweils durch optische Bonitur der Pflanzen bestimmt.

Die Wirksamkeit der „klassischen“ Sanierungsmaßnahmen gegenüber den neuen *Verticillium*-Stämmen wird durch Versuche in mehreren Praxisflächen eingeschätzt.

Der Einsatz von Drohnen zur visuellen Bonitur wird im Hopfenanbau etabliert. Dadurch kann der Arbeitsaufwand der Kontrollen reduziert und ein Befall mit *Verticillium* früher erkannt werden. Praktiker können so schnell und einfach den Erfolg der Bekämpfungsmaßnahmen prüfen, ohne das Feld betreten zu müssen, wodurch das Risiko der Verschleppung des Krankheitserregers minimiert wird.

Durch Anpflanzen eines Sortengartens werden Kultivare, die Toleranz gegenüber den neuen aggressiven *Verticillium*-Stämmen zeigen, identifiziert. Die Sortenprüfung bildet die Basis für die Züchtung toleranter Sorten und einen erfolgreichen Hopfenanbau in allen deutschen Anbaugebieten.

Die derzeit vorhandenen *Verticillium*-Stämme werden erfasst. Eine Sammlung von Einsporisolen wird angelegt. Die von IPZ 5c etablierte molekularbiologische Methode der qPCR zur Detektion von *Verticillium* bzw. zur Unterscheidung der verschiedenen Varianten wird gegebenenfalls an neue Varianten angepasst.

In einem neu angelegten Hopfengarten, dessen Boden mit *Verticillium nonalfalfae* belastet ist, werden die Rhizobiome (Bacteria, Fungi, Protista) von gesunden und erstmalig an Welke erkrankten Hopfenpflanzen molekularbiologisch mittels Sequenzierung auf DNA und RNA-Ebene von AL 1c analysiert. Anhand der Ergebnisse sollen Strategien zur mikrobiologischen Kontrolle der Hopfenwelke entwickelt werden.

6 Züchtungsforschung Hopfen

LRA A. Lutz, LOR Dr. S. Gresset & das Team der Hopfenzüchtung

Ein großer Dank geht an die Mitarbeiter von IPZ 5c J. Kneidl, D. Ismann, B. Brummer, A. Hartung, K. Merkl, S. Ostermeier, U. Pflügl, J. Redl, A. Roßmeier, M. Schleibinger, M. Siglhofer und A. Zimmermann sowie an die Kollegen in Hüll, Wolnzach und Freising die uns auch 2023 tatkräftig unterstützt haben. Pflanzenzüchtung vor allem bei einer mehrjährigen, vegetativ vermehrten Kultur wie Hopfen ist eine mühsame, aber spannende Aufgabe, die nur als Teamleistung erfolgreich ist.

6.1 Kreuzungen 2023 und Weiterentwicklung von erfolgversprechenden Zuchtstämmen

Im Jahr 2023 wurden in Hüll 82 Kreuzungen erfolgreich durchgeführt. Davon waren 48 im Bereich Aromahopfen und 34 Kreuzungen im Bereich Bitterhopfen.

Dem Beratungsgremium der Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH) wurden nach der Ernte 12 erfolgversprechende Zuchtstämmen von jeweils zwei Standorten vorgestellt. Es setzt sich aus Vertretern der gesamten Hopfen- und Brauwirtschaft (Forschung, Brauer, Hopfenhandel und Versuchslandwirte) zusammen. Hier wurde gemeinsam ein detailliertes Aromaprofil erstellt und über das weitere Vorgehen diskutiert. Von zwei dieser Zuchtstämmen wurden auch Versuchsbiere verkostet und bewertet. Ab der Vorstellung im Beratungsgremium erfolgt die weitere Sortenentwicklung in enger Abstimmung mit der GfH und der gesamten Hopfen- und Brauwirtschaft.

6.2 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
Finanzierung:	Erzeugerorganisation Hopfen HVG e. G.
Bearbeitung:	R. Enders, B. Forster, P. Hager, B. Haugg, J. Kneidl, A. Lutz
Kooperation:	AG Pflanzenschutz im Hopfenbau (IPZ 5b): S. Euringer, K. Lutz Slovenian Institute of Hop Research and Brewing: Dr. S. Radišek
Laufzeit:	01.03.2008 – 31.10.2023

Zielsetzung

Für die Erzeugung von gesundem Pflanzgut sind neben phytosanitären und pflanzenbaulichen Maßnahmen ebenfalls Untersuchungen auf *Verticillium nonalfalfae* von entscheidender Bedeutung. Da beispielsweise junge Hopfenpflanzen keine optischen Symptome zeigen, sind Untersuchungen im Labor notwendig. Seit 2013 wird das Pflanzgut mit einer hoch empfindlichen Realtime-PCR-basierten Nachweismethode auf den *Verticillium*-Pilz untersucht und so sichergestellt, dass nur *Verticillium*-freie Hopfen als Pflanzgut eingesetzt werden.

Methode

Basierend auf Forschungsarbeiten von Maurer et al. (2013) konnte eine sehr zuverlässige und sensitive molekulare Nachweistechnik für *Verticillium* direkt aus den Hopfenreben etabliert werden. 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 milde und letale Stämme von *V. nonalfalfae* zu differenzieren. Von entscheidender Bedeutung für die Züchtung und den Praxisanbau sind dabei Aussagen, ob bzw. welche *Verticillium*-Stämme eine Hopfenpflanze infizieren. Dies wird durch die Multiplex PCR-Analyse ermöglicht.

Durchgeführte Untersuchungen auf *Verticillium*

In diesem Jahr wurden 441 Pflanzen auf *Verticillium* getestet. Das entspricht circa 1050 PCR-Reaktionen. Da man von keiner homogenen Verteilung des *Verticillium*-Pilzes im Untersuchungsmaterial ausgehen kann, werden 2-3 Proben pro Pflanze 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 PCR-Test wiederholt.

Untersucht wurden in diesem Jahr:

- Pflanzmaterial für LfL-eigene Prüfstandorte (Zuchtgarten in Stadelhof) und für Praxisanbauversuche (Reihen- und Großparzellenversuchsanbau in der Hallertau, Tettanang, Spalt und Elbe-Saale), um *Verticillium*-Freiheit zu gewährleisten.
- Verschiedenes Pflanzenmaterial aus Praxisgärten der Hallertau für Studien zur Verbreitung von *Verticillium*-Infektionen (Letalstämmen).
- Mutterpflanzen, die an die Vermehrungsbetriebe der Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH) abgegeben wurden, um die Abgabe von *Verticillium*-freien Fechtern sicherzustellen.
- Mutterpflanzen des Vermehrungsbetriebes, um zu gewährleisten, dass *Verticillium*-freies Pflanzgut für die Hopfenpflanzer bereitgestellt wird.
- Proben von Versuchsflächen zur Verifizierung der optischen Bonituren, in Kooperation mit IPZ 5b. Diese Untersuchungen sind auch im Zusammenhang mit Wirksamkeitsversuchen zur Reduzierung des *Verticillium*-Befalls in Pflanzen und zu Erkenntnissen des Rhizobioms von gesunden und infizierten Junghopfen von Bedeutung.

Ergebnisse

Das für die Züchtung notwendige Pflanzmaterial (62 Proben) wies keinen *Verticillium*-Befall auf. In keiner der 114 Mutterpflanzen der Vertragsvermehrung der GfH konnte ein *Verticillium*-Befall nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der qPCR-Analysen bestätigen, dass die Ausbreitung von aggressiven (letalen) *Verticillium*-Stämmen über die Hallertau zunimmt. In 26 von 57 Hopfenreben aus Praxisgärten wurde die letale Form des Pilzes nachgewiesen. In keiner der Proben waren ausschließlich milde Stämme zu finden.

Ausblick

Um auch in Zukunft alle in der Hallertau vorkommenden *Verticillium*-Stämme zu erfassen, müssen die Reaktionsbedingungen und verwendeten Primer/Sonden kontinuierlich überprüft und angepasst werden. Die Bereitstellung von Ausgangs- und Kontrollmaterial für (q)PCR-Analysen und Inokulationstests sind wichtige mikrobiologische Aufgaben. Zudem wird die Referenzkollektion mit Reinkulturen zu *Verticillium*-Stämmen aus Deutschland erhalten und weiter ergänzt. Das Ausweiten der Sammlung von Einsporisolaten wird angestrebt, um künftige Arbeiten wie beispielsweise eine Sequenzierung der Schaderregerpopulation durchführen zu können. Weitergeführt werden diese Arbeiten im Projekt „Innovative Strategien zur Bekämpfung der *Verticillium*-Welke in Hopfen“ (siehe 5.9).

Literatur

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.

6.3 Entwicklung und Validierung geschlechtsspezifischer DNA-Marker für die Hopfenzüchtung

Träger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Finanzierung:	Wissenschaftliche Station für Brauerei in Münchner e.V.
Bearbeitung:	Dr. T. Albrecht, Dr. B. Büttner, R. Enders, B. Forster, P. Hager, B. Haugg, J. Kneidl, A. Lutz, Dr. S. Gresset
Kooperation:	IPZ 1c
Laufzeit:	01.01.2023 – 31.12.2023

Einleitung

Hopfen ist zweihäusig, d. h. weibliche und männliche Blüten befinden sich auf verschiedenen Pflanzen. Im gemeinen Hopfen (*Humulus lupulus* L.) wird das Geschlecht analog zum Menschen mit Hilfe eines XY-Chromosomen-Systems bestimmt, wobei Pflanzen mit XX Chromosomen weiblich und welche mit XY Chromosomen männlich sind. Nur die weiblichen Pflanzen produzieren Dolden und können daher für die Produktion verwendet werden, während männliche Pflanzen im Rahmen der Züchtung für Kreuzungen benötigt werden.

Bisher ist kein genetischer Marker bekannt, der zuverlässig männliche und weibliche Hopfenpflanzen unterscheiden kann. Im Moment beruht die Selektion weiblicher Zuchtstämme im Zuchtprogramm darauf, dass gewartet werden muss, bis das Geschlecht optisch bestimmt werden kann, und das kostet Zeit und Geld. Männliche Hopfenpflanzen werden aus den Hopfengärten entfernt, um die Bestäubung und die folgende Samenproduktion zu verhindern, die mit einer Verringerung der Hopfenqualität verbunden sein kann. Zusätzlich zeigt ein Teil der Zuchtstämme eine verspätete Blütenentwicklung oder sogar männliche und weibliche Blüten an einer Pflanze (Zwitter), die somit nicht rechtzeitig vor der Auspflanzung selektiert werden können. Unser Ziel ist es daher einen kostengünstigen Hochdurchsatzmarker zu entwickeln, der zur eindeutigen Unterscheidung von Männchen, Weibchen und Zwitter in den frühen Stadien der Hopfenzüchtung verwendet werden kann.

Durchführung

Mittels Genotypisierung durch Sequenzierung wurden DNA-Profile basierend auf SNP-Markern (engl.: single nucleotide polymorphism) für das Hopfendiversitätspanel (DP) erstellt. Das DP besteht aus männlichen und weiblichen Zuchtstämmen des Hüller Zuchtprogramms sowie aus internationalen Hopfensorten, die für die Identifizierung von geschlechtsspezifischen SNP-Markern herangezogen werden können. Dafür wurde die Information über das Geschlecht mit den SNP-Markern verknüpft und es konnten Marker identifiziert werden, die die Geschlechtszuordnung widerspiegeln und die zudem auf dem X-, bzw. Y-Chromosom lokalisiert sind.

Die gefunden SNPs wurden in KASP-Marker (Kompetitive allele specific PCR) konvertiert und auf einem Set von männlichen und weiblichen Hopfen getestet.

Ergebnisse

Sechs Marker wurden auf ein Set von 25 Hopfen mit bekanntem Geschlecht getestet. Davon konnten zwei das Geschlecht zu 100% richtig bestimmen. Diese beiden Marker wurden auf ein erweitertes Set von 86 Hopfen inkl. Zwittern getestet und konnten auch hier das Geschlecht zuverlässig bestimmen. Einer der beiden Marker ist in Abb. 51 dargestellt.

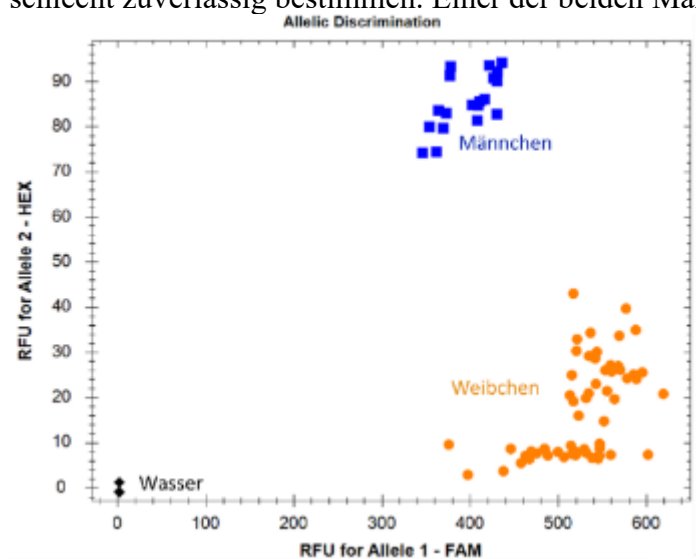


Abb. 51: Scatterplot des DNA-Assays mit Wasserkontrollen, Männchen und Weibchen

Ausblick

Damit die entwickelten Marker im Zuchtprogramm eingesetzt werden können, werden sie im nächsten Schritt mit einer schnellen und kostengünstigen DNA-Extraktion gekoppelt. Sobald die Tests dazu abgeschlossen sind, werden diese Marker im Zuchtprogramm eingesetzt, um direkt am Keimling eine Geschlechtsbestimmung durchzuführen, den Selektionsprozess zu optimieren und einen höheren Zuchterfolg zu generieren.

6.4 Verbesserung des Hopfenzuchtprozesses durch die Etablierung der genomweiten Vorhersage in Hopfen

Träger: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Finanzierung:	Wissenschaftliche Station für Brauerei in München e.V.
Bearbeitung:	Dr. T. Albrecht, Dr. B. Büttner, D. Ismann, J. Kneidl, A. Lutz, Dr. S. Gresset
Kooperation:	IPZ 1c
Laufzeit:	01.01.2023 – 31.12.2023

Die Entwicklung einer neuen Hopfensorte ist ein langwieriger Prozess. Ausgehend von der Kreuzung eines männlichen mit einem weiblichen Hopfenstamms durchlaufen die Nachkommen dieser Kreuzung in den nächsten Jahren viele Selektionsschritte. Zunächst werden im Gewächshaus Keimlinge aussortiert, die sich als besonders anfällig gegenüber dem Echtem und dem Falschen Mehltau erweisen. Die verbleibenden Nachkommen werden anschließend hinsichtlich ihres Geschlechts und ihres Jugendwachstums bewertet. Ein Großteil der männlichen Hopfen wird dabei bereits ausselektiert und die weiblichen Hopfennachkommen ohne Wuchsfehler kommen im folgenden Jahr ins Feld. Dort erfolgt der nächste Selektionsschritt und sie werden meist mehr als 10 Jahre in Versuchen auf das Ertragspotential und die Ertragsstabilität geprüft. Von anfänglich einigen 1000 Nachkommen bleiben schließlich weniger als 10 übrig, die eine gute Ertragsleistung mit sehr guter Ertragsstabilität kombinieren. Für diese wenigen folgt dann der letzte Selektionsschritt, die Qualität dieser Hopfen wird durch umfangreiche Analysen der Doldeninhaltsstoffe sowie das Brauen von Versuchsbieren bestimmt. Auf der Grundlage dieser Prüfungen wird entschieden, ob ein Nachkomme das Potential hat eine Sorte zu werden für die es vermutlich auch Nachfrage aus der Brauwirtschaft gibt. Oft vergehen daher 15 - 20 Jahre von der ursprünglichen Kreuzung bis zur finalen Sorte.

Die klimatischen Bedingungen für den Hopfenanbau in der Hallertau haben sich bereits sehr deutlich verändert und dieser Prozess wird sich weiter fortsetzen. Vor allem auf mehr Hitzetage (Tage mit Temperaturen über 30°C) in Kombination mit zu geringer Wasserverfügbarkeit wird sich der Hopfenanbau einstellen müssen. Damit die Hopfenzüchtung mit der Geschwindigkeit der Veränderungen Schritt halten und der Hopfenproduktion stets angepasste Sorten zur Verfügung stellen kann, muss der Zuchtprozess beschleunigt werden. In Hüll verfolgen wir dazu mehrere Ansätze, u.a. der Entwicklung der Genom-basierten Selektion (GS).

Dazu wurde ein Sortiment von internationalen Hopfensorten und Zuchtstämmen aus Hüll zusammengestellt, für das wir auf Feldbeobachtungen des letzten Jahrzehnts zurückgreifen können. Alle Hopfensorten und -stämme dieses Diversitätssortiments (engl.: diversity panel, DP) wurden mittels Sequenzierung genotypisiert, also die Unterschiede zwischen den Genotypen auf DNA-Ebene im gesamten Genom erfasst, um diese Unterschiede mit den unterschiedlichen Feldeleistungen hinsichtlich Gesamtertrag, α - und β -Säureertrag verknüpfen zu können.

Die genetische Variation des DP ist mittels Hauptkomponentenanalyse in Abb. 51 dargestellt. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass sich die europäischen Landsorten genetisch von den US-amerikanischen aber auch den asiatischen Sorten unterscheiden. Das Hüller Zuchtmaterial, das in dieser Untersuchung verwendet wurde, befindet sich in der 1. Hauptkomponente zwischen den Landsorten und dem amerikanisch, asiatischen Material und spiegelt die Erfolge der letzten Jahre wider, in denen amerikanisches Material verstärkt züchterisch genutzt wurde. Die zweite Hauptkomponente trennt aber deutlich das Hüller Zuchtmaterial von den internationalen Sorten. Entweder ist es daher bisher nicht gelungen das gesamte genetische Potential dieser Sorten in das Hüller Zuchtprogramm zu überführen, oder

Eigenschaften der internationalen Sorten sind für die Anbaubedingungen in der Hallertau ungeeignet.

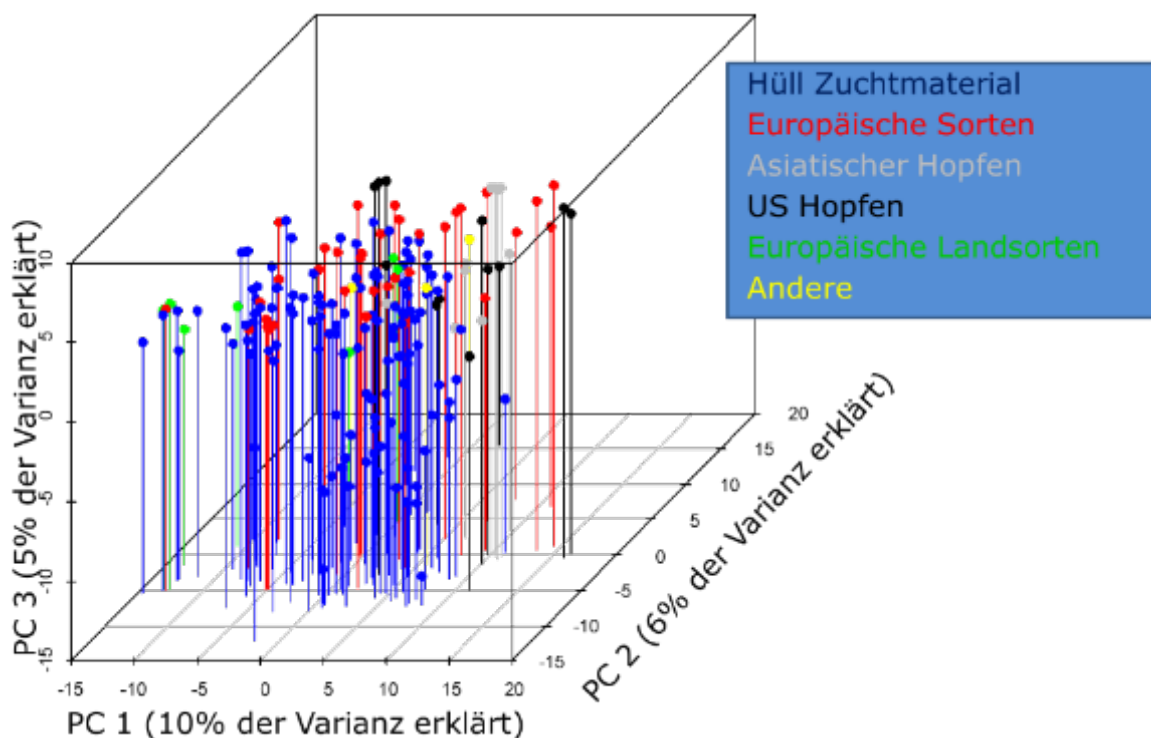


Abb. 52: Genetische Variation des Hopfen Diversitätssortiments basierend auf 1800 SNP

Die Genotypisierung des DP mittels Sequenzierung ergab 1800 genetische Marker (engl.: single nucleotide polymorphism, SNP) mit sehr hoher Qualität über alle Genotypen. Basierend auf diesen SNP in Kombination mit den mehrjährigen Felddaten wurden statistische Modelle für die Vorhersage entwickelt. Eine entscheidende Frage bei der Etablierung der GS im Hopfen ist, wie viele SNP für eine gute Vorhersage benötigt werden. In Abb. 53 ist die Vorhersagegenauigkeit innerhalb der 10x5-fachen Kreuzvalidierung für die Merkmale Gesamtertrag, sowie α - und β -Säuregehalt der Hopfendolden mit einer ansteigenden Anzahl an Markern dargestellt. Bereits mit einer geringen Markerdichte von 1800 SNPs konnte eine ausreichende Vorhersagegenauigkeit für den Gesamtertrag, den α - und β -Säuregehalt der Hopfendolden im DP erreicht werden. In anderen Kulturarten können einzelne Fehlwerte bei SNPs abhängig von eng benachbarten SNPs statistisch ergänzt werden. Die Positionsangabe der SNPs in unserer Auswertung beruht auf der Position dieser SNPs entlang des gut sequenzierten Genoms der amerikanischen Hopfensorte „Cascade“. Unsere Analyse hat ergeben, dass diese Positionsangaben basierend auf „Cascade“ nicht direkt auf europäisches Material übertragbar sind. Daher sind die Schätzungen der fehlenden SNP-Werte sehr fehlerbehaftet, was womöglich die stagnierende Vorhersagegenauigkeit mit steigender SNP-Anzahl begründet.

Diese ersten Ergebnisse zeigen das Potenzial der GS im Hopfen und dennoch entspricht das DP in seiner genetischen Zusammensetzung nicht den Bedingungen eines üblichen Zuchtsortiments. Im Zuchtprozess werden vor allem Geschwister einer Kreuzung geprüft und deren genetische Unterschiede sind viel kleiner als zwischen den internationalen Sorten und Stämmen des DP. Um die Vorhersagegenauigkeit der entwickelten statistischen

Modelle in einem realistischen Zuchtprozess zu überprüfen und um korrekte Positionen für die SNP im europäischen Material zu entwickeln, wurden 2023 gezielte Kreuzungen durchgeführt und Populationen entwickelt. Diese werden in 2024 genotypisiert und in den Folgejahren im Feld geprüft. Die sich daraus ergebenden genetischen Karten sowie die Ergebnisse der Selektion mittels GS werden eine Etablierung dieser Methode in der Hopfenzüchtung ermöglichen und dadurch den gesamten Zuchtprozess beschleunigen.

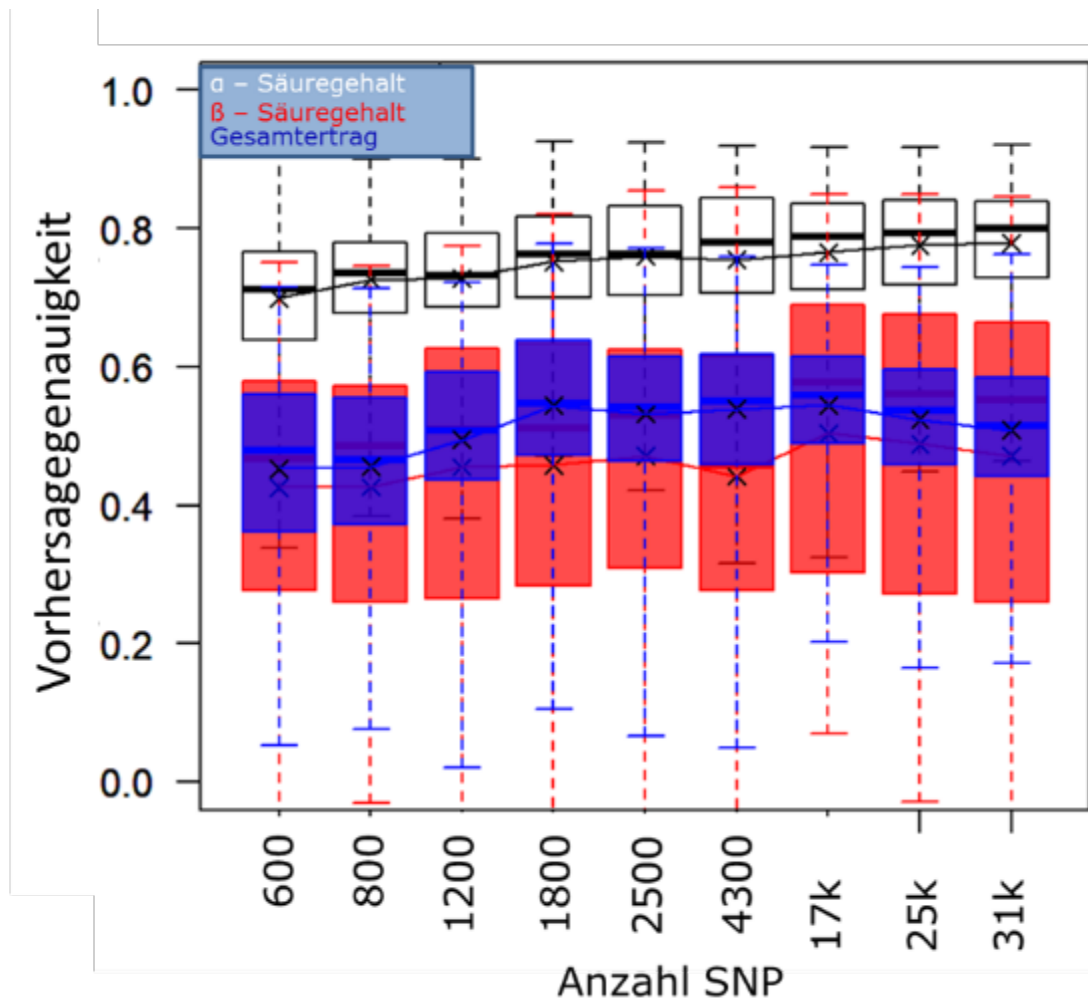


Abb. 53: Vorhersagegenauigkeit (prediction accuracy) innerhalb der 10x5fach Kreuzvalidierung basierend auf einem GBLUP - Model mit unterschiedlichen SNP-Dichten für die Merkmale Hopfenertrag, alpha- und beta-Säuregehalt der Hopfendolden

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. 54).



Abb. 54: 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 4,5 -5,0 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. 55).



Abb. 55: 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.

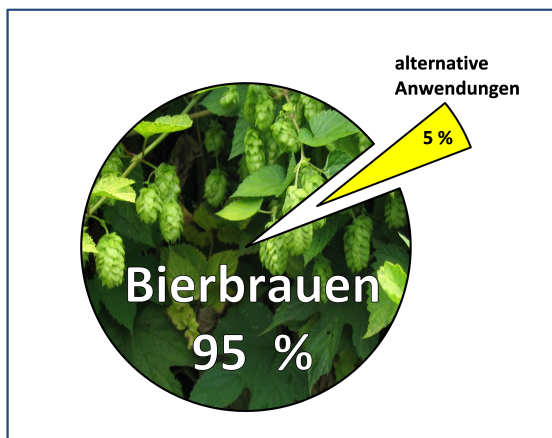


Abb. 56: Verwendung von Hopfen

7.2.1 Anforderungen der Brauindustrie

Bezüglich des Einsatzes des Hopfens in der Brauindustrie gibt es sehr unterschiedliche Philosophien. Manche haben nur Interesse an billiger alpha-Säure, andere wählen den Hopfen sehr bewusst nach Sorte und Anbaugebiet aus (Abb. 57), dazwischen gibt es fließende Übergänge.

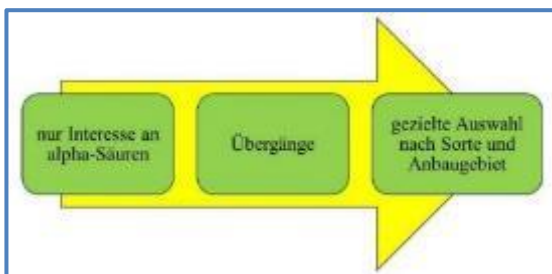


Abb. 57: Unterschiedliche Philosophien bezüglich des Einsatzes von Hopfen

Einig ist man sich jedoch darüber, dass Hopfensorten mit möglichst hohen α -Säuregehalten und hoher α -Säurenstabilität 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 7.2.2).

7.2.1.1 Die speziellen Anforderungen der Craft Brewer

In den USA war die Craftbrewerbewegung ein großer Erfolg. Der Anteil der Craftbrauereien am Gesamtbeerumsatz liegt bei etwa 13 %. Weltweit verbrauchen 2,5 % Craftbrewer 20 % der globalen Welthopfenernte. In Deutschland, wo traditionelle Bierstile bevorzugt werden, konnte sich die Craftbrewerszene aber nicht so stark durchsetzen.

Die Craft Brewer wollen 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 dem 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. 58).



Abb. 58: 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 0,7 %. Der Nitrat-Grenzwert von 50 mg/l für Trinkwasser gilt jedoch nicht für Bier.

Pflanzenschutzmittel sind meist größere organische Moleküle und daher unpolar. Es gibt aber auch einige anorganische Wirkstoffe. Ihre Löslichkeiten können im Internet

nachgeschaut werden. Sie liegen im Bereich zwischen $\mu\text{g/l}$ bis mg/l . Es gibt bisher keine Hinweise, dass bei kaltgehopften Bieren eine Anreicherung stattfindet.

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 Isolations-eigenschaften 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 es vor allem die antimikrobiellen Eigenschaften der Bitterstoffe, die Hopfen für alternative Anwendungen nutzbar machen. Die Bitterstoffe zeigen schon in katalytischen Mengen (0,001-0,1 Gew. %) sowohl antimikrobielle als auch konservierende Effekte und zwar in der aufsteigenden Reihenfolge Iso- α -Säuren, α -Säuren und β -Säuren (Abb. 59).

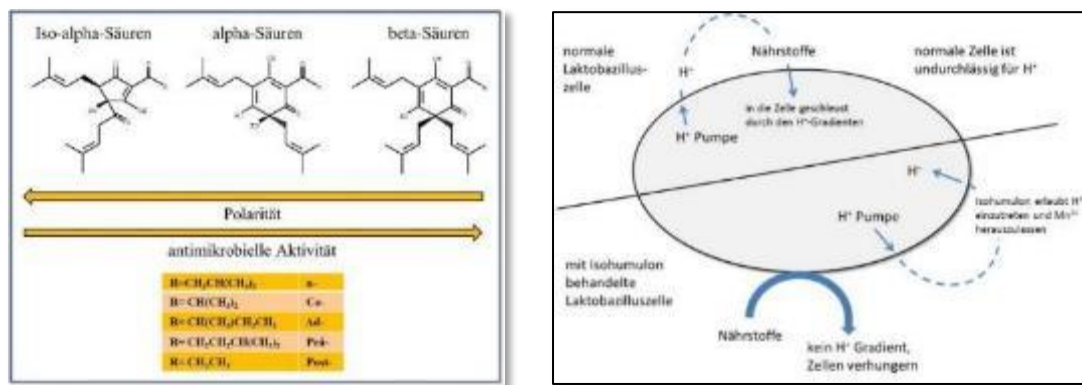


Abb. 59: Reihenfolge der antimikrobiellen Aktivität von Iso- α -Säuren, α -Säuren und β -Säuren und deren Wirkungsweise

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

Iso- α -Säuren hemmen Entzündungsprozesse und haben positive Effekte auf den Fett- und Zuckerstoffwechsel. Im Bier schützen sie sogar vor dem Magenkrebs auslösenden „*Helicobacter pylori*“. Die β -Säuren besitzen eine effektive Wirkung gegen das Wachstum von gram-positiven Bakterien wie Listerien und Clostridien, auch können sie den Tuberkuloseerreger das „*Mycobacterium tuberculosis*“ hemmen. Dies kann genutzt werden, um die Hopfenbitterstoffe als natürliche Biozide überall dort einzusetzen, wo Bakterien unter Kontrolle gehalten werden müssen. In der Zucker- und Ethanolindustrie wird bereits sehr erfolgreich Formalin durch β -Säuren ersetzt. Nachfolgend sind einige Anwendungen aufgezählt, die auf der antimikrobiellen Aktivität des Hopfens beruhen.

Tab. 13: Antimikrobielle Anwendungen von Hopfen

●	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 (Relax) 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. Polyphenole sind sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die von der Pflanze als Abwehrstoffe gegen Krankheiten und Schädlinge, als Wachstumsregulatoren und als Farbstoffe 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 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. Sie tragen z. B. zur Vollmundigkeit des Bieres bei. Höhermolekulare Polyphenole verbinden sich über Wasserstoffbrückenbindungen mit Proteinen und es kommt zu Trübungen. Deshalb sind höhermolekulare Polyphenole eher problematisch und werden mit Filtrierhilfsmitteln wie PVPP (Polyvinylpolypyrrolidon) entfernt.

Die Literatur über Polyphenole und Gesundheit ist schier unerschöpflich. Zusammenfassend kann man folgende Eigenschaften beschreiben (Tab. 14):

Tab. 14: Eigenschaften von Polyphenolen hinsichtlich der Gesundheit

● 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
● Polyphenole sind entzündungshemmend

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 belegt. 2016 sanktionierte die FDA (US Food & Drug Administration) den Status „Health Claim“ für den „DNA Schutz“ des XAN-Extrakts der Firma T.A. XAN Development S.A.M.. Umfangreiche Informationen über die Geschichte des Xanthohumols und dessen Wirkungen können auf der Homepage dieser Firma <https://www.xan.com/> gefunden werden. Bei der EFSA (European Food Security Authority) wurde der Status „Health Claim“ beantragt, aber noch nicht gewährt. Xanthohumol hilft beinahe gegen alles (Abbildung 7.23), am bedeutendsten ist jedoch die antikanzerogene Wirkung von Xanthohumol.

Während des Brauprozesses findet eine ständige Umwandlung der prenylierten Flavonoide statt (Abb. 60). 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.

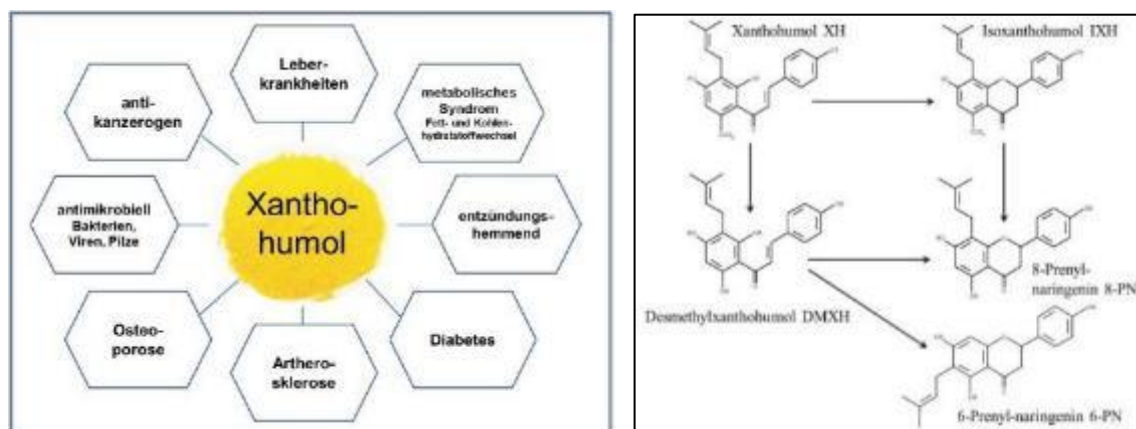


Abb. 60: Effekte von Xanthohumol und Transformationen im Brauprozess

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.

Eine weitere Stoffgruppe, die im Hopfen mit bis zu 0,2 % vorkommt, sind die Multifidole (Abb. 61). Über diese Verbindungen wurde bereits in den Jahresberichten 2021 und 2022 intensiv berichtet. Die Multifidolglukoside gehen wegen ihrer Polarität in vollem Umfang ins Bier über.

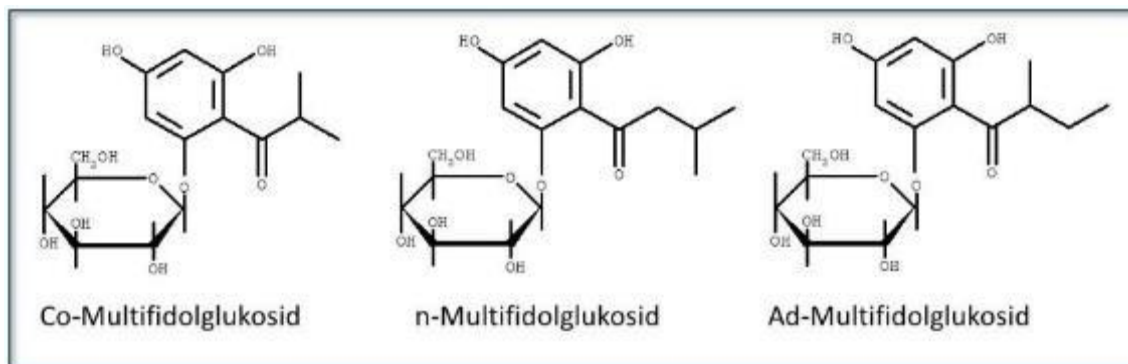


Abb. 61: Chemische Strukturen der Multifidole

Die Hauptverbindung des Hopfens ist das Co-Multifidolglukosid. Die Multifidolglukoside haben entzündungshemmende Eigenschaften, da sie das Enzym Cyclooxygenase hemmen können. Dieses Enzym ist ein Schlüsselenzym bei der Entstehung von Entzündungen. Bekannte Schmerzmittel wie Aspirin (Acetylsalicylsäure), Ibuprofen, Naproxen, Voltaren (Diclofenac) funktionieren nach demselben Prinzip.

7.3 Die ätherischen Öle des Hopfens

Die primäre Aufgabe des Hopfens beim Bierbrauen ist, dem Bier die typische angenehme harmonische Bittere zu geben. Die zweite Aufgabe ist für ein feines Aroma zu sorgen. Nach wie vor wird das Hopfenaroma sensorisch durch Riechen beurteilt. Zur Beschreibung werden Deskriptoren wie „blumig“, „würzig/krautig“, „holzig/aromatisch“, „grün“, „Zitrus“, „süße Früchte“, „grüne Früchte“, „rote Beeren“, „Sahnekaramell“, „vegetal“, „Tee“, und „Menthol“ verwendet. Physiologisch können Aromaeindrücke nur in fünf Stufen differenziert werden. Die sensorische Bewertung von Hopfen muss jedoch eher mehr subjektiv gesehen werden, da jeder nach kultureller Prägung oder momentaner Stimmung bestimmte unterschiedliche Präferenzen hat. Kein anderer Sinn wie der Geruchssinn beeinflusst so stark unser Unterbewusstsein. Dies ist als Madeleine-Effekt bekannt. In Marcel Prousts Roman „Auf der Suche nach der verlorenen Zeit“ erlebt der Erzähler durch den Geschmack in Tee getauchten Gebäcks (Madeleines) wieder ganz bestimmte Erinnerungen an die Kindheit.

Otto Wallach (1847-1931, Nobelpreis 1910) war der erste, der herausfand, dass die ätherischen Öle von Pflanzen immer aus 5 Kohlenstoffeinheiten aufgebaut sind (C₅, C₁₀, C₁₅). Leopold Ružička (1887-1976, Nobelpreis 1939) identifizierte diese C₅-Bausteine als Isoprene (Isoprenregel). Deshalb werden diese Verbindungen auch als Isoprenoide bezeichnet. Feodor Lynen (1911-1976, Nobelpreis 1964) klärte den Biosyntheseweg auf. Es gibt zwei verschiedene Wege, einmal über die Mevalonsäure und einen anderen über das Deoxy-

xylulose-5-phosphat. Beide Biosynthesewege werden von den Pflanzen parallel durchgeführt. Die Abb. 62 zeigt den Mevalonsäureweg und die Abb. 63 den Desoxyxylulose-5-phosphat-Weg. Der Mevalonsäureweg findet im Cytoplasma und der Desoxyxylulose-5-phosphat-Weg in den Plastiden statt.

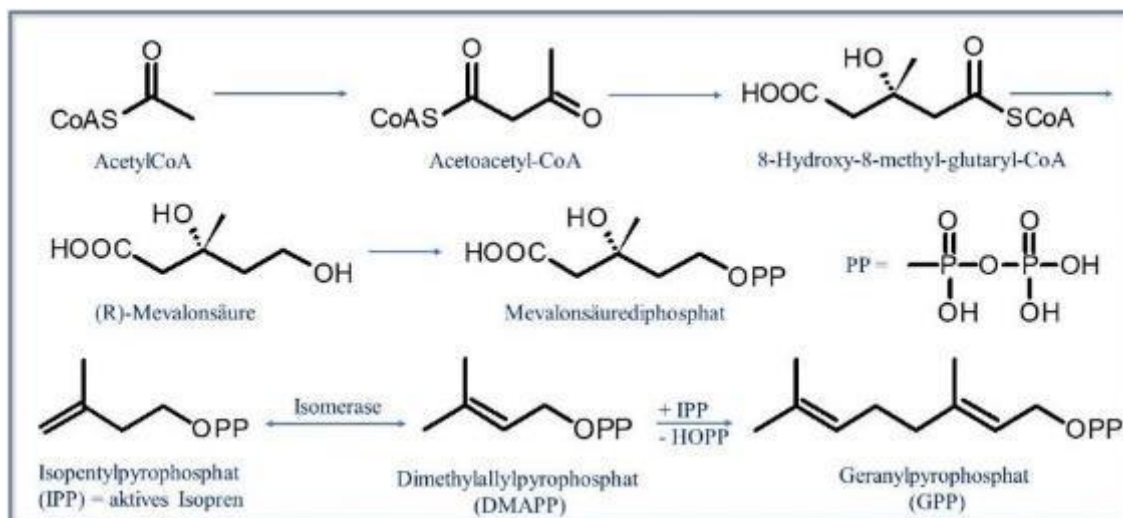


Abb. 62: Biosyntheseweg der Terpenoide über den Mevalonsäure-Weg

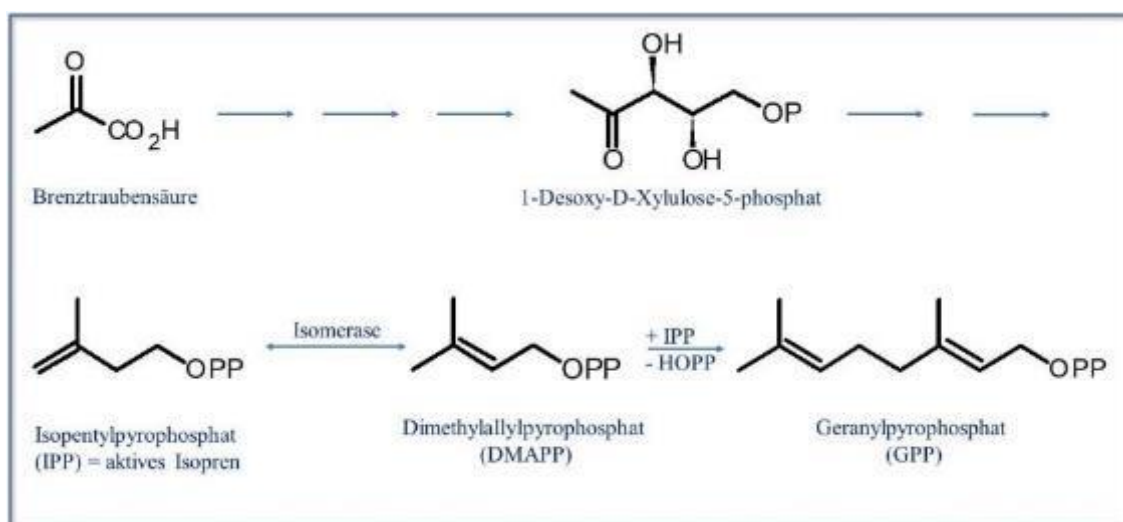


Abb. 63: Biosyntheseweg der Terpenoide über den 1-Desoxy-D-Xylulose-5-phosphat-Weg

Die Schlüsselverbindungen sind das Isopentylpyrophosphat (IPP) und das Dimethylallylpyrophosphat (DMAPP), diese Verbindungen stehen miteinander im Gleichgewicht und durch unterschiedliche Verknüpfungen (Kopf-Kopf, Schwanz-Schwanz, Kopf-Schwanz, Schwanz-Kopf) werden die strukturell sehr verschiedenen Terpenoide aufgebaut, denen aber allen eins gemeinsam ist, dass sie aus (C₅)_n-Einheiten bestehen (Abb. 64).

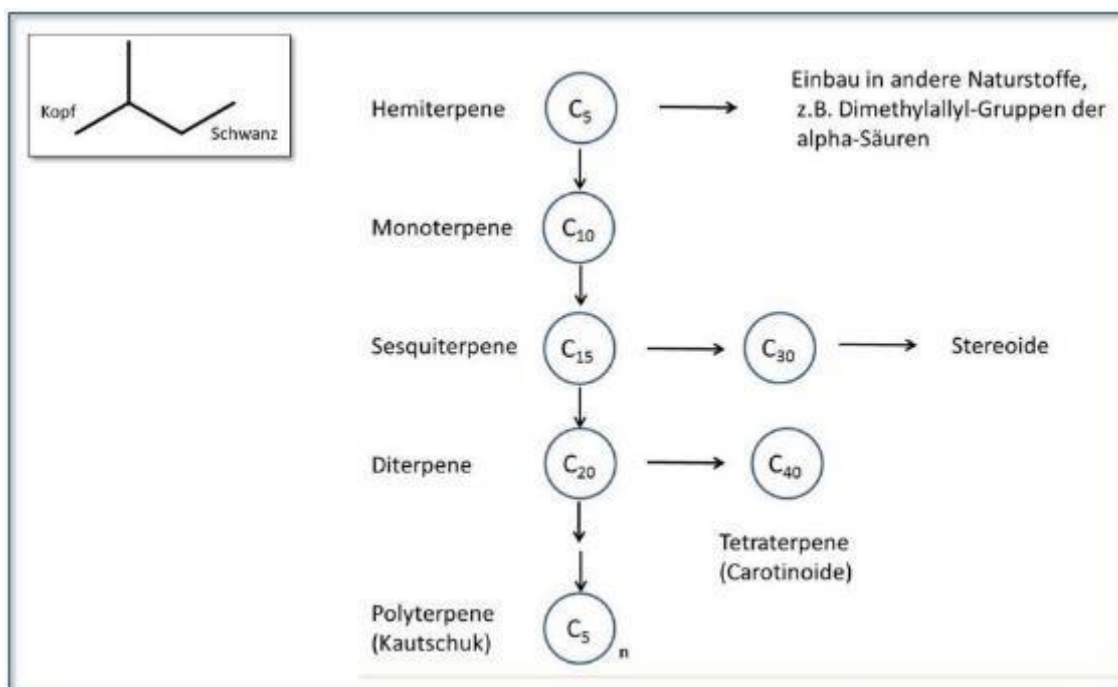


Abb. 64: Aufbau von terpenoiden Verbindungen

Die Abb. 65 zeigt die Biosynthese einiger wichtiger Monoterpene des Hopfens und die Abb. 66 die Systematik der Hopfenöle.

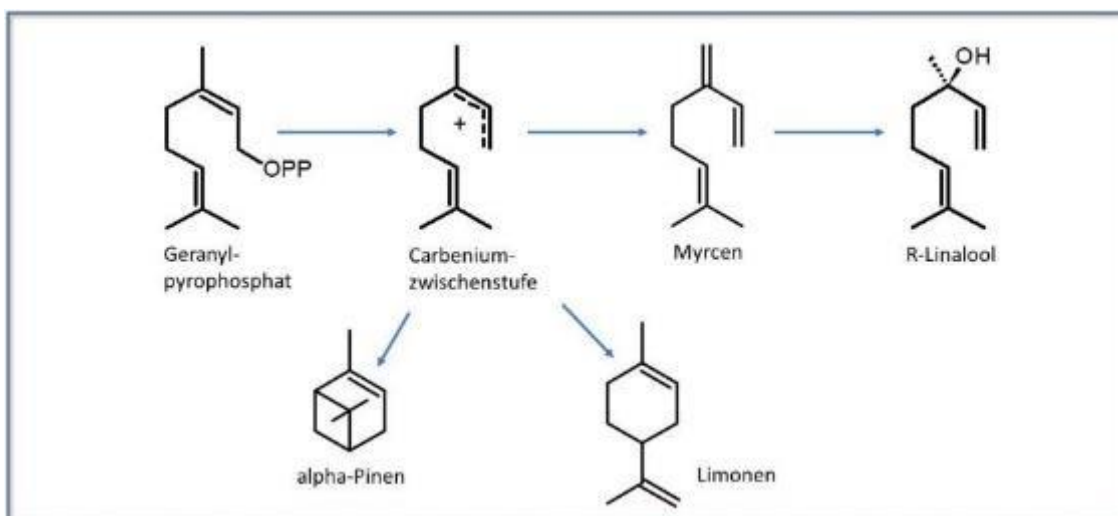


Abb. 65: Biosynthese einiger wichtiger Monoterpene des Hopfens

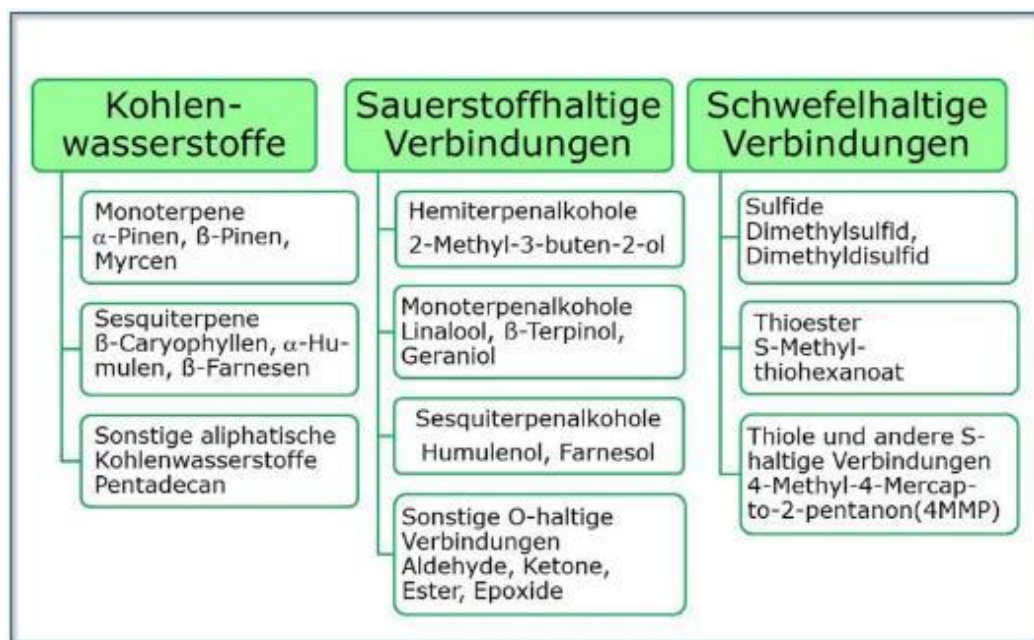


Abb. 66: Systematik der ätherischen Hopfenöle

In der Literatur werden etwa 300 – 400 ÖlkompONENTEN beschrieben. Im Hüller Labor können wir 143 Substanzen qualitativ bestimmen. Das Hüller Labor interessiert sich für folgende drei Fragestellungen hinsichtlich der ätherischen Öle:

- Welche ÖlkompONENTEN sind für die Sortenunterscheidung wichtig?
- Welche Substanzen bestimmen das Aroma des Hopfens?
- Welche Substanzen gehen ins Bier über?

Für die Sortenunterscheidung sind vor allem Sesquiterpene wie β -Ocimen, β -Caryophyllen, Aromadendren, Humulen, β -Farnesen, α -Selinene, β -Selinene, β/γ -Cadinene und 3,7-Selinadiene wertvoll, obwohl diese Substanzen nichts zum Aroma beitragen und als unpolare Substanzen auch nicht ins Bier übergehen. Das Hopfenaroma bestimmen vor allem Myrcen, Linalool und polyfunktionale Thiole wie das 4-Mercapto-4-Methyl-2-pentanone (4-MMP). Ins Bier werden, wie in Punkt 7.2.1.2 dargestellt, polare Substanzen transferiert. Das sind die Terpenalkohole, niedermolekulare Ester und polyfunktionale Thiole. Der Geruchseindruck entsteht durch das Zusammenwirken vieler einzelner Substanzen. Manche Substanzen neutralisieren sich und andere verstärken sich in ihrer Wirkung. Während der Gärung können Hefen auch noch Aromastoffe verändern. Ester werden zu Ethylester umgeestert, Geraniol kann zu Citronellol reduziert werden und glykosidisch gebundene Aromastoffe wie Linalool oder Geraniol können freigesetzt werden.

7.4 Welthopfensortiment (Ernte 2022)

Vom Welthopfensortiment werden jedes Jahr die ätherischen Öle mit Headspace- Gaschromatographie und die Bitterstoffe mit HPLC analysiert. Die Tab. 15 zeigt die Ergebnisse des Erntejahres 2022. 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 sogenannte exogene Faktoren bei der Ausprägung der morphologischen Erscheinung als auch der Inhaltsstoffe (Metabolom) eine Rolle spielen.



Abb. 67: Die Morphologie und das Metabolom des Hopfens werden durch viele exogene Faktoren festgelegt

Tab. 15: Welthopfensortiment (Ernte 2022)

Sorte	Myrcen	2-Methylbutylisobutyrat	Methylisoheptanoat	β -Ocimen	Linalool	Aromaden-dren	Undecanon	Humulen	β -Far-nesen	γ -Muu-rolen	β -Seli-nen	α -Seli-nen	β/γ -Ca-dinen	3,7-Seli-nadien	Gera-niol	α -Säu-ren	β -Säu-ren	β/α	Co-humu-lon	Co-lupulon
Admiral	5516	2407	0	203	101	0	21	702	0	24	3	6	50	1	1	11,7	5,1	0,44	47,6	68,5
Agnus	920	176	3	5	23	0	8	232	0	28	5	10	51	0	12	10,1	5,2	0,51	29,9	53,1
Ahil	3715	1126	76	12	49	0	26	476	41	24	6	12	45	0	27	6,1	3,0	0,49	33,3	56,0
Alliance	1571	274	0	5	42	0	16	464	0	24	2	4	51	0	1	2,9	1,7	0,61	29,2	52,5
Ariana	1681	650	284	81	37	0	49	534	61	30	20	42	63	0	4	9,7	5,2	0,54	40,9	58,1
Atlas	4012	1539	54	16	42	0	6	488	57	24	9	20	47	0	20	4,8	2,8	0,58	39,8	61,9
Backa	4766	1862	0	139	57	0	25	628	25	23	1	3	45	0	1	5,2	3,3	0,63	44,2	65,6
Blisk	2140	702	73	2	55	0	7	525	21	26	9	19	52	0	20	5,9	2,8	0,48	33,5	59,1
Bor	3152	435	4	230	28	0	24	592	0	18	2	4	45	0	8	6,1	3,5	0,57	23,2	45,8
Bramling Cross	3722	451	2	5	71	0	32	632	0	22	7	13	39	0	1	2,1	2,8	1,35	37,9	61,2
Braustern	1550	317	1	113	21	0	15	388	0	24	2	4	49	0	1	4,3	4,0	0,91	29,7	48,9
Brewers Gold	3157	884	53	47	39	0	2	420	0	29	6	12	52	1	31	6,4	4,3	0,68	38,1	62,7
Callista	6850	1049	193	10	171	0	32	733	0	42	41	87	70	0	2	4,0	7,5	1,89	26,4	38,2
Cascade	3450	832	126	12	51	0	18	640	4	34	11	25	58	0	9	6,4	6,3	0,97	32,8	48,9
Challenger	2954	751	1	92	47	0	33	575	2	20	35	81	45	0	1	3,1	3,6	1,16	29,6	45,9
Chang bei 1	2976	340	4	1	71	0	40	557	4	39	23	49	63	46	3	1,4	2,6	1,85	29,9	43,4
Chang bei 2	2603	2157	0	0	60	1	50	641	0	102	60	123	157	1	14	4,0	4,1	1,03	44,1	66,4
Chinook	1755	904	17	4	19	0	7	458	0	92	11	22	149	36	8	9,7	3,2	0,33	31,7	55,1
Columbus	2004	647	82	3	27	0	3	395	0	66	10	20	117	34	9	10,6	3,6	0,33	34,3	56,3
Comet	1169	243	22	47	25	0	8	14	0	7	39	86	12	25	7	7,3	3,2	0,43	39,6	59,7
Crystal	1888	104	17	7	65	47	13	522	0	44	37	74	52	105	2	1,3	4,2	3,12	18,1	33,2
Density	4949	669	28	45	87	0	30	597	0	23	34	68	43	0	3	3,1	3,6	1,16	32,9	57,3
Early Choice	2178	264	0	38	13	0	13	503	0	17	29	71	40	0	1	1,6	1,1	0,69	32,2	49,5
Emerald	1260	232	11	39	14	0	23	492	0	23	2	5	46	0	1	3,1	4,3	1,39	31,1	46,4
Ging Dao Do Hua	3502	2712	0	0	69	1	52	625	0	106	67	137	163	0	15	3,9	3,8	0,97	46,2	69,5

Sorte	Myrcen	2-Methylbutylisobutyryl	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
Golden Star	3373	2197	0	2	60	1	45	628	0	95	56	119	154	0	13	3,6	3,7	1,01	45,9	69,2
Granit	2590	512	31	48	27	0	68	541	0	20	6	12	37	0	6	5,2	3,6	0,69	22,8	45,5
Hallertau Blanc	12635	2126	625	25	155	1	34	130	0	33	420	1010	68	6	23	9,6	6,4	0,67	21,1	37,4
Hall. Magnum	2388	432	86	45	17	0	14	545	0	22	3	7	52	0	1	10,5	5,9	0,56	24,9	40,5
Hallertauer Merkur	2454	498	99	25	51	0	17	537	0	26	2	4	56	0	3	12,4	6,0	0,49	15,2	37,3
Hallertauer Mfr.	1038	278	1	2	65	0	33	443	0	39	2	5	69	0	2	3,5	4,0	1,12	20,7	37,2
Hall. Taurus	3359	248	46	46	87	0	31	523	0	23	43	100	51	0	3	13,7	4,3	0,31	20,1	41,3
Hall. Tradition	2595	462	33	8	92	0	29	622	0	27	2	4	59	0	1	5,3	3,8	0,72	25,9	47,1
Herkules	4349	739	254	240	27	0	29	656	0	22	2	4	52	1	14	16,6	4,7	0,28	30,7	50,5
Hersbrucker Pure	3091	504	23	21	91	0	27	607	0	23	2	4	52	0	2	4,8	3,5	0,73	27,6	48,8
Hersbrucker Spät	2667	173	21	10	76	36	4	519	0	44	36	77	57	88	2	2,8	4,3	1,56	18,5	33,9
Huell Melon	10109	5125	4	77	82	2	76	137	35	78	283	629	129	235	38	6,4	8,1	1,27	30,0	47,9
Hüller Anfang	1303	311	27	2	48	0	26	487	0	35	3	5	60	0	0	2,1	2,7	1,33	24,2	40,4
Hüller Aroma	1511	275	2	2	58	0	36	546	0	34	3	5	62	0	0	2,0	2,9	1,42	27,8	45,9
Hüller Fortschritt	2076	190	17	3	61	0	30	638	0	30	2	5	55	0	0	1,3	2,9	2,14	29,3	44,4
Hüller Start	1336	98	3	8	25	0	32	509	0	34	3	5	57	0	1	1,6	2,4	1,5	24,1	41,8
Kirin 1	2659	1974	0	1	57	0	55	592	0	97	54	112	159	0	12	3,7	3,8	1,01	44,0	67,6
Kirin 2	3533	1867	0	2	51	0	43	581	0	83	53	112	130	0	10	3,6	3,6	1	46,9	69,9
Kitamidori	1688	58	16	59	14	0	11	551	0	30	2	4	58	0	4	5,0	3,6	0,72	24,1	42,5
Kumir	2395	342	6	146	67	0	25	486	0	24	2	4	51	0	4	7,2	4,3	0,59	17,7	40,3
Lubelski	2477	172	21	9	36	0	41	677	17	26	7	13	51	0	2	2,9	3,8	1,31	23,5	40,6
Mandarina Bavaria	5603	1554	96	28	52	0	42	713	1	45	81	82	76	0	36	10,5	6,9	0,66	32,5	52,6
Neoplanta	1608	357	0	115	13	0	11	343	9	24	1	3	49	0	1	4,8	3,2	0,66	36,0	64,8
Neptun	1468	318	175	10	44	0	9	351	0	27	2	4	57	1	1	11,8	4,9	0,42	20,3	40,9
Northern Brewer	2053	333	1	124	20	0	14	378	0	21	1	3	50	0	3	8,7	4,6	0,53	24,0	46,9
Nugget	2419	430	2	139	40	0	13	416	0	16	6	14	35	0	2	10,3	3,7	0,36	27,5	51,2

Sorte	Myr- cen	2-Metyl- butyl- isobutyrat	Methyl- isohep- tanoat	β- Oci- men	Lina- lool	Aroma- den- dren	Unde- canon	Hu- mulen	β-Far- nesen	γ- Muu- rolen	β-Seli- nen	α- Seli- nen	β/γ-Ca- dinen	3,7-Seli- nadien	Gera- niol	α-Säu- ren	β-Säu- ren	β/α	Co- humu- lon	Co- lupulon
Opal	1983	160	75	28	65	0	27	473	0	27	2	0	56	0	6	6,7	4,9	0,74	14,3	30,7
Orion	1314	345	14	31	41	0	26	326	0	26	2	3	50	0	1	5,3	3,6	0,69	27,2	49,8
Perle	1616	316	4	100	26	0	16	379	0	23	1	4	49	0	2	4,3	3,3	0,77	29,9	52,4
Polaris	2475	384	99	203	16	0	17	409	0	23	2	3	50	0	4	18,4	4,6	0,25	22,4	43,3
Record	2316	77	1	4	47	0	31	661	0	25	2	5	51	0	1	1,9	4,7	2,39	24,6	38,7
Relax	2700	442	22	11	25	0	38	696	0	42	3	6	66	0	16	0,9	7,4	8,29	43,7	30,8
Rottenburger	1935	90	4	2	37	0	24	680	0	25	2	4	49	0	2	1,4	4,3	3,16	27,1	40,0
Rubin	3990	758	103	44	36	0	11	523	0	31	60	139	62	1	10	11,9	4,1	0,34	32,3	52,1
Saazer	3951	1	6	14	102	0	74	742	33	32	2	4	63	0	7	3,4	4,1	1,21	23,2	39,9
Saphir	2916	195	19	49	86	2	106	475	0	30	17	38	49	54	5	2,6	4,5	1,73	15,0	40,9
Sladek	2154	300	3	80	58	0	25	508	0	25	2	5	54	0	3	6,0	3,7	0,62	20,0	43,4
Smaragd	2585	107	33	18	83	0	21	608	0	30	10	7	57	0	7	3,7	4,1	1,12	17,3	32,7
Sorachi Ace	1907	345	0	47	30	0	22	540	0	33	2	5	65	0	8	9,1	5,7	0,62	26,0	51,5
Spalter	4063	6	11	10	119	0	86	764	26	33	2	6	61	1	17	3,1	4,8	1,54	23,2	38,8
Spalter Select	3936	311	43	8	166	19	50	535	59	33	26	55	49	76	2	2,4	3,1	1,29	22,1	39,5
Strisselspalter	1965	178	8	6	60	38	11	515	0	47	42	89	58	94	2	2,7	4,5	1,67	19,4	36,2
Tango	8215	424	17	7	194	39	64	248	107	51	108	223	58	173	25	6,5	8,4	1,29	22,3	37,3
Target	3624	985	1	120	82	0	39	403	0	35	4	10	71	14	1	8,8	4,1	0,46	35,8	61,7
Tettnanger	3925	56	7	11	114	0	91	770	28	35	2	5	61	0	15	2,6	3,2	1,23	24,7	41,5
Vojvodina	2653	314	3	86	20	0	26	527	0	21	2	3	44	0	3	4,0	2,6	0,66	29,7	59,1
WFG	4946	33	8	13	80	0	65	777	40	27	3	6	50	0	2	2,2	2,8	1,28	24,8	41,1
Xantia	3733	643	21	416	26	0	14	345	100	18	19	45	41	0	9	9,5	3,3	0,35	26,8	46,5
Yeoman	2274	559	83	71	28	0	17	406	0	16	24	59	40	0	10	10,1	4,0	0,4	23,3	42,6
Zenith	2883	345	1	177	73	0	27	511	0	18	49	120	46	0	5	5,8	2,6	0,44	27,8	50,8
Zeus	2120	475	73	2	21	0	5	416	0	64	11	22	124	38	7	13,7	4,5	0,33	34,2	56,9
Zitic	2156	8	3	41	24	0	32	560	0	23	2	4	48	0	15	2,7	3,6	1,36	21,1	41,4

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

7.5 Qualitätssicherung bei der α -Säurenanalytik für Hopfenlieferungsverträge

7.5.1 Ringanalysen zur Ernte 2023

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 2023 hatte die Arbeitsgruppe IPZ 5d wieder die Aufgabe, Ringanalysen zu organisieren und auszuwerten, um die Qualität der α -Säurenanalytik sicherzustellen.

Im Jahr 2023 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 e. G.), Mainburg
- AGROLAB Agrarzentrum GmbH, Leinefelde
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Arbeitsbereich Hopfen, Hüll
- BayWa AG Tett nang

Der Ringversuch startete im Jahr 2023 am 12. September und endete am 10. 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. 68), vakuumverpackt und zu den einzelnen Laboratorien gebracht. An den darauffolgenden Wochentagen wurde immer eine Probe pro Tag analysiert. Die Analysenergebnisse wurden eine Woche später nach Hüll zurückgegeben und dort ausgewertet. Im Jahr 2023 wurden insgesamt 34 Proben analysiert.



Abb. 68: Hammermühle und Probenteiler

Die Auswertungen wurden so schnell wie möglich an die einzelnen Laboratorien weitergegeben. Die Abb. 69 zeigt eine Auswertung als Beispiel, wie ein Ringversuch im Idealfall aussehen sollte. Die Nummerierung der Laboratorien (1-7) entspricht nicht der obigen Zusammenstellung.

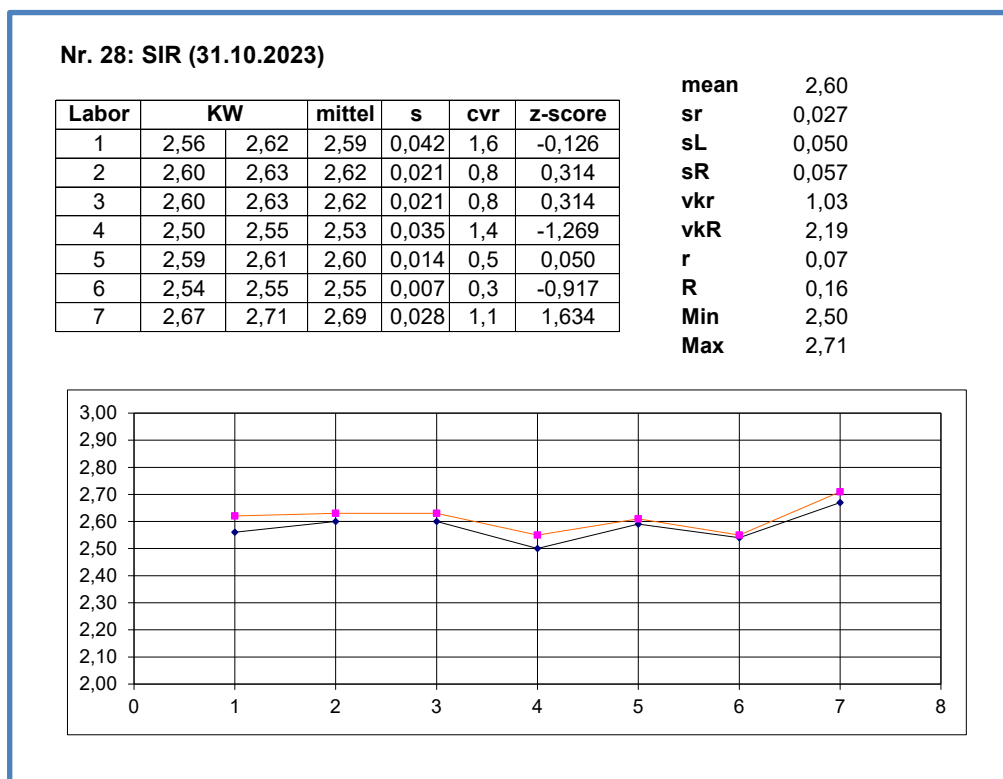


Abb. 69: Auswertung einer Ringanalyse als Beispiel

Im Jahr 2023 wurde auch noch zusätzlich der z-Score in die Auswertung mitaufgenommen. Der z-Score berechnet sich nachfolgender Formel (Formel 7.1):

$$z - Score = \frac{\text{mittel} - \text{mean}}{sR}$$

Formel 7.1

Die Berechnung der Ausreißertests erfolgt gemäß DIN ISO 5725. Innerhalb der Laboratorien wurde der Cochran-Test (Formel 7.2) und zwischen den Laboratorien der Grubbs-Test (Formel 7.3) gerechnet.

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

Formel 7.2

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

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

Formel 7.3

Bei 8 Laboratorien und einer Doppelbestimmung muss bei $\alpha = 1\%$ G kleiner als **2,274** und bei $\alpha = 5\%$ G kleiner als **2,126** sein, sonst wird ein Ausreißer erkannt. Aber auch der z-Score kann zum Erkennen von Laborausreißern verwendet werden. Ist der z-Score kleiner als -2 oder größer als 2, dann sind dies Ausreißer.

Tab. 16: Ausreißer des Jahres 2023

	Cochran		Grubbs	
Probe	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,05$
14		Lab. 7		
18			Lab. 7	
31				Lab. 6
Gesamt:	0	1	1	1

Die Toleranzgrenze $d_{\text{krit.}}$, die die Differenz angibt innerhalb der Messungen nicht unterschieden werden können, berechnet sich nach Formel 7.4, wobei r die Wiederholbarkeit und R die Reproduzierbarkeit ist (Formel 7.5).

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

Formel 7.4

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

Formel 7.5

Seit dem Jahr 2013 gibt es 5 alpha-Klassen und neue Toleranzgrenzen. Die Tab. 17 zeigt die neue Einteilung und die Überschreitungen des Jahres 2023.

Tab. 17: aktualisierte alpha-Säurenklassen und Toleranzgrenzen sowie deren Überschreitungen im Jahr 2023

	< 5,0 %	5,0 % - 8,0 %	8,1 % - 11,0 %	11,1 % - 14 %	> 14,0 %
d kritisch	+/-0,3	+/-0,4	+/-0,5	+/-0,6	+/- 0,7
Bereich	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
Überschreitungen im Jahr 2023	0	0	0	0	0

Im Jahr 2023 gab es keine Überschreitungen der zugelassenen Toleranzgrenzen.

In der Abb. 70 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.

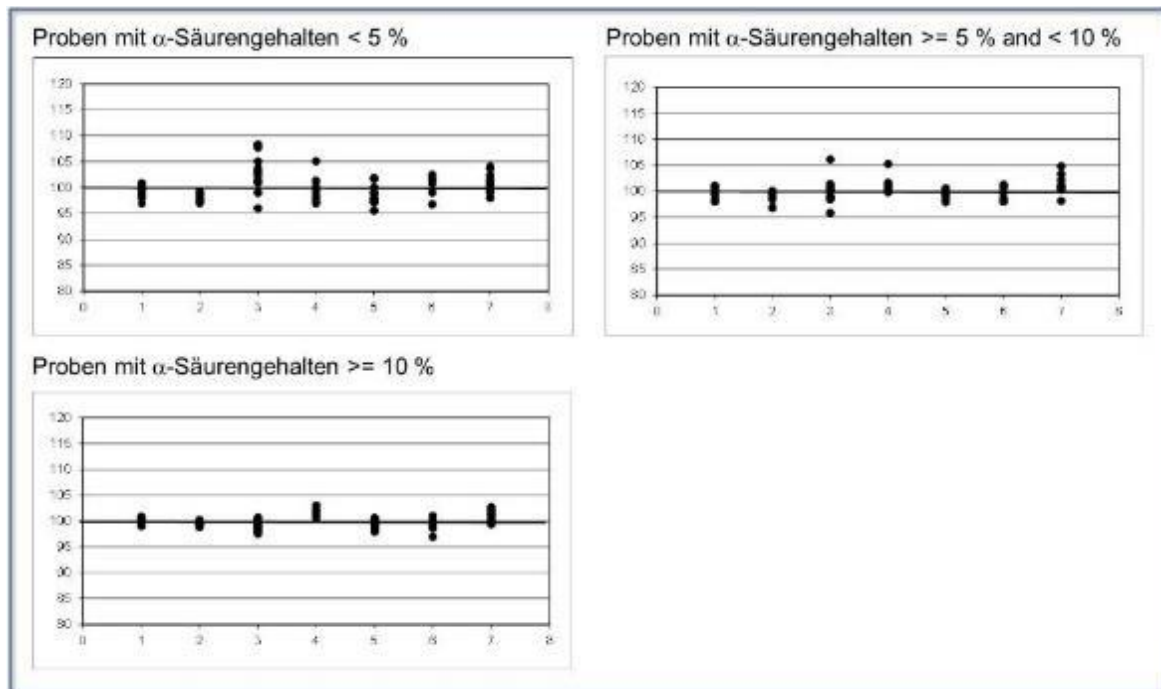


Abb. 70: Analysenergebnisse der Laboratorien relativ zum Mittelwert

Das Hüller Labor hat die Nummer 5. Im Jahr 2023 waren die α -Säuregehalte sehr niedrig, deshalb gab es wieder mehr Proben mit niedrigeren α -Säuregehalten unter 5 %.

7.5.2 Auswertung von Kontrolluntersuchungen

Zusätzlich zu den Ringversuchen werden seit dem Jahr 2005 Kontrolluntersuchungen durchgeführt, die die Arbeitsgruppe IPZ 5d auswertet und dann die Ergebnisse an die beteiligten Laboratorien sowie an den Hopfenpflanzer- und Hopfenwirtschaftsverband weitergibt. Ein Erstuntersuchungslabor wählt drei Proben pro Woche aus, die dann gemäß des Pflichtenhefts der AHA von drei verschiedenen Laboratorien analysiert werden. Der Erstuntersuchungswert gilt, wenn der Mittelwert der Nachuntersuchung und der Erstuntersuchungswert innerhalb der Toleranzgrenzen (Tab. 17) liegen. Die Tab. 18 zeigt die Ergebnisse des Jahres 2023. In allen Fällen wurden die Erstuntersuchungswerte bestätigt. Seit der Ernte 2020 ist auch das Labor der BayWa Tett nang ein Erstuntersuchungslabor.

Tab. 18: Kontrolluntersuchungen des Jahres 2023

Probenbezeichnung	Erstuntersuchungslabor	Erstuntersuchung	Nachuntersuchung			Mittelwert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
41983 HTU	Agrolab	11,4	11,2	11,5	11,9	11,53	ja
42055 HAL	Agrolab	4,4	4,3	4,4	4,5	4,41	ja
42072 HTR	Agrolab	4,6	4,3	4,5	4,5	4,45	ja
Partiennr. 15539 TET	BayWA	3,0	3,0	3,1	3,2	3,10	ja
Partiennr. 25621 PER	BayWA	6,4	6,3	6,4	6,4	6,37	ja
Partiennr. 45871 PLA	BayWA	18,3	17,6	17,8	18,0	17,8	ja
HMG, 42390	HVG Mainburg	19,4	19,3	19,7	19,7	19,57	ja
HKS, 41905	HVG Mainburg	12,4	12,0	12,2	12,3	12,17	ja
HMG, 42390	HVG Mainburg	12,6	12,7	12,9	13,1	12,90	ja
KW 40-HTU	HV St. Johann	14,3	14,0	14,1	14,3	14,13	ja
KW 40-HKS	HV St. Johann	11,5	11,5	11,6	11,8	11,64	ja
KW 40-PER	HV St. Johann	6,4	6,3	6,4	6,5	6,41	ja
KW 41 - NUG	HHV Au	11,8	11,7	11,7	11,9	11,77	ja
KW 41 - HMG	HHV Au	11,7	11,6	11,7	12,0	11,77	ja
KW 41 - HKS	HHV Au	13,9	13,6	13,6	14,2	13,80	ja
47016 HKS	Agrolab	11,0	11,3	11,3	11,5	11,35	ja
47353 HKS	Agrolab	12,0	11,8	12,0	12,2	12,00	ja
44862 HKS	Agrolab	11,7	11,4	11,5	11,6	11,5	ja
Probennr. 362, Sorte HTR	BayWA	5,4	5,0	5,3	5,4	5,22	ja
Probennr. 356, Sorte HBC	BayWA	9,1	9,0	9,0	9,2	9,05	ja
Probennr. 802, Sorte HKS	BayWA	14,2	13,8	13,9	14,1	13,95	ja
KW 44 51297, Sorte HKS	HVG Mainburg	14,6	14,4	14,6	14,7	14,57	ja
KW 44 47173, Sorte HMG	HVG Mainburg	10,4	10,5	10,7	10,9	10,68	ja
KW 44 46527, Sorte TTN	HVG Mainburg	14,7	14,4	14,8	15,0	14,74	ja
KW 45 – 46183, Sorte PER	HV St. Johann	5,7	5,5	5,6	5,7	5,58	ja
KW 45 – 48105, Sorte HMG	HV St. Johann	10,4	10,0	10,1	10,5	10,19	ja
KW 45 – 47902, Sorte HKS	HV St. Johann	11,4	11,0	11,2	11,3	11,17	ja
KW 46 - HMG	HHV Au	12,1	12,0	12,0	12,4	12,13	ja
KW 46 - HKS	HHV Au	14,0	13,7	14,0	14,4	14,05	ja
KW 46 - TTN	HHV Au	12,6	12,5	12,7	12,8	12,67	ja

7.5.3 Nachuntersuchungen der Ernte 2023

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 Tett nang als Untersuchungslabor zugelassen (Tab. 19).

Tab. 19: Verteilungsschlüssel Nachuntersuchungslabore

Labor der Erstuntersuchung	Labore der Nachuntersuchung		
HHV Au HHV Mainburg	HVG Mainburg	HV St. Johann	LfL Hüll
HV St. Johann	HVG Mainburg	HHV Mainburg	LfL Hüll
HVG Mainburg	HV St. Johann	HHV Mainburg	LfL Hüll
AGROLAB	HV St. Johann	HHV Au	LfL Hüll
BayWa Tett nang	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 2023 gab es insgesamt 36 Nachuntersuchungen. In drei Fällen wurde der Erstuntersuchungswert nicht bestätigt (gelbe Markierung). Die Tab. 20 zeigt die Nachuntersuchungsergebnisse in aufsteigender zeitlicher Reihenfolge. 17 Nachuntersuchungen wurden im Auftrag von Agrolab durchgeführt, 9 von der HV St. Johann und jeweils 5 von der HVG e. G. Mainburg und der HHV Au. Von den Sorten lag die Sorte Herkules HKS mit 24 Nachuntersuchungen an erster Stelle.

Tab. 20: Nachuntersuchungen des Jahres 2023

Probenbezeichnung	Erstuntersuchungslabor	Erstuntersuchung	Nachuntersuchung			Mittelwert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
43610 HTR	Agrolab	4,8	5,2	5,3	5,5	5,33	nein
Partiennr. 1920125, Sorte PER	HHV Au	6,6	6,8	6,9	6,7	6,80	ja
45326 PER	Agrolab	6,7	6,7	6,7	6,8	6,73	ja
45308 PER	Agrolab	6,8	6,6	6,7	6,7	6,67	ja
45376 HKS	Agrolab	11,9	11,8	11,9	12,2	11,97	ja
Agrolab-Analysennr. 48974, Sorte HKS	HHV Au	11,4	11,1	11,1	11,5	11,23	ja
Agrolab-Analysennr. 49675, Sorte HKS	HHV Au	12,9	12,9	12,9	13,2	13,00	ja

Probenbezeichnung	Erstuntersuchungslabor	Erstuntersuchung	Nachuntersuchung			Mittelwert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
Sorte HHKS, Bezeichnung 50486	HV St. Johann	11,7	14,1	14,2	14,4	14,23	nein
Sorte HHKS, Bezeichnung 50330	HV St. Johann	10,7	10,5	10,8	11,1	10,80	ja
Sorte DEH HTR, Bezeichnung 42495	HV St. Johann	5,4	5,2	5,2	5,2	5,20	ja
Sorte PLA, Analysennr. 44472	HVG Mainburg	15,8	16,1	16,3	16,3	16,23	ja
Sorte HMG, Agrolab Nr. 44630	Agrolab	11,0	10,9	11,0	11,0	10,97	ja
Sorte HKS, Analysen Nr. Agrolab 50335	HV St. Johann	14,0	11,6	11,7	12,1	11,80	nein
Sorte HKS, Analyse. Nr. 50464	HV St. Johann	13,5	13,4	13,5	13,8	13,57	ja
Sorte HKS, Agrolab-Analysennr. 48789	HHV Au	11,3	11,3	11,4	11,5	11,40	ja
Sorte HKS, Analysen-Nr. 53144	HV St. Johann	13,1	13,0	13,2	13,4	13,20	ja
Sorte HKS, Analysen Nr. Agrolab 51566	HVG Mainburg	14,0	14,0	14,1	14,1	14,07	ja
Sorte HKS, Analysen Nr. Agrolab 52059	HVG Mainburg	14,2	14,0	14,3	14,3	14,20	ja
Sorte HKS, Analysen Nr. Agrolab 50975	HVG Mainburg	14,0	13,9	13,9	14,0	13,93	ja
47016 HKS	Agrolab	11,0	11,3	11,3	11,5	11,35	ja
47353 HKS	Agrolab	12,0	11,6	12,0	12,2	12,00	ja
44862 HKS	Agrolab	11,7	11,4	11,5	11,6	11,50	ja
Sorte HHKS, Analysen Nr. Agrolab 50101	HV St. Johann	12,5	12,1	12,3	12,6	12,33	ja
Sorte HHKS, Analysen Nr. Agrolab 49690	HV St. Johann	11,6	11,5	11,5	11,9	11,63	ja
46461, PER	Agrolab	6,7	6,6	6,7	6,7	6,67	ja
50740, HKS	Agrolab	15,0	14,9	15,2	15,5	15,20	ja
53579, HKS	Agrolab	12,2	12,0	12,2	12,6	12,27	ja
53016, HKS	Agrolab	12,5	12,3	12,3	12,7	12,43	ja
52365, HKS	Agrolab	13,5	13,0	13,1	13,3	13,13	ja

Probenbezeichnung	Erstuntersuchungslabor	Erstuntersuchung	Nachuntersuchung			Mittelwert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
50784, HKS	Agrolab	14,1	13,8	14,0	14,3	14,03	ja
49497, HKS	Agrolab	13,6	13,0	13,1	13,4	13,17	ja
Sorte HMG, Analysen Nr. Agrolab 53513	HVG Mainburg	11,4	11,6	11,8	12,0	11,81	ja
Probe 52816, Sorte HKS	HV St. Johann	13,9	13,8	13,9	14,1	13,93	ja
Probe 54236, Sorte PER	Agrolab	6,4	6,1	6,1	6,1	6,10	ja
Probe 54234, Sorte HTR	Agrolab	4,9	4,6	4,6	4,6	4,60	ja
Agrolab-Analysennr. 44080, Sorte HMG, Partiennr. 1140233	HHV AU	10,3	10,0	10,1	10,3	10,13	ja

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

Tab. 21: Anzahl der Nachuntersuchungen und Beanstandungen von 2019 – 2023

Nachuntersuchungen	Anzahl	Beanstandungen
2019	47	1
2020	42	1
2021	33	0
2022	42	1
2023	36	3

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. 22 zeigt die Erntezeitpunkte, wobei über die verschiedenen Jahre leichte Verschiebungen der Erntetermine möglich sind.

Tab. 22: Erntezeitpunkte der Biogeneseversuche

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

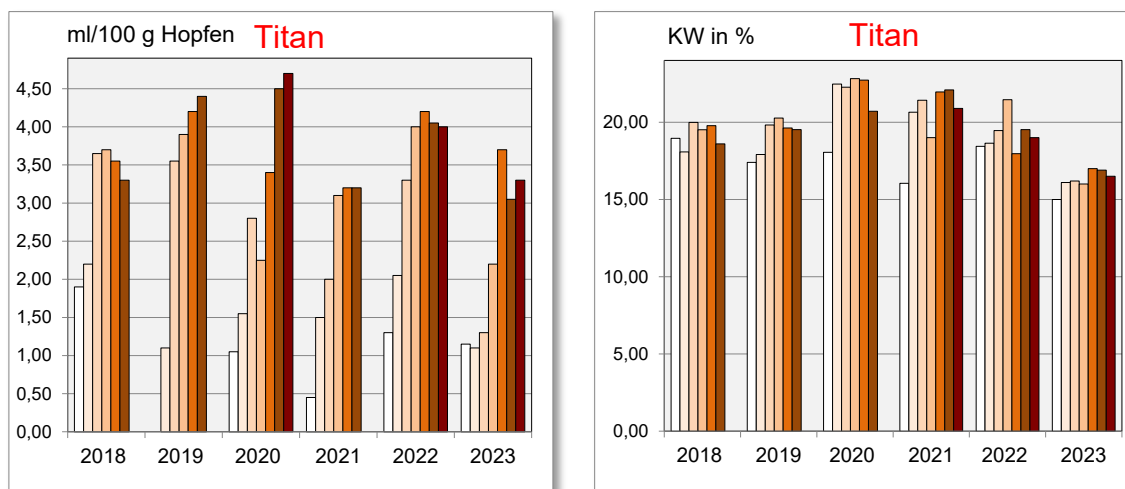


Abb. 71: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe bei der Sorte Titan am Standort Stadelhof

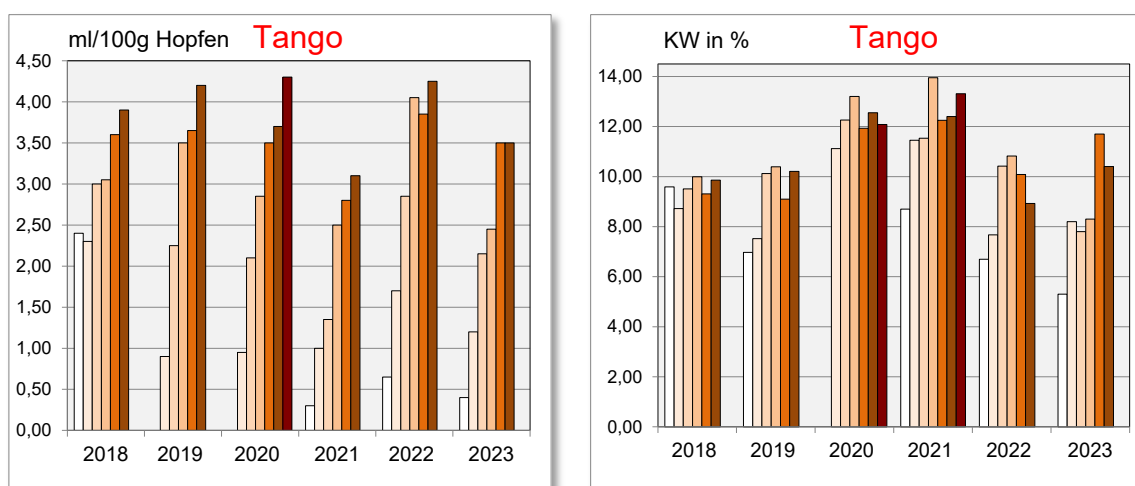


Abb. 72: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe bei der Sorte Tango am Standort Stadelhof

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 ideal für die α -Säuren. In diesem Jahr gab es Rekord- α -Säureresultate, aber die Ölgehalte waren geringer. Im trockenen heißen Jahr 2022 waren die α -Säuregehalte sehr gering, aber die Ölgehalte waren relativ hoch. Im Jahr 2023 waren die alpha-Gehalte ähnlich niedrig wie im Jahr 2022. Die Sorte Titan fiel auch im alpha-Säuren Vergleich zu 2022 etwas ab und die Ölgehalte waren bei beiden Sorten niedriger als 2022.

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. 73).

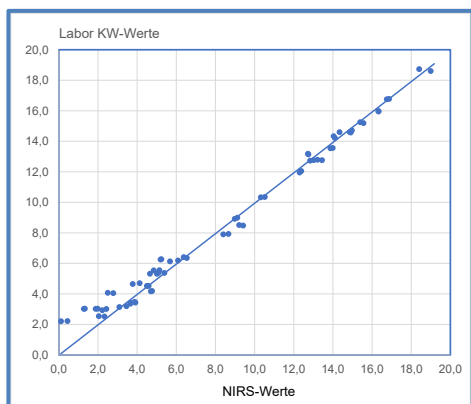


Abb. 73: NIRS-Gerät der Firma Unity Scientific

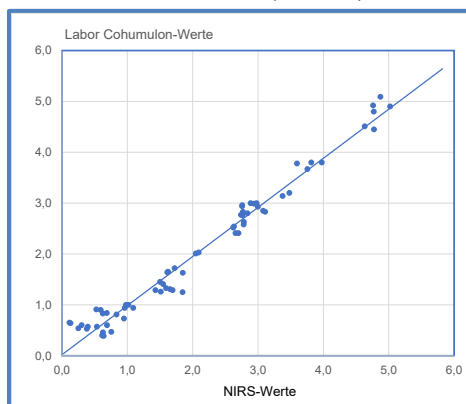
Das Gerät ist mit den Geräten bei AQU in Freising kompatibel. Die alte Kalibrierung vom Foss-Gerät konnte mit Hilfe einer mathematischen Transformation an das neue Gerät angepasst werden.

Es wurde aber auch begonnen eigene Kalibrierungen basierend auf Konduktometer- und HPLC-Daten auf diesem Gerät zu entwickeln. Die Kalibrierungen werden jedes Jahr mit den Proben des Ringversuchs erweitert und validiert. Die Abb. 74 zeigt die Korrelationen der einzelnen Parameter zwischen Labor-Werten und NIRS-Werten.

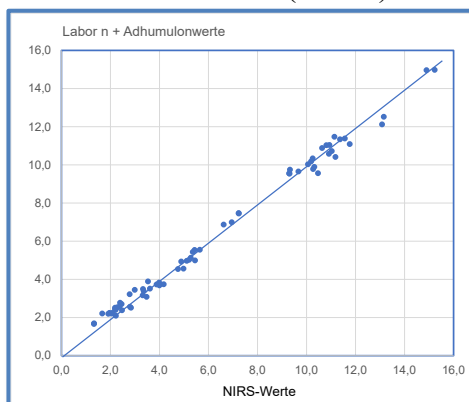
Konduktometerwerte in %



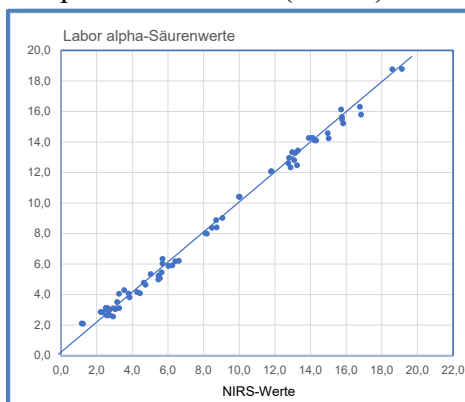
Cohumulon in % (HPLC)



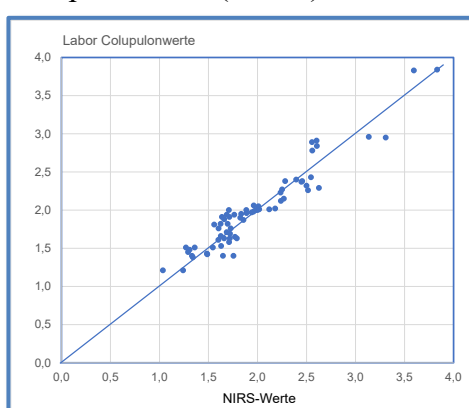
n + Adhumulon in % (HPLC)



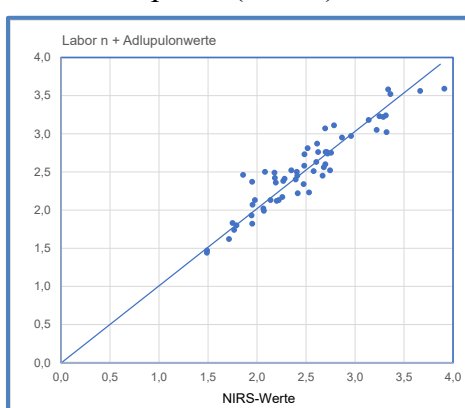
alpha-Säuren in % (HPLC)



Colupulon in % (HPLC)



n + Adlupulon (HPLC)



beta-Säuren in % (HPLC)

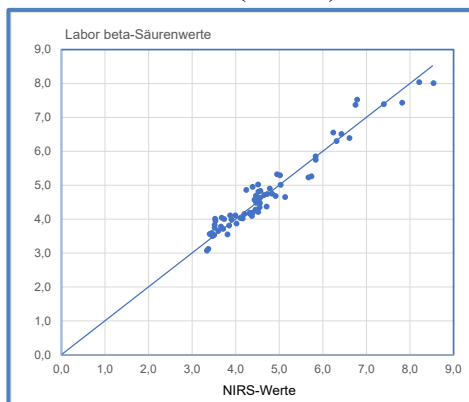


Abb. 74: Korrelationen zwischen Laborwerten und NIRS-Werten

In der Tab. 23 sind die statistischen Parameter zur Bewertung der Präzision für die Kalibrierungen zusammengestellt. Unter dem Bias versteht man die systematische Abweichung zwischen den NIRS-Werten und den Laborwerten. SEP steht für Standard Error of Prediction, das ist der Standardfehler zwischen NIRS-Werten und den Werten der Validierungsproben. Der SEP wird nach Formel 7.6 berechnet. Den sogenannten zufällige Fehler SEP(C) erhält man nach Formel 7.7. R^2 ist das Bestimmtheitsmaß zwischen NIRS-Werten und Laborwerten. Je höher R^2 ist, desto besser ist die Korrelation.

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 1}}$$

Formel 7.6

$$SEP(C) = \sqrt{SEP^2 - Bias^2}$$

Formel 7.7

Tab. 23: statistische Parameter zur Präzisionsbewertung der NIRS-Methoden

Methode	Bias	SEP	SEP(C)	R ²
Konduktometerwert	0,159	0,686	0,667	0,987
Cohumulon (HPLC)	- 0,023	0,236	0,234	0,972
n + Adhumulon (HPLC)	- 0,029	0,337	0,335	0,993
alpha-Säuren (HPLC)	0,014	0,413	0,413	0,994
Colupulon (HPLC)	0,026	0,164	0,162	0,911
n + Adlupulon (HPLC)	0,068	0,227	0,216	0,928
beta-Säuren (HPLC)	0,030	0,279	0,277	0,946

Besonders die Konduktometerwerte und die HPLC alpha-Säurenwerte sind mit den NIRS-Werten schon ganz gut korreliert. Zur Bestimmung der β -Säuren ist die NIRS-Methode etwas schlechter. Durch das jährliche Hinzufügen neuer Datensätze werden die Kalibrierungen kontinuierlich verbessert. Für die Hopfenzüchtung ist die Nahinfrarotspektroskopie eine sehr wertvolle Methode, da man viele Proben pro Tag messen kann und keine Lösungsmittel benötigt, die teuer entsorgt werden müssen. Als Methode für die Hopfenlieferverträge ist jedoch NIRS noch zu ungenau, so dass hier die konduktometrische Titration eingesetzt wird.

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 2023 vorhanden und können mit Hilfe von Box-Plot Darstellungen sehr schön visualisiert werden. In der Abb. 75 ist die Darstellung einer Box-Plot Auswertung kurz erläutert.

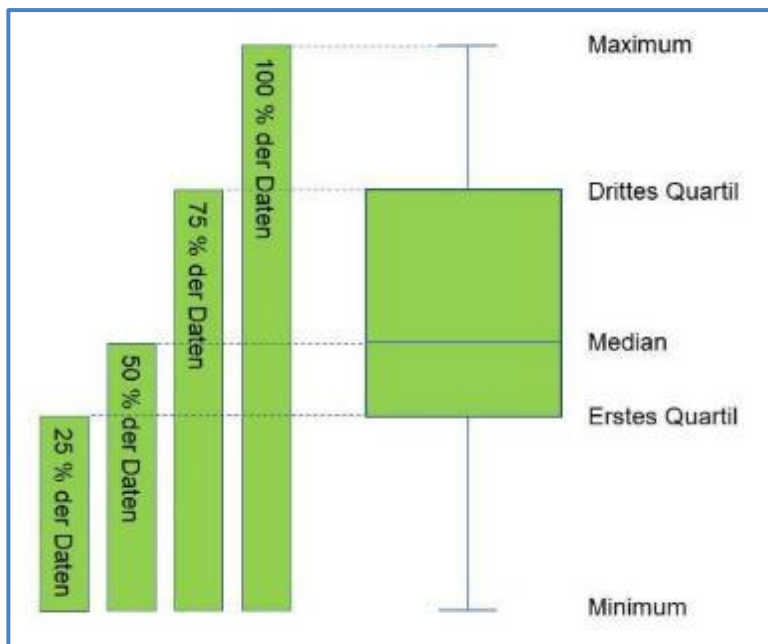


Abb. 75: Erläuterung einer Box-Plot Darstellung

Die Abb. 76 und Abb. 77 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.

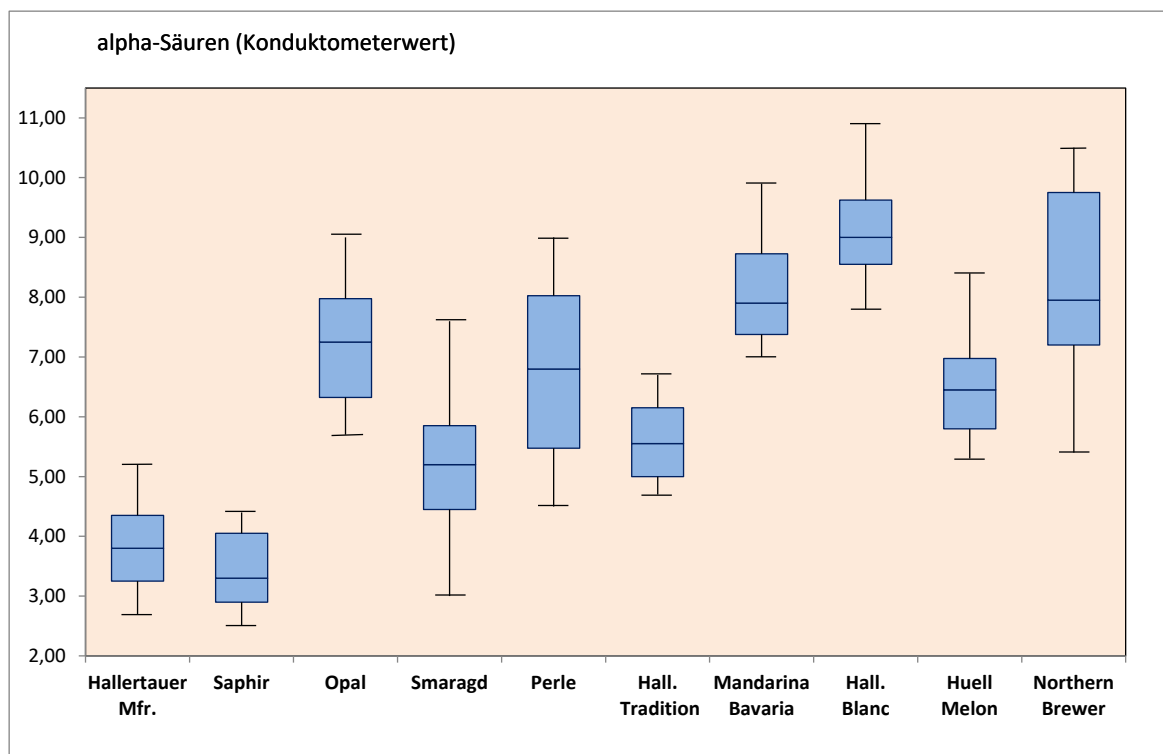


Abb. 76: Box-Plot Auswertung Aromasorten

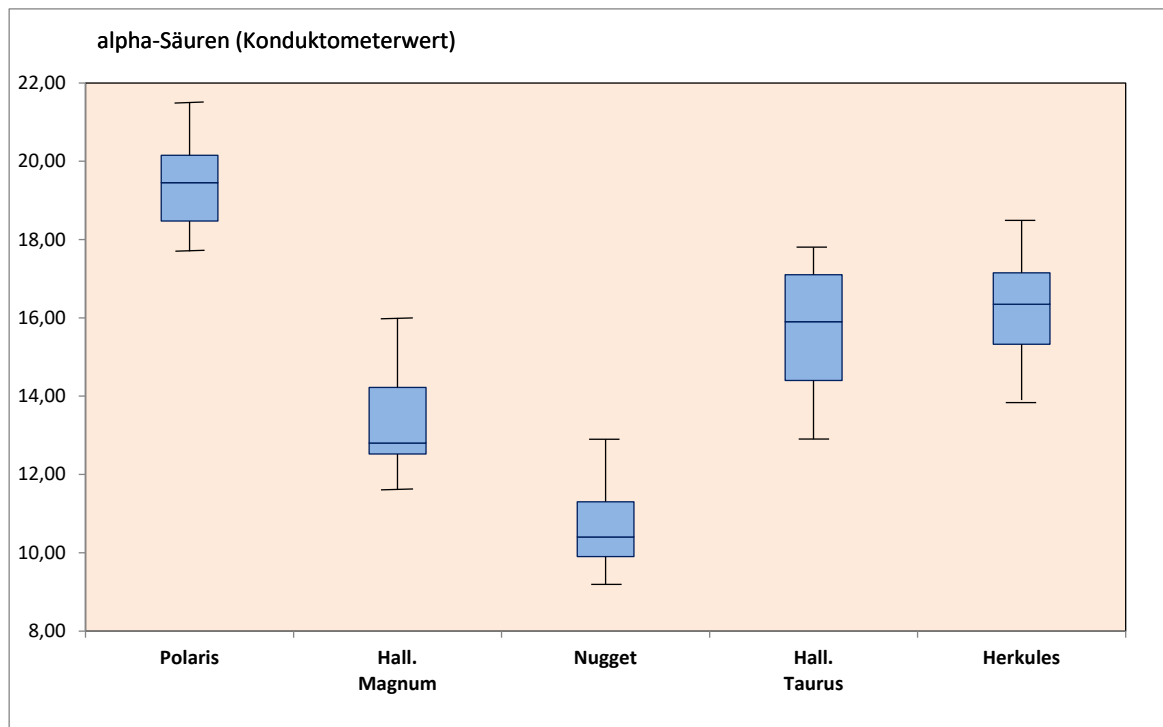


Abb. 77: Box-Plot Auswertung Bittersorten

7.9 Etablierung der Analytik von Alkaloiden in Lupinen

Für die Arbeitsgruppe IPZ 1b Günther Schweizer wurde die Analytik von Alkaloiden in Lupinen etabliert. Zuerst wurde eine geeignete Probenvorbereitungsmethode erarbeitet und dann eine GC-Methode zur Analytik. Die Abbildung 78 zeigt das Verfahren der Probenvorbereitung.



Abb. 78: Probenvorbereitung Alkaloidanalytik

Die Abb. 79 veranschaulicht die GC-Analyse.

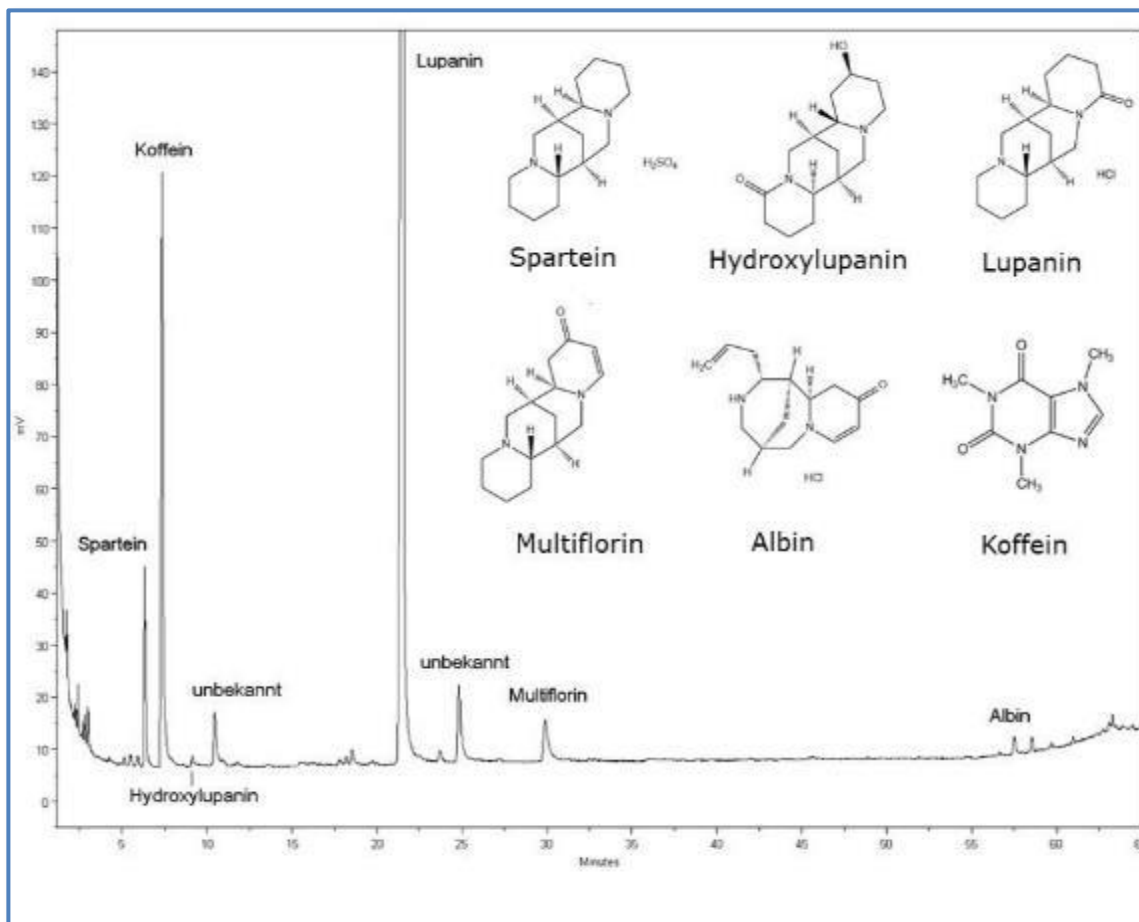


Abb. 79: Gaschromatogramm von Alkaloiden in Lupinen

Hauptverbindung ist das Lupanin. Es konnten auch noch Spartein, Hydroxylupanin, Multiflorin und Albin identifiziert werden. Die quantitative Auswertung erfolgt über Koffein als internen Standard. Es sind noch einige unbekannte Peaks vorhanden, diese müssten mit Standards überprüft werden. Im Jahr 2023 wurden insgesamt 158 Proben gemessen.

7.10 Kontrolle der Sortenechtheit im Jahr 2023

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

Sortenüberprüfungen für die Lebensmittelüberwachungsbehörden (Landratsämter) für das Jahr 2023: 14

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 Biozöten 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 Weiterentwicklung kulturspezifischer Strategien für den ökologischen Pflanzenschutz mit der 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:	15.08.2017-31.12.2023 (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. Aus Sicht der Sparte Hopfen waren 2023 die wichtigsten Veranstaltungen der Hopfenbautag im Rahmen der Bioland-Woche (07.02.2023), ein ‚Runder Tisch zu aktuellen Problemen des Pflanzenschutzes im Öko-Hopfenbau‘ in Hüll am 30.03.2023 mit lebhafter Diskussion und direktem Austausch zwischen den Praktikern (28 Teilnehmer) und nicht zuletzt die traditionelle Sommerexkursion des

„Arbeitskreises Ökohopfen“, die diesmal mit 53 Teilnehmern am 25. und 26. Juli 2023 in das ober-österreichische Mühlviertel führte (Abb. 80).

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 Fortschritt 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 wurde bereits Ende des Jahres 2022 veröffentlicht.



Abb. 80: Gruppenbild der Teilnehmer an der Sommerexkursion des Arbeitskreises Ökohopfen im Juli 2023 in das Mühlviertel in Oberösterreich

8.2 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, Dr. I. Lusebrink, M. Obermaier
Kooperation:	Interessengemeinschaft Niederlauterbach (IGN) e.V.; AELF Ingolstadt-Pfaffenhofen, FZ Agrarökologie; Landesbund für Vogelschutz, KG Pfaffenhofen; uNB, Landkreis Pfaffenhofen
Laufzeit:	01.03.2018 - 28.02.2026 (Projektverlängerung)

Ziel und Hintergrund

Nachdem die Jahre 2019 und 2020 von der Bayerischen Staatsregierung zu „Jahren der Biodiversität“ erklärt wurden, ist der Begriff Biodiversität weiterhin in aller Munde. Bereits Anfang 2018 hatte die EG HVG zusammen mit der LfL damit begonnen, Maßnahmen zur

Vermeidung des Artenschwundes und zur Förderung der Artenvielfalt in der Kultur Hopfen einzuleiten. Dazu gehört beispielsweise die Evaluierung von Maßnahmen zur Förderung der Artenvielfalt in und um die Hopfengärten, die Erstellung eines Arbeitskonzeptes, die Formulierung und Bearbeitung von Einzelthemen, 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 Bereiche wie ‚Eh-da-Flächen‘.

Vorgehensweise

Wichtigster 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 das AELF Ingolstadt-Pfaffenhofen (Fachzentrum Agrarökologie), der LBV, die UNB am Landratsamt Pfaffenhofen, die IGN Niederlauterbach und alle Organisationen im Haus des Hopfens.

Konzept der 'Biodiversitätskulisse Eichelberg'

Der entscheidende Schritt wurde durch die intensive Zusammenarbeit mit der IGN Niederlauterbach eingeleitet. In der Flur des klassischen Hopfenbaudorfes Eichelberg am Rand des Ilmtals existiert ein praktisch geschlossenes Gewanne von 85 ha, das zum überwiegenden Teil drei IGN-Betrieben gehört und von ihnen 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 Grundbesitzern und Landwirten außergewöhnliche Möglichkeiten, eine Vorzeigefläche zu entwickeln, die belegt, dass sich Hopfenbau und Artenvielfalt nicht ausschließen müssen, sondern problemlos koexistieren können. Im Herbst 2020 wurde ein Aktionsplan entwickelt, in dem die einzuleitenden Maßnahmen skizziert wurden.

Mit der Umsetzung der Maßnahmen wurde mit dem Frühjahr 2021 begonnen. Der Fokus der ersten Arbeiten wurde auf die Schaffung und Etablierung von neuen Aufenthalts- und Überwinterungsräumen für Nützlinge wie Raubmilben gelegt (Abb. 81). Diese Strukturen wurden dann im Frühjahr 2022 mit Raubmilben aus dem Weinbau mittels Übertragung von Frostruten ‚angeimpft‘. Zur Bewertung der Frage, inwieweit die Nützlingsförderung einen Beitrag zur biologischen Spinnmilbenbekämpfung liefern kann, wurden vier Hopfengärten der Kulisse Eichelberg jeweils etwa zur Hälfte geteilt – in einen konventionell mit Akarizideinsatz bewirtschafteten Teil und einen Teil ohne Akarizid, aber mit Nützlingen. Die Entwicklung des Spinnmilbenbefalls in diesen Flächen wird alljährlich beobachtet und kontrolliert. Zudem erfolgt in einem dieser Gärten alljährlich eine Versuchsernte, bei der Ertrag und Qualität beider Bereiche verglichen werden.



Abb. 81: Ausgepflanzte natürliche Nützlingsquartiere in Eichelberg: ‚Wilder Wein‘, eigentlich die Selbstkletternde Jungfernebe *Parthenocissus quinquefolia*, an Ankerseilen sowie Weinstöcke an den Hopfensäulen

Ein weiterer wichtiger Teilbereich des Projekts betrifft die Öffentlichkeitsarbeit. So entstand für das Thema ‚Hopfen und Artenvielfalt‘ in Eichelberg ein 2,5 km langer Rundweg für Spaziergänger, an dem 16 Informationstafeln als Themenpfad aufgestellt wurden. Die 16 Tafeln informieren über Themen wie z. B. „Die Heidelerche“, „Rohbodenflächen“, „Spinnmilbenkontrolle mit Nützlingen“ oder „Ameisenlöwen“ (Abb. 82). Die Entwürfe der Infotafeln wurden unter Federführung der AG IPZ 5e als Teamarbeit mit dem AELF IN-PAF, der uNB am Landratsamt und dem LBV realisiert; die offizielle Einweihung des Themenpfades erfolgte am 12. Juli 2023 mit zahlreichen Beteiligten und Presse. Seitdem erfolgten auf Anfrage auch mehrere Führungen entlang des Themenpfades durch die Biodiversitätskulisse durch IPZ 5e, in dem die einzelnen Strukturen und Maßnahmen vorgestellt und erläutert wurden (Abb. 83).



Abb. 82: Infotafel zum Thema ‚Florfliegen und Taghafter‘, exemplarisch für die natürlich vorkommenden Nützlingsgilden im Hopfenbau, am Themenpfad ‚Hopfen und Artenvielfalt‘ in Eichelberg



Abb. 83: Lesesteinhaufen mit dazu passender Infotafel am Themenpfad ‚Hopfen und Artenvielfalt‘ in Eichelberg

8.3 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:	Dr. F. Weihrauch, Dr. I. Lusebrink, M. Obermaier, A. Baumgartner, M. Felsl
Kooperation:	Betrieb Blüml GbR, Dürnwind; Koppert Biological Systems
Laufzeit:	05/2021 – 10/2024

Hintergrund, Vorgehensweise und Ziel

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 im Freiland 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 Gerät durchgeführt, das hinten am Traktor aufsitzt und über sechs Ausblasrohre (drei Höhenstufen) die Raubmilben im Bestand verteilt. Nachdem 2021 beim Einsatz dieser Konstruktion ein Großteil der Nützlinge nicht direkt am Hopfen, sondern eher in der Fahrgasse landete, wurde 2022 eine modifizierte Vorgehensweise getestet. Hierbei wurde sehr früh in der Vegetationsperiode bereits Anfang Mai nur die frisch ausgetriebenen Hopfenpflanzen bodennah über zwei Ausblasrohre einmal behandelt. Nachdem sich diese Methode als potenziell praxistauglich erwies, wurde im dritten Versuchsjahr 2023 eine sehr ähnliche technische Lösung und mit dem 16. Mai zu einem vergleichbar frühen Zeitpunkt angewendet (Abb. 84). Die Applikation der Raubmilben auf dem Trägerstoff Sägemehl erfolgte wiederum im Band auf die Hopfenreihen und somit ohne Verluste auf die frisch ausgetriebenen Pflanzen (Abb. 85).

Nach den Erfahrungen aus langjährigen Versuchen am Hopfenforschungszentrum zum Einsatz von Raubmilben im Hopfen zur Spinnmilbenkontrolle wurde eine Mischung der beiden Raubmilben *Neoseiulus californicus* und *Phytoseiulus persimilis* eingesetzt, die sich mit einem Aufwand von 100.000 Tieren pro Hektar als effektiv herausgestellt hat. Der Versuch wurde erneut in Dürnwind durchgeführt (Sorte HKS). Als Vergleichsvarianten dienten eine unbehandelte Kontrolle, der gespritzte Praxis-Teil (eine Anwendung mit Spirotetramat) des Versuchshopfengartens und eine Ausbringung auf Bohnenblättern (Applikation am 31. Mai 2023), die über die Jahre hinweg in allen Versuchen besonders erfolgreich war



Abb. 84: Raubmilbenausbringung Mitte Mai 2023 im Band auf frisch angeleitete Pflanzen



Abb. 85: Mit Sägemehl als Trägersubstanz werden die Raubmilben bei der technischen Applikation sanft an die jungen Hopfenreben geblasen

Ergebnisse 2023

Zu Beginn der Saison lag der Spinnmilbenbefall praktisch bei null und die Spinnmilbenzahlen stiegen bis zur Ernte auf ein Maximum von durchschnittlich lediglich zwei Tieren pro Blatt – wie im Rest der Hallertau und Tettangs war 2023 auch am Versuchsstandort nur ein marginaler Spinnmilbendruck zu verzeichnen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten war in keinem Fall erkennbar.

Am 13. September 2023 wurde trotzdem wieder eine Versuchsernte durchgeführt. Die nicht vorhandenen Unterschiede im Spinnmilbenbefall zwischen den Varianten spiegeln sich entsprechend im Ertrag oder Alphasäuregehalt der Ernte wider. Alle Raubmilbenparzellen und die unbehandelte Kontrolle zeigten keine Unterschiede zum konventionellen Pflanzenschutz (Abb. 86). Irgendwelche Schäden, die auf fehlenden Akarizideinsatz beruhen, können wie in den Vorjahren ausgeschlossen werden.

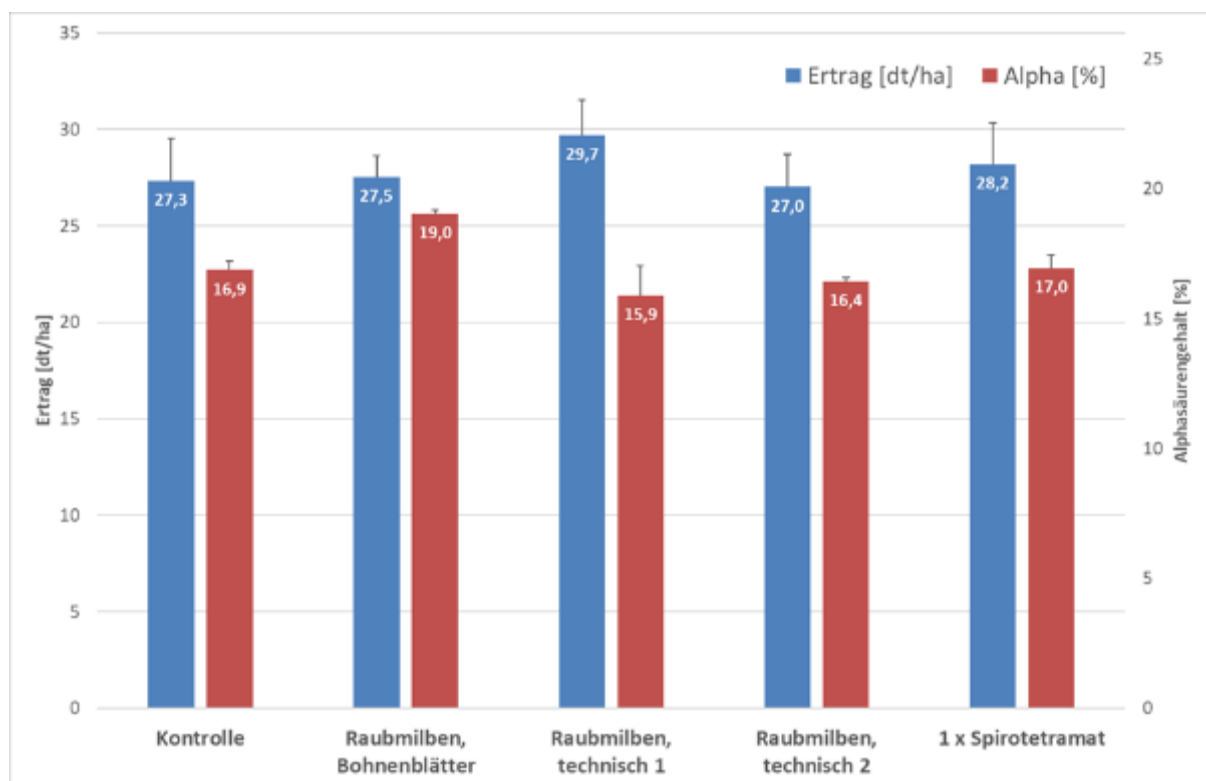


Abb. 86: Ergebnisse der Versuchsernte am 13.09.2023 zum Raubmilbeneinsatz in Dürnwind (Sorte HKS), verglichen mit unbehandelter Kontrolle und Akarizid-Einsatz

Ausblick

Für eine technische Raubmilbenausbringung, die konkurrenzfähig zum Einsatz chemisch-synthetischer Akarizide gegen Spinnmilben ist, müssen lediglich noch einige kleine Stell-schrauben gedreht werden, beispielsweise wird noch der optimale Ausbringzeitpunkt gesucht. Im kommenden Jahr 2024 sind weitere Einsätze bei Praxisbetrieben geplant und in Dürnwind wird erneut ein großer Exaktversuch angelegt. Die Ergebnisse aus 2023 lassen aufgrund des sehr geringen und späten Spinnmilbenbefalls keine weitreichenden Rückschlüsse zu.

8.4 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:	Dr. I. Lusebrink, M. Obermaier, A. Baumgartner, M. Felsl
Kooperation:	20 Praxisbetriebe aus dem integrierten Hopfenbau; Arbeitsgruppe IPZ 5d, Hopfenanalytik
Laufzeit:	06/2021 – 05/2026

Hintergrund und Ziel

Die Gemeine Spinnmilbe kann in trockenen, heißen Sommern in kurzer Zeit sehr große Populationen aufbauen und dadurch teils enorme Qualitäts- und Ertragseinbußen im Hopfen verursachen. In den letzten Jahrzehnten konnte in verschiedenen Pflanzenschutzversuchen des Hopfenforschungszentrums beobachtet werden, dass Hopfenpflanzen nach überstandener schwerem Spinnmilbenbefall in der Lage sind, sich in Folgejahren selbständig gegen neuen, übermäßigen Spinnmilbenbefall zu wehren.

Das Projekt InduResi untersucht, ob und inwieweit ein- oder zweijähriger, starker Befall von Hopfenpflanzen mit diesem Schädling die Anfälligkeit dieser Pflanzen gegenüber Spinnmilben durch „Induzierte Resistenz“ in den Folgejahren senkt.

Vorgehensweise

Freilandversuche werden in der Hallertau und in der Anbauregion Tettngang in Baden-Württemberg durchgeführt. In der Hallertau werden je zehn Versuchsgärten mit den Sorten Hallertauer Tradition (HTR) und Herkules (HKS) sowie sechs Gärten mit Spalter Select (SSE) regelmäßig auf Spinnmilben bonitiert. In Tettngang sind es fünf Versuchsgärten der klassischen Landsorte Tettnganger (TET).

Jeder Versuchsgarten beinhaltet eine Kontroll- und eine Praxisparzellen á ca. 500 m². In der Kontrollparzelle darf sich die Spinnmilbenpopulation frei entwickeln. Die Praxisparzelle sollte praxisüblich mindestens einmal mit einem Akarizid behandelt werden und möglichst spinnmilbenfrei sein. Für die Spinnmilbenbonitur werden jeweils aus der Mitte beider Parzellen Blätter aus dem unteren, mittleren und oberen Rebenbereich entnommen. Anhand der Anzahl der Spinnmilben und deren Eiern wird der entsprechende Befallsindex (BI) berechnet. Zudem werden auch die Nützlinge, also die Insekten und Milben, die sich räuberisch von Spinnmilben und ihren Eiern ernähren, mitgezählt.

Am Ende der Saison werden in einem bis max. drei der interessantesten Gärten jeder Sorte eine Versuchsernte beider Parzellen durchgeführt. Dabei werden Hektarertrag, alpha-Säuregehalt und -gewicht sowie Doldenqualität bestimmt. Anschließend werden die so gewonnenen Daten statistisch ausgewertet und auf mögliche Unterschiede zwischen Kontrolle und Praxis untersucht.

Ergebnisse

Durch die feuchte Witterung mit wenigen Hitzetagen kam es im ersten Projektjahr (**2021**) nur zu geringem Spinnmilbenbefall in unseren Versuchsgärten. Bei sechs der zehn HKS-Gärten gab es in der Kontrollparzelle signifikant mehr Spinnmilben als in der Praxisparzelle (siehe Tabelle). Bei HKS-Gärten erreichten allerdings beide Parzellen nicht die Bekämpfungsschwelle ($BI = 0,5$). Bei den HTR-Gärten überschritten sieben Gärten die Bekämpfungsschwelle und hatten in den Kontrollparzellen einen höheren BI, und bei SSE gab es nur einen Standort, auf den dies zutraf. In Tettnang unterschied sich der BI in einem Versuchsgarten signifikant, allerdings war hier der BI in der Praxisparzelle höher. Es wurden pro Sorte je eine Versuchsernte durchgeführt. Es konnte kein Ertragsverlust festgestellt werden, nur bei dem beernteten HTR-Garten kam es zu einem Qualitätsverlust bei den Dolden.

Das zweite Projektjahr (**2022**) war ein ideales Jahr für Spinnmilben. Aufgrund der anhaltenden Trockenheit und Hitze konnten die Schädlinge sich rasch vermehren und der Befallsdruck im Hopfen war hoch. Nur bei drei HKS-Gärten gab es keinen signifikanten Unterschied im BI zwischen den beiden Parzellen, allerdings wurde auch bei diesen die Bekämpfungsschwelle gegen Ende der Saison überschritten. Bei den HTR-Gärten blieben nur zwei Versuchsgärten von größerem Spinnmilbenbefall verschont. Bei SSE gab es in einem Garten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Parzellen, allerdings überschritten bei diesem Garten beide Parzellen die Bekämpfungsschwelle. In Tettnang verhielt es sich ähnlich, nur einen Garten verschonte die Spinnmilbe weitgehend. Am Ende der Saison wurden in der Hallertau je zwei Gärten pro Sorte geerntet und ein Garten in Tettnang. Ertragsverluste erlitten die beiden geernteten HTR-Gärten und einer der SSE-Gärten. Die anschließende Doldenbonitur ergab, dass selbst die Praxisparzellen nicht ganz spinnmilbenfrei waren, weshalb die Doldenqualität bei allen geernteten Versuchsgärten unter dem starken Spinnmilbendruck des Jahres gelitten hat, sowohl in den Kontroll- als auch den Praxisparzellen.

Ein nasses, kaltes Frühjahr bietet meist keine guten Startbedingungen für die Gemeine Spinnmilbe und so war das Jahr **2023** das Jahr mit dem geringsten Spinnmilbenbefall der letzten fünf Jahre (Quelle: Hopfenring). Für unser Projekt hieß das, dass nur in einem HKS-Garten, in zwei HTR-Gärten und jeweils einem SSE- und einem TET-Garten die Bekämpfungsschwelle und ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontroll- und Praxisparzellen erreicht wurden. Die Entscheidung, welcher Garten berentet wird, wurde die Jahre zuvor mit dem vorletzten Bonitur-Termin getroffen und berücksichtigt, inwieweit es Unterschiede im Befall zwischen den beiden Parzellen gab. Dieses Jahr wurden hauptsächlich Versuchsgärten ausgewählt, die im Vorjahr einen starken Befall hatten und 2022 bereits berentet worden waren. Einzige Ausnahme war Tettnang, da dort der Garten, der die Vorjahre geerntet worden ist, keinerlei Spinnmilbenbefall aufwies. Bei keiner der Versuchsernten konnte ein Ertragsverlust durch Spinnmilben festgestellt werden.

Abschließend bleibt zu erwähnen, dass die Daten (Tab. 24) deutlich zeigen, dass ein erhöhter Spinnmilbenbefall eines Bestandes in einem Jahr nicht bedeutet, dass man im Folgejahr einen hohen Ausgangsbefall durch die Spinnmilbe zu befürchten hat.

Tab. 24: Unterschiede des Befallsindex (BI) zwischen Kontroll- und Praxisparzelle aller InduResi-Standorte über die letzten drei Jahre. *Grün* eingefärbter Text bedeutet, dass es zwar einen signifikanten Unterschied im BI zwischen den beiden Parzellen gibt, aber das beide Werte unter der Bekämpfungsschwelle liegen. *Rot* eingefärbter Text bedeutet, dass es keinen signifikanten (*n.s.*) Unterschied zwischen den beiden Parzellen gibt, aber die Bekämpfungsschwelle in beiden Parzellen überschritten ist. **Fett** gedruckte Felder markieren Standorte, an denen eine Versuchsernte durchgeführt wurde.

Standort	Jahr		
	2021	2022	2023
HKS 01	K > P *** ($X^2(1) = 28,01; p < 0,001$)	K > P *** ($X^2(1) = 65,25; p < 0,001$)	n.s.
HKS 02	n.s.	K > P *** ($X^2(1) = 12,01; p < 0,001$)	n.s.
HKS 03	n.s.	K > P *** ($X^2(1) = 114,58; p < 0,001$)	K > P *** ($X^2(1) = 11,01; p < 0,001$)
HKS 04	K > P * ($X^2(1) = 5,23; p = 0,022$)	n.s.	n.s.
HKS 05	K > P *** ($X^2(1) = 37,04; p < 0,001$)	n.s.	K > P ** ($X^2(1) = 6,95; p = 0,008$)
HKS 06	K > P *** ($X^2(1) = 34,53; p < 0,001$) ▶	K > P *** ($X^2(1) = 110,55; p < 0,001$)	n.s.
HKS 07	K > P * ($X^2(1) = 6,15; p = 0,013$)	K > P *** ($X^2(1) = 69,32; p < 0,001$) ▶	K > P ** ($X^2(1) = 6,70; p = 0,009$) ▶
HKS 08	n.s.	K > P *** ($X^2(1) = 38,20; p < 0,001$) ▶	n.s.
HKS 09	K > P *** ($X^2(1) = 29,67; p < 0,001$)	K > P *** ($X^2(1) = 13,93; p < 0,001$)	n.s.
HKS 10	n.s.	n.s.	n.s.
HTR 01	K > P * ($X^2(1) = 6,20; p = 0,013$)	K > P *** ($X^2(1) = 79,26; p < 0,001$) ▼	n.s. ▶
HTR 02	K > P * ($X^2(1) = 4,47; p = 0,035$)	K > P *** ($X^2(1) = 41,65; p < 0,001$)	K > P ** ($X^2(1) = 10,51; p = 0,001$)
HTR 03	n.s.	K > P *** ($X^2(1) = 20,48; p < 0,001$)	n.s.
HTR 04	n.s.	K > P *** ($X^2(1) = 46,40; p < 0,001$)	n.s.
HTR 05	K > P ** ($X^2(1) = 7,72; p = 0,006$)	K > P *** ($X^2(1) = 52,34; p < 0,001$)	K > P * ($X^2(1) = 6,37; p = 0,012$)
HTR 06	n.s.	n.s.	n.s.
HTR 07	K > P ** ($X^2(1) = 9,86; p = 0,002$)	K > P *** ($X^2(1) = 16,80; p < 0,001$)	K > P ** ($X^2(1) = 7,67; p = 0,006$)
HTR 08	K > P *** ($X^2(1) = 30,85; p < 0,001$)	K > P *** ($X^2(1) = 11,26; p < 0,001$)	n.s.
HTR 09	K > P *** ($X^2(1) = 142,27; p < 0,001$) ▶	K > P *** ($X^2(1) = 21,18; p < 0,001$) ▼	K > P * ($X^2(1) = 4,72; p = 0,030$) ▶
HTR 10	K > P *** ($X^2(1) = 49,44; p < 0,001$)	n.s.	n.s.
SSE 01	K > P *** ($X^2(1) = 12,49; p < 0,001$)	K > P *** ($X^2(1) = 21,57; p < 0,001$)	n.s.
SSE 02	n.s.	K > P *** ($X^2(1) = 16,07; p < 0,001$)	K > P *** ($X^2(1) = 12,15; p < 0,001$)
SSE 03	n.s.	K > P *** ($X^2(1) = 21,28; p < 0,001$)	n.s.
SSE 04	n.s.	n.s. ▼	n.s.
SSE 05	K > P *** ($X^2(1) = 11,10; p < 0,001$) ▲	K > P *** ($X^2(1) = 107,11; p < 0,001$) ▶	n.s. ▶
SSE 06	n.s.	K > P ** ($X^2(1) = 8,64; p = 0,003$)	n.s.
TET 01	P > K ** ($X^2(1) = 9,36; p = 0,002$) ▶	n.s. ▶	n.s.
TET 02	n.s.	n.s.	n.s.
TET 03	n.s.	K > P *** ($X^2(1) = 23,66; p < 0,001$)	n.s.
TET 04	K > P ** ($X^2(1) = 9,00; p = 0,002$)	K > P * ($X^2(1) = 4,61; p = 0,032$)	n.s.
TET 05	n.s.	K > P *** ($X^2(1) = 55,13; p < 0,001$)	K > P *** ($X^2(1) = 19,20; p < 0,001$) ▶

Abkürzungen: K = Kontrolle, P = Praxis, X^2 = Chi-Quadrat (Je höher der Chi-Quadrat-Wert umso größer der Unterschied zwischen den Parzellen)

Symbole: ▶ kein Ertragsunterschied zwischen Kontroll- und Praxisparzelle ▼ Ertragsverlust in Kontrollparzelle ▲ höherer Ertrag in Kontrollparzelle

Signifikanzniveau: *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$, n.s. = nicht signifikant (Cumulative Link Mixed Models)

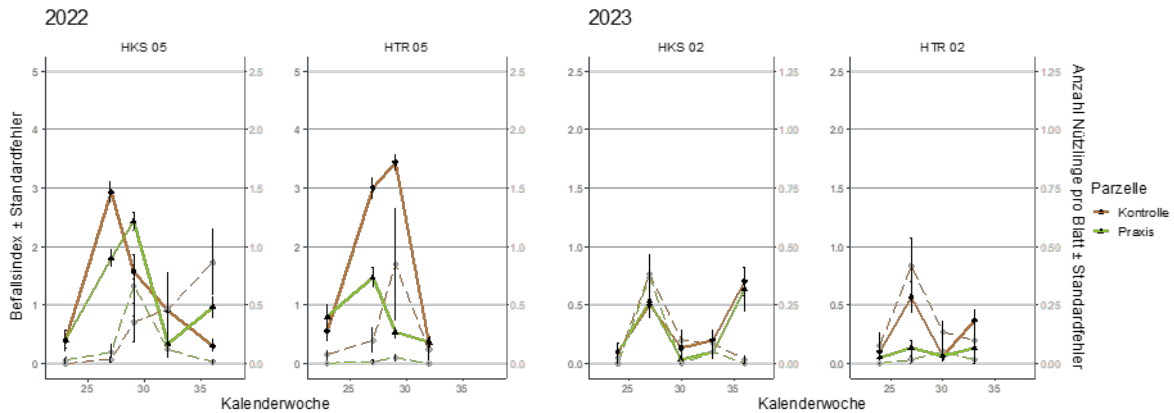


Abb. 87: Die Entwicklung des Befallsindex über die Vegetationsperiode dargestellt durch eine kupferfarbene Linie für die Kontrollparzelle und eine grüne Linie für die Praxisparzelle. Die gestrichelten Linien stellen die Anzahl der Nützlinge pro Blatt über den gleichen Zeitraum dar

In den letzten zwei Jahren konnten wir an je einem Standort beobachten, dass Nützlinge in der Kontrollparzelle die Spinnmilbenpopulation eigenständig in Schach gehalten haben (Abb. 87). Im Jahr 2022 haben wir bei den Spinnmilbenbonituren v.a. die Larven und Puppen des Schwarzen Kugelmarienkäfers *Stethorus punctillum*, Raubmilbeneier und Blumenwanzen (*Orius* sp.; Abb. 88) vorgefunden. An diesen beiden Standorten (Sorten HKS und HTR) gelang es den Nützlingen, die Spinnmilbenzahlen auf den gleich niedrigen Stand wie in der Praxisparzelle zu drücken. Die Puppen des Schwarzen Kugelmarienkäfers nehmen selbst zwar keine Nahrung zu sich, zeugen aber davon, dass die Larven vor Ort gewesen waren. Der einzige Standort in unserem Projekt, der 2023 die Bekämpfungsschwelle bereits früh in der Vegetationsperiode erreicht hatte, wies auch von Anfang an zahlreiche Nützlinge auf, die die Spinnmilben unter Kontrolle hielten. Mitte Juni zählten dazu bereits sehr viele Raubmilbeneier und drei Wochen später kamen auch noch zahlreiche Larven des Schwarzen Kugelmarienkäfers hinzu.



Abb. 88: Wichtige Nützlinge bei der Kontrolle der Gemeinen Spinnmilbe. **A:** Larve des Schwarzen Kugelmarienkäfers *Stethorus punctillum*, **B:** Puppe des Schwarzen Kugelmarienkäfers, **C:** Schwarzer Kugelmarienkäfer und **D:** Nymphen und adultes Tier der Blumenwanze *Orius* sp. Bildquellen (CC BY-SA 2.0): **A** Maria Justamond, **B** Jack Kelly Clark, **C** Gilles San Martin, **D** Koppert Biological Systems.

9 Veröffentlichungen und Fachinformationen

9.1 Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit

	Anzahl		Anzahl
Internet-Beiträge	4	Mitgliedschaften	42
Poster	7	Praktika	4
Durchgeführte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops	6	Vorträge	126
Führungen, Exkursionen	45	Rundfunk und Fernsehen	8
Gutachten und Stellungnahmen	4	Veröffentlichungen	34
Arbeitsgruppensitzungen	1		

9.2 Veröffentlichungen

9.2.1 Arbeitsgruppensitzungen

Datum	Veranstaltung	Ort	Zielgruppe
1.3.2023	Besprechung "Grünes Heft"	Hüll	zuständige Hopfenfachleute der Landesanstalten

9.2.2 Durchgeführte Seminare, Symposien, Fachtagungen, Workshops

Datum	Veranstaltung	Ort	Zielgruppe
27.2.2023	Hopfenbewässerung	Hüll	Hopfenpflanzer
30.03.2023	Runder Tisch Pflanzenschutz im Öko-Hopfenbau	Hüll	Öko-Hopfenpflanzer
07.06.2023	Advanced plant breeding: breeding of clonally propagated crops	Technische Universität München	Masterstudenten
25.06. – 29.06.2023	Meeting der Wissenschaftlich-Technischen Kommission (WTK) des Internationalen Hopfenbaubüros (IHB)	Ljubljana, Slowenien	Internationale Hopfenwissenschaftler

Datum	Veranstaltung	Ort	Zielgruppe
12.07.2023	Eröffnung Themenpfad „Hopfen und Artenvielfalt“	Eichelberg	Verbands- und Pressevertreter
25.07. – 26.07.2023	Sommerexkursion des Arbeitskreises Ökohopfen	Mühlviertel, Österreich	Öko-Hopfenpflanzer aus AT, CH, DE und FR

9.2.3 Führungen, Exkursionen

Datum	Name	Thema/Titel	Gäste	TZ
16.01.2023	Lutz, A.	Aromabonitur von Sorten	Brauerei-Chef und Braumeister Becks Bremen (ABIn-Bev)	4
16.01.2023	Lutz, A.; König, W.; Dr. Kammhuber, K.	Hopfenzüchtung, Analytik	Braustudenten TUM	25
31.01.2023	Dr. Gresset, S.; Dr. Kammhuber, K.; Dr. Weihrauch, F.	Das Forschungszentrum Hüll stellt sich vor Hopfenzüchtung, Inhaltsstoffe des Hopfens, Ökologischer Pflanzenbau im Hopfen	Landwirtsch. Fachschüler der FH Köln	25
31.01.2023	Münsterer, J.	Einblicke in die Hopfenproduktion in einem Praxis-Betrieb	Landwirtsch. Fachschüler der FH Köln	25
23.02.2023	Lutz, A.	Analytik, Pflanzenschutz, Ökologischer Hopfenbau, Züchtung	Neue Mitarbeiter im Haus des Hopfens und in Hüll	8
08.03.2023	Lutz, A.; Dr. Kammhuber K.; Euringer S.; Dr. Weihrauch F., König W.	Hopfenzüchtung, Analytik, konventioneller und ökologischer Pflanzenschutz	Naturfreunde Pfaffenhofen	40
16.05.2023	Dr. Gresset, S.; Lutz, A.; Dr. Kammhuber, K.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	Suntory Brauerei	5
13.06.2023	Lutz, A.; Dr. Gresset, S.	alle Bereiche der Hopfenforschung	Mitarbeiter des Bundessortenamts	10
13.06.2023	Lutz, A.; Dr. Gresset, S.; Dr. Kammhuber K.; Stampfl R.	alle Bereiche der Hopfenforschung	Versuchstechniker der LfL BaySG	20
13.06.2023	Lutz, A.; Dr. Gresset, S.; König, W.	Hopfenzüchtung und -anbau	Asahi Europe	4

Datum	Name	Thema/Titel	Gäste	TZ
15.06.2023	Lutz, A.; Weihrauch F.	Öko-Hopfenbau	Studenten der BOKU Wien	20
15.06.2023	Lutz, A.; Dr. Gresset, S.; König, W.	Züchtung, Pflanzenschutz, allgemeiner Hopfenbau	BOKU	15
19.06.2023	Lutz, A.; Stampfl, R.	Allgemeiner Hopfenbau, Pflanzenschutz, Züchtung	LWK Fachgruppen Obstbau und Versuchswesen	20
22.06.2023	Lutz, A.; Portner, J.	Bewässerung und Hopfenzüchtung	Wasserwirtschaftsamt	5
23.06.2023	Lutz, A.; Dr. Gresset, S.; Münsterer, J.; Fischer, E.; Lutz, K.; Weiß, F.; Baumgartner, A.; Dr. Krönauer, C.; Dr. Kammhuber, K.; Stampfl, R.	alle Bereiche der Hopfenforschung	BarthHaas	120
12.07.2023	Lutz, A.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	Herr Skiba, Praktikumsbetreuer der FOS Scheyern	1
14.07.2023	Dr. Gresset, S.	Peronospora Prognosemodell	LWS	12
19.07.2023	Dr. Doleschel P.; Lutz A.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum, Hopfenzüchtung, Bierverkostung	KG Pflanzenproduktion	20
21.07.2023	Weihrauch F.	Führung Themenlehrpfad „Hopfen und Artenvielfalt“	Ring junger Hopfenpflanzer	70
24.07.2023	Lutz, A.; Dr. Gresset S.; Portner, J.; Euringer S.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum, Schwerpunkte Bewässerung, Pflanzenschutz und Hopfenzüchtung	Andreas Mehlretter und Mitarbeiter	4
26.07.2023	Dr. Gresset, S.	Ökologischer Hopfenbau	LWS	15
28.07.2023	Dr. Gresset, S.	Das Hopfenanbaugebiet Spalt mit Hopfenbewässerung	LWS	10
01.08.2023	Weihrauch F.	Führung Themenlehrpfad „Hopfen und Artenvielfalt“	Mitarbeiter des Hopfenmuseums	15
02.08.2023	Lutz, A.; Dr. Gresset S.	Hopfenzüchtung und neue Hopfensorten	BayWa Hopfenabteilung	20
04.08.2023	Lutz, A.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum Hüll	Bulldog-Freunde	20

Datum	Name	Thema/Titel	Gäste	TZ
14.08.2023	Lutz, A.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum, Hopfenzüchtung	Yakima Chief	4
14.08.2023	Lutz, A.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum Hüll und Hopfenzüchtung	Tettnanger Hopfenpflanzer	40
21.08.2023	Lutz, A.	Neue Hochalphasorte Titan	Hopfenpflanzer BarthHaas	40
22.08.2023	Lutz, A.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum mit Schwerpunkt Hopfenzüchtung	Braustudenten der TU Berlin	35
23.08.2023	Lutz, A.	Hopfenforschung und Hopfenzüchtung	Hop Quality Group	3
25.08.2023	Stampfl, R.	Allgemeiner Hopfenbau, Pflanzenschutz, Züchtung	Hopfenfarmer aus Argentinien	2
26.08.2023	Lutz, A.	Hopfenforschung und Hopfenzüchtung	Hobbybrauer	20
01.09.2023	Stampfl, R.	Alles rund um den Hopfenbau	Landeskammer Niedersachsen	8
04.09.2023	Lutz, A.	Bierprobe	VDLUFA	50
04.09.2023	Lutz, A.; Münsterer, J.	Versuchsanbau	HVG e. G.	10
07.09.2023	Lutz, A.	Alles rund um die Hopfenzüchtung	Landwirtschafts-Referendariatsjahrgang 1982	35
08.09.2023	Lutz, A.	Hopfenforschung und Hopfenzüchtung	Lehrlinge der Brauerei Meisels	20
22.09.2023	Lutz, A.	Hopfenzüchtung und Hopfenbonitierung	Brauer	25
25.09.2023	Lutz, A.	Hopfenforschung und Hopfenzüchtung, Bierprobe	Gewerbeverein	20
26.09.2023	Lutz, A.	Bonitur von interessanten Zuchtstämmen	Dan Carey, New Glarus Brewing Company	2
11.10.2023	Lutz, A.	Hopfenforschung und Hopfenzüchtung	Sapporo Brauerei	4
19.10.2023	Lutz, A.; König, W.	Hopfenforschung und Hopfenzüchtung	Lebensmittelchemiker	40
25.10.2023	Lutz, A.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum Hopfenbau allgemein	Architektur-Studenten der TUM (Prof. Niklas Fanelas)	30

Datum	Name	Thema/Titel	Gäste	TZ
12.12.2023	Lutz, A.	Hopfenzüchtung und Hopfenbonitierung	Hobbybrauer und Hopfenpflanzer	25
13.12.2023	Lutz, A.; Dr. Kammhuber, K.; König, W.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum, Hopfenzüchtung und Hopfenbonitierung	Braustudenten der Doemens Akademie	50

9.2.4 Internetbeiträge

Autor(en)	Titel	Zielgruppe
Fuß, S.	Trockensubstanz- und Alphasäurenmonitoring bei den wichtigsten Hopfensorten	Hopfenpflanzer
Portner, J.	Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und die Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH) präsentieren Hopfen auf der Landesgartenschau in Freyung	Allgemeinheit
Portner, J.	Hopfenbauhinweise und Warndienstmeldungen	Hopfenpflanzer
Portner, J.	Produktionskosten im Hopfenbau	Hopfenpflanzer

9.2.5 Poster

Autor(en)	Titel	Veranstaltung/ Ort	Veranstalter
Dr. Kammhuber, K.	Die wertgebenden Inhaltsstoffe des Hopfens, deren Bedeutung und Analytik	Landesgartenschau, Freyung	StMELF, LWG
Lutz, A.	Zielsetzungen bei der Züchtung neuer Hopfensorten	Landesgartenschau, Freyung	StMELF, LWG
Lutz, A.	Züchtung einer neuen Hüller Hopfensorte	Landesgartenschau, Freyung	StMELF, LWG
Lutz, A.	Züchtungsfortschritt – Die neuen Hüller Aroma- und Hochalpha-Sorten	Landesgartenschau, Freyung	StMELF, LWG
Lutz, A.	Die neuen Hüller Aroma-Hopfensorten	Landesgartenschau, Freyung	StMELF, LWG
Portner, J.	Ertragsstabilisierung im Hopfen und positive Umwelteffekte durch Bewässerung und Fertigation	LfL-Hopfenbaulehrfahrten, Schafhof	LfL-IPZ 5
Portner, J.	Klimawandel und Sonderkultur Hopfen	LfL-Hopfenbaulehrfahrten, Schafhof	LfL-IPZ 5

9.2.6 Rundfunk und Fernsehen

Sendedatum	Personen	Titel	Serie	Sender
13.04.2023	Portner, J.	Energie-Gewinn mit Hopfen-Photovoltaik	Abendschau	BR

Sende- datum	Personen	Titel	Serie	Sender
05.05.2023	Dr. Greset, S.; Lutz, A.	Saisonstart am Hopfenforschungszentrum Hüll	Regionalstudio Pfaffenhofen	INTV
13.07.2023	Fuß, S.	Hopfen und Energie: Doppelte Ernte dank Photovoltaik auf den Stangen	Abendschau / BR24	BR
01.09.2023	Lutz, A.	Interview Historische Entwicklung des Hopfenanbaus in Deutschland	Bierblog von Franz D. Hofer	a tempest in a tankard
08.09.2023	Portner, J.	Was taugt Bio-Hopfendraht	Unser Land	BR
13.09.2023	Portner, J.	Hopfengarten ohne Plastik: Suche nach Bio-Schnurdraht läuft	Abendschau/BR24	BR
12.10.2023	Lutz, A.	Hopfen in Zeiten des Klimawandels	Regionalnachrichten	BR
17.10.2023	Lutz, A.; Kaindl, S.	Hopfen und Malz verloren? Europas Biere in Gefahr	Arte Regards	ARTE

9.2.7 Veröffentlichungen

Veröffentlichungen
Fuß, S. (2023): Pflanzenstandsbericht April 2023. Hopfen-Rundschau, 74. Jahrgang; Ausgabe 05/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 147
Fuß, S. (2023): Pflanzenstandsbericht August 2023. Hopfen-Rundschau, 74. Jahrgang; Ausgabe 09/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 289
Fuß, S. (2023): Pflanzenstandsbericht Juli 2023. Hopfen-Rundschau, 74. Jahrgang; Ausgabe 08/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 244
Fuß, S. (2023): Pflanzenstandsbericht Juni 2023. Hopfen-Rundschau, 74. Jahrgang; Ausgabe 07/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 209
Fuß, S. (2023): Pflanzenstandsbericht Mai 2023. Hopfen-Rundschau, 74. Jahrgang; Ausgabe 06/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 180
Krönauer, C. (2023): CBCVd - Citrus bark cracking viroid im Hallertauer Hopfen. Brau-Industrie, Nr. 5 Mai 2023 108. Jahrgang, 16 - 17
Kammhuber, K. (2023): Die Möglichkeiten der Nahinfrarotreflektions-(NIR)-Spektroskopie zur lösungsmittelfreien, nachhaltigen alpha-Säurenbestimmung, Hopfen-rundschau International, Jahresausgabe 2023/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfen-pflanzer e.V., 84-89
Kammhuber, K. (2023): Ergebnisse von Kontroll- und Nachuntersuchungen für Alpha-verträge der Ernte 2022, Hopfenrundschau, 08-74.Jahrgang, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 232-235
Krönauer, C. (2023): Workshop und Abendvortrag zum Citrus bark cracking viroid 2023. Hopfen-Rundschau, 05/2023, 74. Jahrgang, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 142 - 143
Lusebrink, I., Weihrauch, F. (2023): Herbivore-induced resistance of hop plants against spider mites – state of play. Proceedings of the Scientific-Technical Commission, IHGC, Proceedings of the Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention, Ljubljana, Slovenia, 25-29 June 2023, 34 - 34

Veröffentlichungen
Lutz, A., Kammhuber, K. (2023): New variety of hop: Titan - Optimised Resistance. Brauwelt, 2/23, Journal for the Brewing and Beverage Industry, Hrsg.: Brauwelt International, 73 - 76
Lutz, A., Kneidl, J., Ismann, D., Büttner, B., Seidenberger, R., Albrecht, T., Gresset, S. (2023): Optimizing hop production sustainability by breeding. Proceedings of the Scientific-Technical Commission, IHGC, Proceedings of the Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention, Ljubljana, Slovenia, 25-29 June 2023, 16 – 17
Lutz, K., Euringer, S. (2023): Hopfenwelke - Auf der Suche nach einem innovativen Krankheitsmanagement. BrauIndustrie, 2023/1, Hrsg.: Verlag W. Sachon, 20 - 22
Lutz, K., Euringer, S.; Lutz, A.; Fuß, S. (2023): Identification of hop cultivars tolerant to Verticillium wilt - Verticillium wilt in hops. Proceedings of the Scientific-Technical Commission, IHGC, Hrsg.: Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention, 77 - 79
Münsterer, J. (2023): Innovationen zur Optimierung der Hopfen-Bandrockner. Hopfenrundschaue International, 2023/2024, Hrsg.: Verb. Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 44 - 49
Portner, J. (2023): "Grünes Heft" Hopfen 2023. LfL-Information, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Portner, J. (2023): "Neue Hopfensorten für besondere Biere" - LfL und GfH präsentieren Hopfen auf der Landesgartenschau in Freyung. Hopfen-Rundschaue, 74. Jahrgang; Ausgabe 09/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 286 - 287
Portner, J. (2023): Bekämpfung von Peronospora-Sekundärinfektionen. Hopfen-Rundschaue, 74. Jahrgang; Ausgabe 06/2023, Hrsg.: Verb. Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 178
Portner, J. (2023): Kostenfreie Rücknahme von Pflanzenschutzverpackungen PAMIRA 2023. Hopfen-Rundschaue, 74. Jahrgang; Ausgabe 08/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 236
Portner, J. (2023): Rebenhäckselausbringung im Herbst planen!. Hopfen-Rundschaue, 74. Jahrgang; Ausgabe 08/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 237
Portner, J. (2023): Wirtschaftsdüngeruntersuchung als zusätzliche Anforderung in den "roten Gebieten"!. Hopfen-Rundschaue, 74. Jahrgang; Ausgabe 08/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 238
Portner, J. (2023): Zwischenfruchteinsaat im Hopfen planen!. Hopfen-Rundschaue, 74. Jahrgang; Ausgabe 06/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 179
Portner, J. (2023): Übermittlung von Angaben im Hopfensektor. Hopfen-Rundschaue, 74. Jahrgang; Ausgabe 05/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 140 - 141
Portner, J., Arnold, S. (2023): N _{min} -Untersuchung 2023 und endgültige N _{min} -Werte in Bayern. Hopfen-Rundschaue, 74. Jahrgang; Ausgabe 05/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 144 - 146
Portner, J., Lutz, A. (2023): Rückblick auf das Hopfenjahr 2023 in der Hallertau. Hopfen-Rundschaue, 74. Jahrgang; Ausgabe 11/2023, Rückblick auf das Hopfenjahr 2023 in der Hallertau, Hopfenpflanzerverband Hopfenrundschaue, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 350 - 353
Portner, J., Schlagenhauser, A. (2023): Mehr Nachhaltigkeit und weniger Umweltbelastung durch Bio-Schnurdraht. Hopfen-Rundschaue, 74. Jahrgang; Ausgabe 11/2023, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 357 - 359
Portner, J.: 'Gewinnung und Eignungsprüfung der Fasern aus der Hopfenpflanze zur Vliesstoffherstellung' (Projekt-Endbericht)

Veröffentlichungen
Stampfl, R. (2023): Pflanzenschutztagung im Hopfenbau. Hopfenrundschau International, 2023/2024, Hopfenrundschau International, Hrsg.: Deutscher Hopfenpflanzerverband e. V., 14 - 18
Stampfl, R., Lutz, A.; Euringer, S. (2023): DLG Technikertagung - Bester Hopfen für die besten Biere der Welt - Forschung und Versuchswesen bei einer außergewöhnlichen Kulturpflanze. Hopfen-Rundschau, 15. März 2023 - 74. Jahrgang, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzler e. V., 84 - 85
Weihrauch, F. (2023): Aktualisierung der IHB-Sortenliste für 2022. Hopfen-Rundschau, 74 (01), 14 - 23
Weihrauch, F. (2023): Hopfenbau und Artenvielfalt: Wie passt das zusammen?. Bier & Brauhaus, 57, Hrsg.: BierAtelier UG, 40 - 42
Weihrauch, F., Amann, J.; Biendl, M. (2023): Pflanzenporträt Echter Hopfen (<i>Humulus lupulus</i> L.). Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen, 1/2023, 28 - 38
Weihrauch, F., Lusebrink, I.; Eschweiler, J. (2023): Final adjustments for the technical application of predatory mites in hops. Proceedings of the Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention, Proceedings of the Scientific-Technical Commission of the International Hop Growers' Convention, Ljubljana, Slovenia, 25-29 June 2023, 30 - 33
Weihrauch, F., Lusebrink, I.; Obermaier, M. (2023): Artenvielfalt im Hopfenbau: Umsetzung des Konzepts der ‚Biodiversitätskulisse Eichelberg‘. Julius Kühn Archiv, 475, 63. Deutsche Pflanzenschutztagung: Pflanzenschutz morgen - Transformation durch Wissenschaft; 26. bis 29. September 2023: Kurzfassungen der Vorträge und Poster. , Hrsg.: Julius Kühn-Institut, 147 - 148

10 Unser Team

Für die Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Hüll / Wolnzach / Freising waren im Jahre 2023 tätig (AG = Arbeitsgruppe):

IPZ 5

Koordinator: Direktor an der LfL Dr. Peter Doleschel

Alexandra Hertwig

Birgit Krenauer

IPZ 5a

AG Hopfenbau, Produktionstechnik

Leitung: LD Johann Portner

Elke Fischer

LAR Stefan Fuß

LAR Jakob Münsterer

B.Sc. Andreas Schlagenhauer

IPZ 5b

AG Pflanzenschutz im Hopfenbau

Leitung: Simon Euringer M.Sc. (TUM)

Dipl. Ing. agr. Anna Baumgartner

Maria Felsl

Korbinian Kaindl

Dr. rer. nat. Christina Krönauer

Kathrin Lutz M.Sc. (TUM)

Marlene Mühlbauer (bis 11.06.2023)

Sara Robin

LOlin Regina Stampfl B.Sc.

Johann Weiher

Florian Weiß B.Sc. (TUM)

IPZ 5c

AG Züchtungsforschung Hopfen

Leitung: LOR Dr. Sebastian Gresset

Brigitte Brummer

LTA Renate Enders (bis 31.08.2023)

CTA Brigitte Forster

CTA Petra Hager

Anton Hartung

LTA Brigitte Haugg

Agr.-Techn. Daniel Ismann

LTA Jutta Kneidl

LR Anton Lutz

Katja Merkl

Sonja Ostermeier

Ursula Pflügl

Andreas Roßmeier

Maximilian Schleibinger

IPZ 5d

AG Hopfenqualität und -analytik

Leitung: RD Dr. Klaus Kammhuber

CL Sandra Beck

MTLA Magdalena Hainzmaier

CL Evi Neuhof-Buckl (bis 31.01.2023)

CTA Silvia Weihrauch

CTA Birgit Wyschkon

IPZ 5e

AG Ökologische Fragen des Hopfenbaus

Leitung: Dipl.-Biol. Dr. Florian Weihrauch

Dr. Inka Lusebrink

M.Sc. Maria Obermaier