



**LfL**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



ung e.V.

*Wir forschen Hopfen*

Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.

# **Jahresbericht 2024**

## **Sonderkultur Hopfen**



**Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft**

- Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung -  
und

**Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.**

**März 2025**



# **LfL-Information**

## **Impressum**

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

Redaktion: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Arbeitsbereich Hopfen  
Hüll 5 <sup>1</sup>/<sub>3</sub>, 85283 Wolnzach  
E-Mail: [Hopfenforschungszentrum@LfL.bayern.de](mailto:Hopfenforschungszentrum@LfL.bayern.de)  
Telefon: 08161 8640-2300

1. Auflage: März 2025

Druck:

Schutzgebühr: 15,00 Euro

© LfL



**LfL**

**Jahresbericht 2024**  
**Sonderkultur Hopfen**

## **Vorwort**

Angesichts der zunehmenden politischen Spannungen in der Welt ist der Klimaschutz etwas in den Hintergrund gerückt. Für den Hopfenanbau wird der Klimawandel jedoch für die Zukunft eine der größten Herausforderungen sein. Extremwetterlagen wie lange Hitzeperioden mit vielen Trockentagen, aber auch auf der anderen Seite extreme Niederschläge, Hagel und Sturm werden vermehrt auftreten. Mit der beabsichtigten Gründung eines Bewässerungsverbands in der Hallertau ist man auf einem guten Weg dem fortschreitenden Klimawandel etwas entgegenzusetzen. Hier ist aber auch die Züchtung gefragt. Die neuen, modernen und innovativen Sorten der Hüller Hopfenzüchtung sind bereits wesentlich stabiler in Ertrag und alpha-Säuregehalten gegenüber extremere Witterungsschwankungen. Es liegt jetzt in der Hand der Brauer diese zum Einsatz zu bringen.

Die gute Ernte des Jahres 2024 trifft auf hohe Lagerbestände, sodass Flächenreduzierungen unvermeidbar werden. Mit 7.900 ha beträgt der Flächenanteil der Sorte Herkules mittlerweile 39 % der gesamten Hallertauer Anbaufläche. Die Fläche der Sorte Titan hat sich mit jetzt über 300 ha verdreifacht, während die Flächen von Perle und Hallertauer Tradition zurück gehen.

Wir haben nur die Erde als einzigen Planeten, auf dem wir leben können. Deshalb müssen wir mit allen Ressourcen nachhaltig umgehen, um auch die Erde für die kommenden Generationen bewohnbar und lebenswert zu erhalten. Das Hopfenforschungszentrum leistet zum Thema Nachhaltigkeit im Hopfenbau viele wichtige Beiträge. So beschäftigt sich die Arbeitsgruppe IPZ 5a schon seit vielen Jahren mit der Optimierung der Hopfentrocknung und konnte mit diesen Arbeiten den CO<sub>2</sub>-Ausstoß deutlich reduzieren. In einem neuen Projekt werden in den nächsten fünf Jahren die Grundlagen zum Humusaufbau in den Hopfengärten erarbeitet.

Die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln wird restriktiver. Deshalb ist es dringend notwendig, alternative ökologische Strategien des Pflanzenschutzes zu entwickeln. Die Arbeitsgruppe IPZ 5e kann hier bereits einige Erfolge vorweisen.

In diesem Jahresbericht sind die Arbeiten am Hopfenforschungszentrum Hüll umfassend und detailliert dargestellt. Die Jahresberichte sind ab 2002 auch in deutscher und englischer Sprache auf unserer Homepage verfügbar. Kreativität, Fantasie und Innovationen entstehen im geistigen Austausch zwischen den Wissenschaftlern weltweit. Dafür dient dieser Jahresbericht. Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in Hüll sei an dieser Stelle ganz herzlich gedankt.

Dr. Michael Möller  
Vorsitzender des Vorstandes  
der Gesellschaft für Hopfenforschung

Dr. Peter Doleschel  
Leiter des Instituts  
Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Sonderkultur Hopfen</b> .....	1
<b>Jahresbericht 2024</b> .....	1
<b>Impressum</b> .....	2
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	5
<b>1 Statistische Daten zur Hopfenproduktion</b> .....	<b>8</b>
1.1 Anbaudaten.....	8
1.1.1 Struktur des Hopfenanbaus .....	8
1.1.2 Hopfensorten .....	10
1.2 Erntemengen, Erträge und Alphasäuregehalte .....	12
<b>2 Witterung und Wachstumsverlauf 2024</b> .....	<b>16</b>
2.1 Witterung und Wachstumsverlauf.....	16
2.2 Situation bei Krankheits- und Schädlingsbefall .....	17
2.3 Besonderheiten 2024 .....	17
<b>3 Forschung und fachliche Daueraufgaben</b> .....	<b>20</b>
3.1 IPZ 5a – Hopfenbau und Produktionstechnik .....	20
3.2 IPZ 5b – Pflanzenschutz im Hopfenbau.....	21
3.3 IPZ 5c – Züchtungsforschung Hopfen .....	23
3.4 IPZ 5d – Hopfenqualität und -analytik.....	24
3.1 IPZ 5e – Ökologische Fragen des Hopfenbaus .....	24
<b>4 Hopfenbau, Produktionstechnik</b> .....	<b>26</b>
4.1 N <sub>min</sub> -Untersuchung 2024 .....	26
4.2 Testung von umhüllten Stickstoff-Langzeitdüngern.....	27
4.3 Nährstoffentzüge der wichtigsten Hopfensorten .....	30
4.4 Effekte unterschiedlicher Stickstoffdüngestufen auf Ertrag und Biomasse von Hopfen mithilfe von Fertigation.....	35
4.5 Forschungsprojekt zur Entwicklung eines neuen für regenerative Energiequellen optimierten Trocknungsverfahrens für Hopfen.....	38
4.6 Modell- und Demonstrationsvorhaben Humusaufbau im Hopfenanbau..	40
4.7 LfL-Projekte im Rahmen der Produktions- und Qualitätsinitiative .....	42
4.7.1 Monitoring und Untersuchung von Qualitätsdaten von Hopfen in Bezug auf den TS- und Alphasäuregehalt zur Bestimmung der optimalen Erntereife und zur Energieeinsparung bei der Hopfentrocknung.....	42
4.7.2 Jährliche Erhebung und Untersuchung des Krankheits- und Schädlingsbefalls (ausgewählte Schaderreger) in repräsentativen	

---

	Hopfengärten in Bayern zur gezielten Bekämpfung und Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes .....	45
4.7.3	Ringanalysen zur neutralen Qualitätssicherung bei der Alphasäurenbestimmung für Hopfenlieferungsverträge .....	46
4.8	Beratungs- und Schulungstätigkeit.....	46
4.8.1	Informationen in schriftlicher Form .....	47
4.8.2	Internet und Intranet .....	47
4.8.3	Telefonberatung, Ansagedienste .....	47
4.8.4	Aus- und Fortbildung .....	47
<b>5</b>	<b>Pflanzenschutz im Hopfen .....</b>	<b>48</b>
5.1	Amtliche Mittelprüfung.....	48
5.1.1	Neue Versuchsspritze für die Amtliche Mittelprüfung .....	48
5.2	Resistenz- und Wirksamkeitstests gegen die Hopfen-Blattlaus im Sprühturm.....	49
5.3	Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) zur Identifizierung von Hopfenmosaikvirus (HpMV), Apfelmosaikvirus (ApMV) und Arabismosaikvirus (ArMV) Infektion an Hopfen .....	49
5.4	Forschungsprojekt zum Citrus bark cracking viroid (CBCVd) .....	50
5.5	Spritzbares Mulchmaterial zur Beikrautregulierung im Hopfenbau .....	51
5.6	CBCVd Monitoring 2024.....	60
5.7	Innovative Strategien zur Bekämpfung der Verticillium-Welke in Hopfen .....	61
5.8	Evaluierung von Vegetationsindizes zur Erkennung von Verticillium in Hopfen mittels Nahbereichsfernerkundung durch UAV-gestützte Hyperspektralsensorik .....	63
<b>6</b>	<b>Züchtungsforschung Hopfen .....</b>	<b>69</b>
6.1	Kreuzungen 2024 und Weiterentwicklung von erfolgversprechenden Zuchtstämmen .....	69
6.2	Entwicklung und Validierung geschlechtsspezifischer DNA-Marker für die Hopfenzüchtung .....	70
6.3	Etablierung einer Phänotypisierungsplattform zur standardisierten Erfassung der genetischen Toleranz von Hopfen gegenüber dem Befall durch die Hopfenblattlaus ( <i>Phorodon humuli</i> (Schrank)).....	71
6.4	Etablierung eines Hopfenzuchtgartens unter Anbaubedingungen eines Öko-Verbandes.....	77
<b>7</b>	<b>Hopfenqualität und -analytik.....</b>	<b>79</b>
7.1	Allgemeines.....	79
7.2	Welche Ansprüche bezüglich seiner Inhaltsstoffe soll der Hopfen in Zukunft erfüllen? .....	80

---

7.2.1	Anforderungen der Brauindustrie.....	81
7.2.1.1	Die speziellen Anforderungen der Craft Brewer.....	81
7.2.1.2	Die Technik der Kalthopfung erlebt eine Renaissance .....	82
7.2.2	Alternative Anwendungsmöglichkeiten.....	83
7.3	Die ätherischen Öle des Hopfens .....	87
7.4	Welthopfensortiment (Ernte 2023).....	89
7.5	Qualitätssicherung bei der alpha-Säureanalytik für Hopfenlieferungsverträge.....	94
7.5.1	Ringanalysen zur Ernte 2024 .....	94
7.5.2	Auswertung von Kontrolluntersuchungen .....	97
7.5.3	Nachuntersuchungen der Ernte 2024 .....	98
7.6	Untersuchungen zur Biogenese der Bitterstoffe und Öle von neuen Zuchtstämmen .....	101
7.7	Entwicklung von NIRS-Kalibrierungen auf Basis von Konduktometer- und HPLC-Daten mit dem neuen Nahinfrarot-Reflektions-Spektroskopie- Gerät.....	103
7.8	Alpha-Säuren-Stabilität der neuen Hüller Zuchtsorten gegenüber Jahrgangsschwankungen .....	106
7.9	Etablierung der Analytik von Alkaloiden in Lupinen.....	108
7.10	Kontrolle der Sortenechtheit im Jahr 2024 .....	109
<b>8</b>	<b>Ökologische Fragen des Hopfenbaus.....</b>	<b>109</b>
8.1	Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau .....	109
8.2	Entwicklung einer technischen Möglichkeit zur Raubmilbenausbringung .....	113
8.3	Induzierte Resistenz gegen Spinnmilben im Hopfen .....	117
<b>9</b>	<b>Veröffentlichungen und Fachinformationen .....</b>	<b>121</b>
9.1	Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit .....	121
9.2	Veröffentlichungen.....	121
9.2.1	Führungen, Exkursionen .....	121
9.2.2	Internetbeiträge.....	123
9.2.3	Veröffentlichungen (Peer-Review) .....	123
9.2.4	Veröffentlichungen (nicht Peer-Review) .....	123
<b>10</b>	<b>Unser Team .....</b>	<b>126</b>

# 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	1 040	19,84
2005	1 611	10,66	2024	1 009	20,11

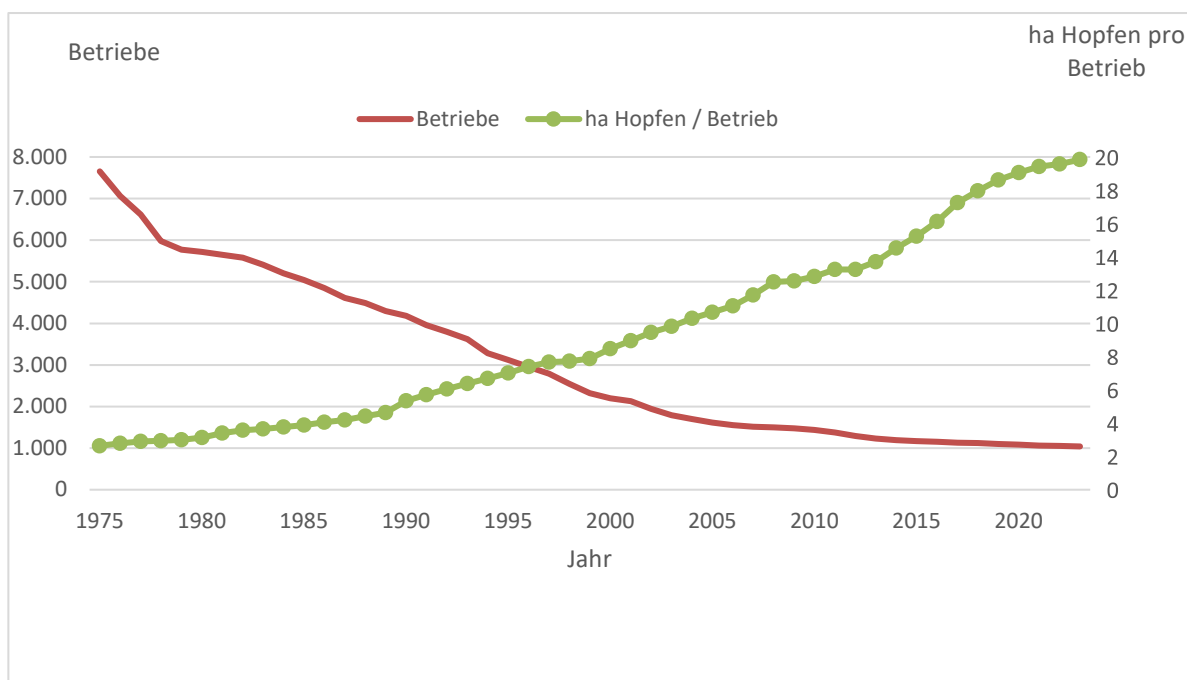


Abb. 1: Zahl der Hopfenbaubetriebe und deren Hopfenfläche in Deutschland

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 - 2024 zu 2023				Zunahme + / Abnahme - 2024 zu 2023			
	2023	2024	ha	%	2023	2024	Betriebe	%	2023	2024
Hallertau	17 129	16 815	- 314	- 1,8	841	814	- 27	- 3,2	20,37	20,66
Spalt	403	396	- 7	- 1,7	44	43	- 1	- 2,3	9,16	9,21
Tettngang	1 517	1 528	12	0,7	124	121	- 3	- 2,4	12,23	12,63
Baden, Bitburg u. Rheinpfalz	18	17	- 1	- 3,4	1	1	± 0	± 0	17,70	17,10
Elbe-Saale	1 563	1 532	- 30	- 2,0	30	30	± 0	± 0	52,09	51,07
<b>Deutschland</b>	<b>20 629</b>	<b>20 289</b>	<b>- 340</b>	<b>- 1,5</b>	<b>1 040</b>	<b>1 009</b>	<b>- 31</b>	<b>- 3,1</b>	<b>19,84</b>	<b>20,11</b>

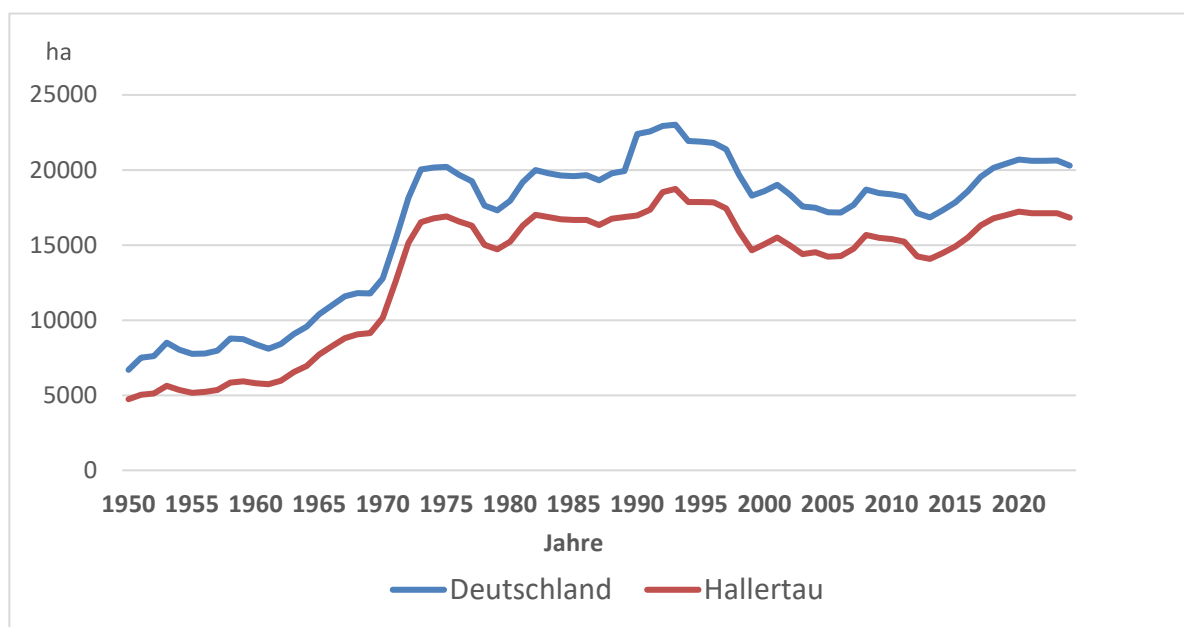


Abb. 2: Hopfenanbauflächen in Deutschland und in der Hallertau

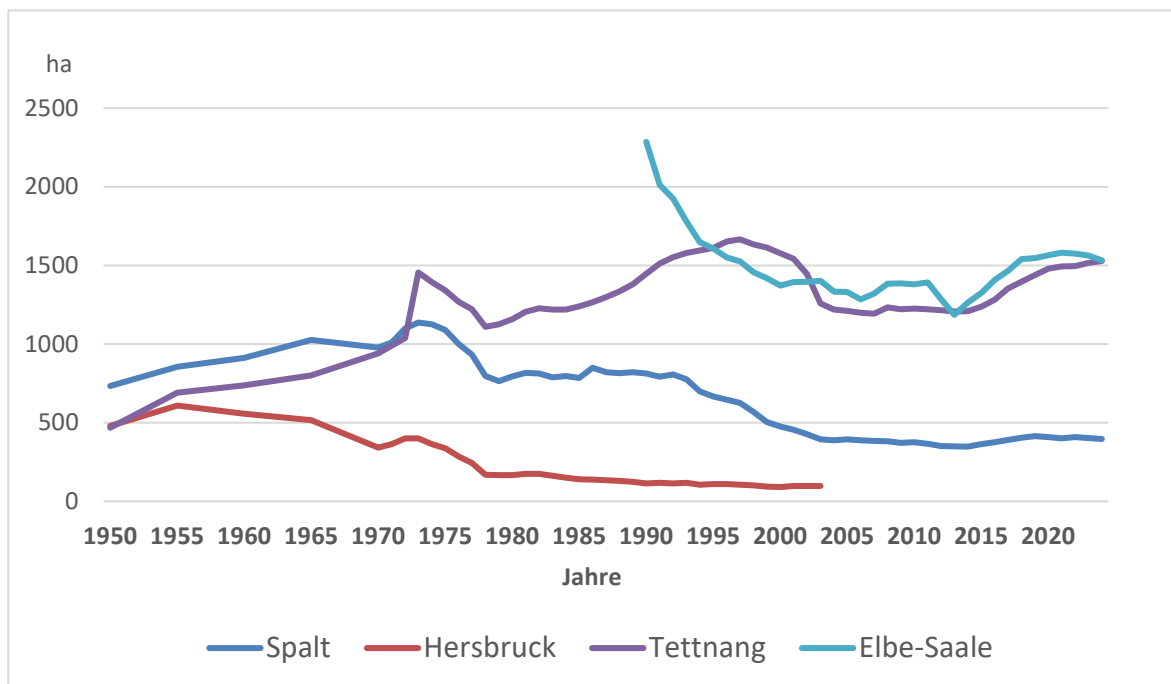


Abb. 3: Hopfenanbauflächen in den Gebieten Spalt, Hersbruck, Tett nang und Elbe-Saale

Das Anbaugebiet Hersbruck gehört seit 2004 zur Hallertau.

### 1.1.2 Hopfensorten

Mit einem Rückgang von 340 ha oder 1,7 % hat sich die **Hopfenanbaufläche** in Deutschland 2024 mit **20 289 ha** nur wenig verändert.

Der Anteil der **Aromasorten** ging um 815 ha auf 47,1 % erneut deutlich zurück. Erstmals in der Geschichte des deutschen Hopfenanbaus lag damit die Aromahopfenproduktion flächenmäßig unter der Bitterhopfenerzeugung. Mit 37 verschiedenen Aromasorten auf 9.559 ha weist die Statistik dennoch eine große Vielfalt aus, wobei die 16 kleinsten Sorten nur auf einer Fläche von insgesamt 70 ha oder 0,7 % der Aromasorten angebaut werden. Die meisten bedeutenden Aromasorten haben an Fläche eingebüßt. Den größten Flächenrückgang in diesem Segment hatten die Hauptsorten Perle (- 375 ha) und Hallertauer Tradition (- 241 ha) zu verzeichnen. Daneben gab es auch deutliche Rodungen bei Saphir (- 38 ha), Spalter Select (- 29 ha), Akoya (- 28 ha), Mandarina Bavaria (- 27 ha) und Hallertau Blanc (- 21 ha). Geringe Flächenzuwächse hatten die neueren Aromasorten Tango (26 ha) und Amira (11 ha) sowie die alte Landsorte Hersbrucker Spät (8 ha) zu verzeichnen.

Die **Bitterhopfenfläche** hat um 475 ha erneut kräftig zugenommen und nimmt mit 10 730 ha einen Anteil von 52,9 % ein. Wieder sind bei den älteren Bittersorten Hallertauer Magnum (- 150 ha), Hallertauer Taurus (- 31 ha) und Nugget (- 10 ha) Flächenrückgänge zu verzeichnen. Die alphasäurenbetonten Sorten Herkules (419 ha), Titan (228 ha) und Polaris (27 ha) dagegen konnten erneut an Fläche gewinnen. Damit ist Herkules unangefochten mit 39 % der Anbaufläche (7.917 ha) die größte Hopfensorte in Deutschland.

Tab. 3: Hopfensorten in den deutschen Anbaugebieten in ha im Jahre 2024

**Aromasorten**

Sorte								
Aischgründer Historia	0					0	0,0	0
Akoya	81		5	16		102	0,5	-28
Amarillo	73			2		75	0,4	-15
Amira	12					12	0,1	11
Ariana	49	4	2			56	0,3	2
Aurum			4			4	0,0	0
Brewers Gold	12					12	0,1	-2
Brokat	1					1	0,0	0
Callista	28	1	8	17		54	0,3	-2
Cascade	54	5	1	3	1	64	0,3	-1
Chinook	0					0	0,0	0
Comet	1					1	0,0	-4
Diamant	12	9	0			21	0,1	1
Hallertau Blanc	73	3	12	3		91	0,4	-21
Hallertauer Gold	5	2				7	0,0	0
Hallertauer Mfr.	425	22	142	12		601	3,0	-14
Hallertauer Tradition	2.257	36	106	60	2	2.461	12,1	-241
Herbrucker Pure	6	4				10	0,0	8
Hersbrucker Spät	767	7	0			775	3,8	-10
Hüll Melon	37	5	7			49	0,2	1
Lilly	0					0	0,0	0
Mandarina Bavaria	143	3	11	4		160	0,8	-27
Monroe	8		2			10	0,1	-1
Northern Brewer	68			107		175	0,9	-17
Opal	118	1	3			122	0,6	-15
Perle	2.438	39	141	236	6	2.861	14,1	-375
Relax						0	0,0	-2
Rottenburger			1			1	0,0	0
Saazer	3			151		154	0,8	-2
Samt	1					1	0,0	0
Saphir	218	17	41	16		292	1,4	-38
Smaragd	42	1	14			57	0,3	-1
Solero	7		3			10	0,0	-1
Sarachi Ace	0					0	0,0	0
Spalter	0	100				100	0,5	-6
Spalter Select	390	78	31			499	2,5	-29
Tango	81	1	3	3	0	89	0,4	26
Tettnanger			632			632	3,1	-13
<b>Gesamt (ha)</b>	<b>7.410,63</b>	<b>341,03</b>	<b>1.168</b>	<b>630</b>	<b>9</b>	<b>9.559</b>	<b>47,1</b>	<b>-815</b>
<b>Anteil (%)</b>	<b>36,5</b>	<b>1,7</b>	<b>5,8</b>	<b>3,1</b>	<b>0,0</b>	<b>47,1</b>		<b>-4,0</b>

**Bittersorten**

Sorte								
Eureka (EUE05256)	12					12	0,1	6
Hallertauer Magnum	1.029	1		590		1.620	8,0	-150
Hallertauer Merkur		2		1		3	0,0	-3
Hallertauer Taurus	112	2	0	3		116	0,6	-31
Helios				5		5	0,0	5
Herkules	7.409	47	327	126	8	7.917	39,0	419
Hüller Bitter	1					1	0,0	1
Nugget	90		2			91	0,5	-10
Polaris	424		25	140		588	2,9	27
Record	1					1	0,0	0
Titan	279	2	2	38	0	322	1,6	228
Xantia	17					17	0,1	1
Sonstige	32		4	0		36	0,2	-20
<b>Gesamt (ha)</b>	<b>9.404,15</b>	<b>54,95</b>	<b>360</b>	<b>903</b>	<b>8</b>	<b>10.730</b>	<b>52,9</b>	<b>475</b>
<b>Anteil (%)</b>	<b>46,4</b>	<b>0,3</b>	<b>1,8</b>	<b>4,4</b>	<b>0,0</b>	<b>52,9</b>		<b>2,3</b>

**Alle Sorten**

Sorte								
<b>Gesamt (ha)</b>	<b>16.815</b>	<b>396</b>	<b>1.528</b>	<b>1.532</b>	<b>17</b>	<b>20.289</b>	<b>100,0</b>	<b>-340</b>
<b>Anteil (%)</b>	<b>82,9</b>	<b>2,0</b>	<b>7,5</b>	<b>7,6</b>	<b>0,1</b>	<b>100,0</b>		<b>-1,7</b>

**1.2 Erntemengen, Erträge und Alphasäuregehalte**

Die **Hopfenernte 2024** in Deutschland betrug 46 536 301 kg (= 930 726 Ztr.) und lag damit fast 13 % über der Vorjahresernte von 41 234 230 kg (824 685 Ztr.).

Mit durchschnittlich 2.294 kg/ha bezogen auf die Gesamtfläche liegt der **Hektarertrag** 295 kg/ha über dem Vorjahresniveau, was einem überdurchschnittlichen Ertrag entspricht.

Die durchschnittlichen erntefrischen **Alphasäuregehalten** waren gut und lagen bei den meisten Sorten über den schlechten Vorjahresergebnissen. Die langjährigen Mittel wurden aber bei den meisten Sorten nicht erreicht, so dass trotz der guten Ernte das potentielle Ertragsniveau der Sorten auf Alphabasis im Jahre 2024 noch nicht ausgereizt wurde. Der Hauptanteil der Alphaproduktion in Deutschland wird durch die Sorte Herkules bestimmt. Hier lag der durchschnittliche Alphasäuregehalt mit 15,8 % nur knapp unter dem langjährigen Mittel. Herkules erzeugte in 2024 allein 3.656 t Alphasäure und damit 2/3 der deutschen Alphaproduktion. Insgesamt dürfte die produzierte **Alphasäuremenge** in Deutschland bei 5.391 t und somit 29 % über dem Vorjahresergebnis liegen.



Tab. 4: Erntemengen und Hektarerträge von Hopfen in Deutschland

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Ertrag kg/ha bzw. (Ztr./ha)</b>	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.)	2 294 kg (45,9 Ztr.)
<b>Anbaufläche in ha</b>	20 417	20 706	20 620	20 605	20 629	20 289
<b>Gesamternte in kg bzw. Ztr.</b>	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.	46 536 301 kg = 930 726 Ztr.
<b>Ø Alpha-säuregehalt in %</b>	10,9	11,6	13,0	10,8	10,1	11,6
<b>Erzeugte Alphamenge in t</b>	5 260 t	5 460 t	6 240 t	3 720 t	4 170 t	5 391 t

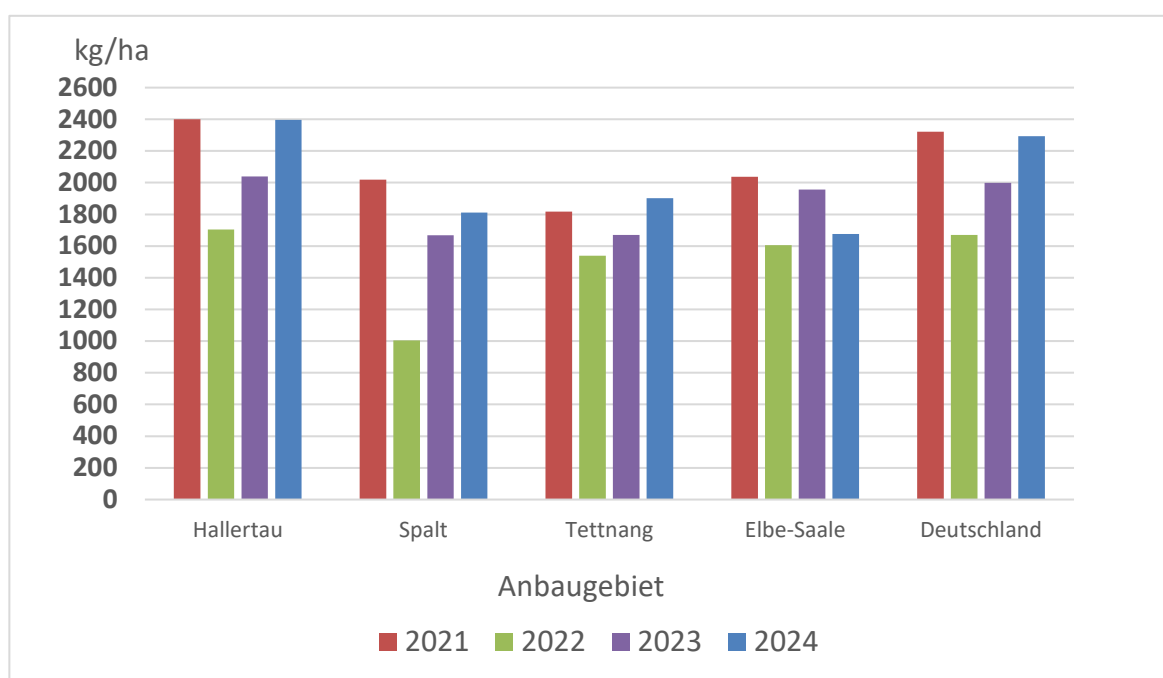


Abb. 4: Durchschnittserträge der einzelnen Anbauggebiete in kg/ha

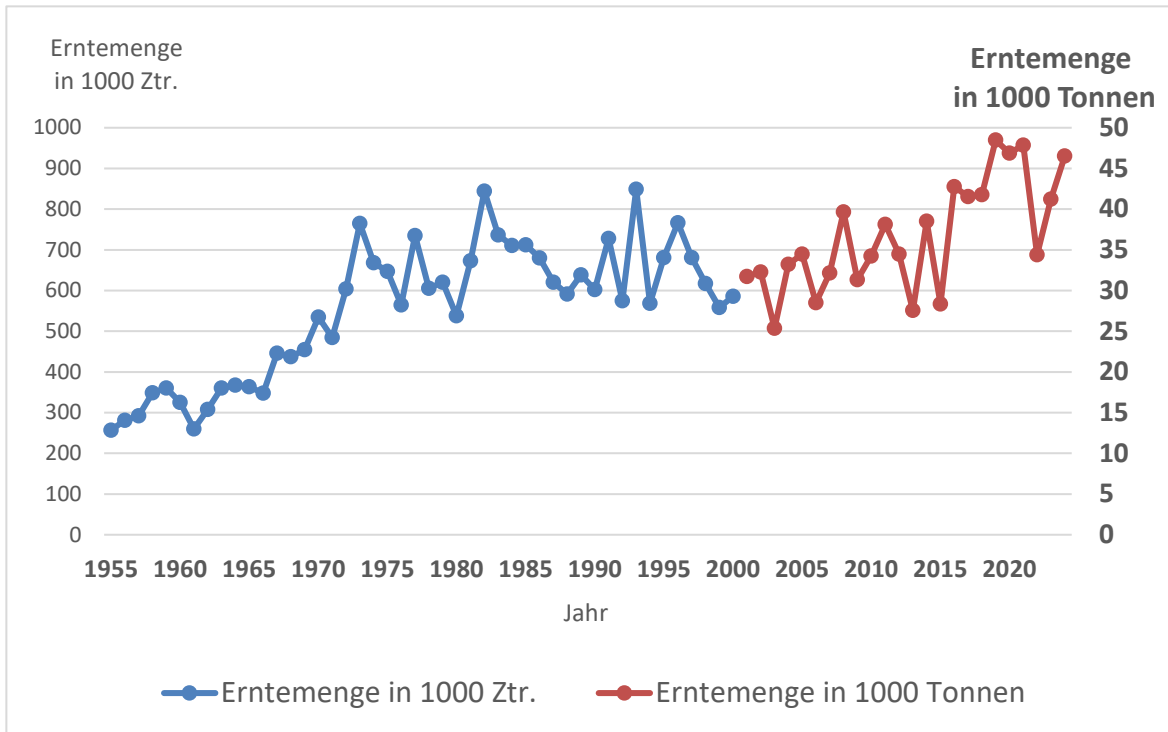


Abb. 5: Erntemengen in Deutschland

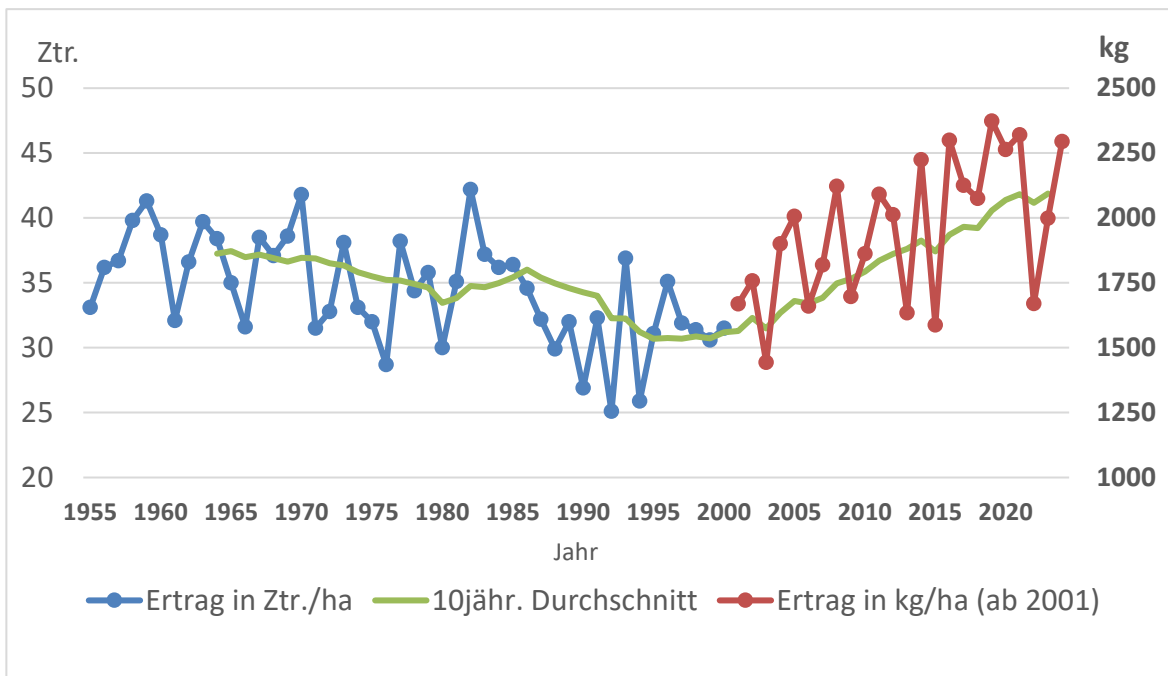


Abb. 6: Durchschnittsertrag (Ztr. bzw. kg/ha) in Deutschland

Tab. 5: Hektar-Erträge in den deutschen Anbaugebieten

Anbaugebiet	Erträge in kg/ha Gesamtfläche								
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Hallertau	2 383	2 179	2 178	2 441	2 338	2 400	1 704	2 040	2 397
Spalt	1 942	1 949	1 564	1 704	1 759	2 020	1 005	1 668	1 812
Tettnang	1 712	1 677	1 486	2 024	1 927	1 818	1 538	1 670	1 903
Bad. Rheinpf./ Bitburg	1 957	1 990	1 985	2 030	2 003	973	1 017	1 299	2 343
Elbe-Saale	2 020	2 005	1 615	2 150	1 906	2 038	1 704	1 956	1 677
Ø Ertrag je ha <b>Deutschland</b>	<b>2 299 kg</b>	<b>2 126 kg</b>	<b>2 075 kg</b>	<b>2 374 kg</b>	<b>2 264 kg</b>	<b>2 321 kg</b>	<b>1 670 kg</b>	<b>1 999 kg</b>	<b>2 294 kg</b>
Gesamternte Deutschland (t bzw. Ztr.)	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	46 536 t 930 726
Anbaufläche Deutschland (ha)	18 598	19 543	20 144	20 417	20 706	20 620	20 605	20 629	20 289

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

Anbaugebiet/Sorte	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Ø 5 Jahre	Ø 10 Jahre
Hallertau Hallertauer	2,7	4,3	3,5	3,6	4,1	4,5	5,2	3,1	2,9	<b>3,3</b>	<b>3,8</b>	<b>3,7</b>
Hallertau Hersbrucker	2,3	2,8	2,3	2,0	2,5	3,3	4,6	1,9	3,0	<b>2,5</b>	<b>3,1</b>	<b>2,7</b>
Hallertau Hall. Saphir	2,5	4,0	3,0	3,3	3,3	4,2	4,3	2,6	3,1	<b>3,2</b>	<b>3,5</b>	<b>3,4</b>
Hallertau Opal	5,9	7,8	7,2	6,4	7,3	8,5	8,7	6,1	6,7	<b>7,1</b>	<b>7,4</b>	<b>7,2</b>
Hallertau Smaragd	5,5	6,2	4,5	3,0	5,0	5,8	7,6	4,0	5,4	<b>4,5</b>	<b>5,5</b>	<b>5,2</b>
Hallertau Perle	4,5	8,2	6,9	5,5	6,7	7,4	9,0	4,9	6,0	<b>6,2</b>	<b>6,7</b>	<b>6,5</b>
Hallertau Spalter Select	3,2	5,2	4,6	3,5	4,4	5,2	6,4	3,3	4,7	<b>3,9</b>	<b>4,7</b>	<b>4,4</b>
Hallertau Hall. Tradition	4,7	6,4	5,7	5,0	5,4	6,3	6,1	5,2	4,9	<b>5,3</b>	<b>5,6</b>	<b>5,5</b>
Hallertau Mand. Bavaria	7,0	8,7	7,3	7,5	7,9	9,0	9,9	8,2	7,9	<b>9,0</b>	<b>8,8</b>	<b>8,2</b>
Hallertau Hall. Blanc	7,8	9,7	9,0	8,8	9,0	10,9	9,9	8,1	8,7	<b>9,7</b>	<b>9,5</b>	<b>9,2</b>
Hallertau Huell Melon	5,8	6,8	6,2	5,8	6,6	7,2	8,4	6,3	6,9	<b>6,3</b>	<b>7,0</b>	<b>6,6</b>
Hallertau North. Brewer	5,4	10,5	7,8	7,4	8,1	9,1	10,5	6,4	7,5	<b>8,3</b>	<b>8,4</b>	<b>8,1</b>
Hallertau Polaris	17,7	21,3	19,6	18,4	19,4	20,6	21,5	18,5	18,0	<b>19,8</b>	<b>19,7</b>	<b>19,5</b>
Hallertau Hall. Magnum	12,6	14,3	12,6	11,6	12,3	14,2	16,0	12,2	11,8	<b>12,9</b>	<b>13,4</b>	<b>13,1</b>
Hallertau Nugget	9,2	12,9	10,8	10,1	10,6	12,0	11,1	9,9	11,9	<b>10,9</b>	<b>11,2</b>	<b>10,9</b>
Hallertau Hall. Taurus	12,9	17,6	15,9	13,6	16,1	15,5	17,8	14,6	13,8	<b>15,9</b>	<b>15,5</b>	<b>15,4</b>
Hallertau Herkules	15,1	17,3	15,5	14,6	16,2	16,6	18,5	15,4	13,9	<b>15,8</b>	<b>16,0</b>	<b>15,9</b>
Tettnang Tettnanger	2,1	3,8	3,6	3,0	3,8	4,3	4,7	2,6	2,6	<b>3,3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,4</b>
Tettnang Hallertauer	2,9	4,4	4,3	3,8	4,3	4,7	5,0	3,2	3,3	<b>3,8</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
Spalt Spalter	2,2	4,3	3,2	3,5	3,9	4,7	5,2	2,8	3,0	<b>3,6</b>	<b>3,9</b>	<b>3,6</b>
Spalt Spalter Select	2,5	5,5	5,2	2,9	4,1	4,7	6,4	2,8	5,4	<b>4,4</b>	<b>4,7</b>	<b>4,4</b>
Elbe-S. Hall. Magnum	10,4	13,7	12,6	9,3	11,9	11,9	13,8	12,0	14,2	<b>12,3</b>	<b>12,8</b>	<b>12,2</b>

Quelle: Arbeitsgruppe Hopfenanalyse (AHA)

## 2 Witterung und Wachstumsverlauf 2024

LD Johann Portner und Dipl.-Ing. agr. A. Baumgartner

### 2.1 Witterung und Wachstumsverlauf

Das Hopfenjahr 2024 startete mit einem ungewöhnlich warmen Frühjahr, so dass das Aufdecken und Schneiden bei trockenen Bodenverhältnissen durchgeführt werden konnten und beste Bedingungen für den Austrieb herrschten. Ab etwa Mitte April gab einen Witterungsumschwung. zu nass-kaltem Wetter mit leichten Frösten zum Monatsende. Dadurch verzögerte sich insbesondere bei spät geschnittenen Hopfen das Wachstum und dementsprechend das Ausputzen und Anleiten. Der warme, wenn auch zu feuchte Mai machte die Unterschiede bald wieder wett. Anfang Juli waren die meisten Hopfen gut entwickelt und zeigten einen reichlichen Blütenansatz. Auf weniger guten Standorten und von Nässe strukturschädigten Böden zeigten sich Ende Juli erste Gelbverfärbungen auf den unteren Blättern. Mit 24 heißen Tagen (Temperaturen > 30 °C) und weniger als 140 mm Niederschlag waren die Monate Juli und August hochsommerlich und brachten den bis zu diesem Zeitpunkt wasserverwöhnten Hopfen auf weniger guten Standorten physiologisch an die Grenzen. Die Entwicklungsunterschiede waren nicht nur optisch sichtbar, sondern spiegelten sich auch in der Ernte in stark unterschiedlichen Erträgen wider. Die sommerliche Witterung bis Anfang September beschleunigte die Abreife und Inhaltsstoffbildung, so dass mit der Ernte einige Tage früher bereits Ende August begonnen wurde.

Mit über 500 mm Niederschlag während der Hauptwachstumsmonate März bis August fielen am Standort Hüll ausreichend Niederschläge, wenngleich die Verteilung etwas ungleichmäßig war. Während es aufgrund der großen Regenmengen am 31. Mai und 1. Juni entlang der Flüsse Paar, Ilm und Abens zu großen Überflutungen und erheblichen Schäden bei ca. 200 ha Hopfen kam, litten viele Hopfengärten Ende Juli und im August unter der Hitze und Trockenheit. Hopfenstandorte mit guter Bodenstruktur und hoher Wasserspeicherfähigkeit waren dieses Jahr deutlich im Vorteil und konnten auch ohne Bewässerung gute Erträge erzielen.

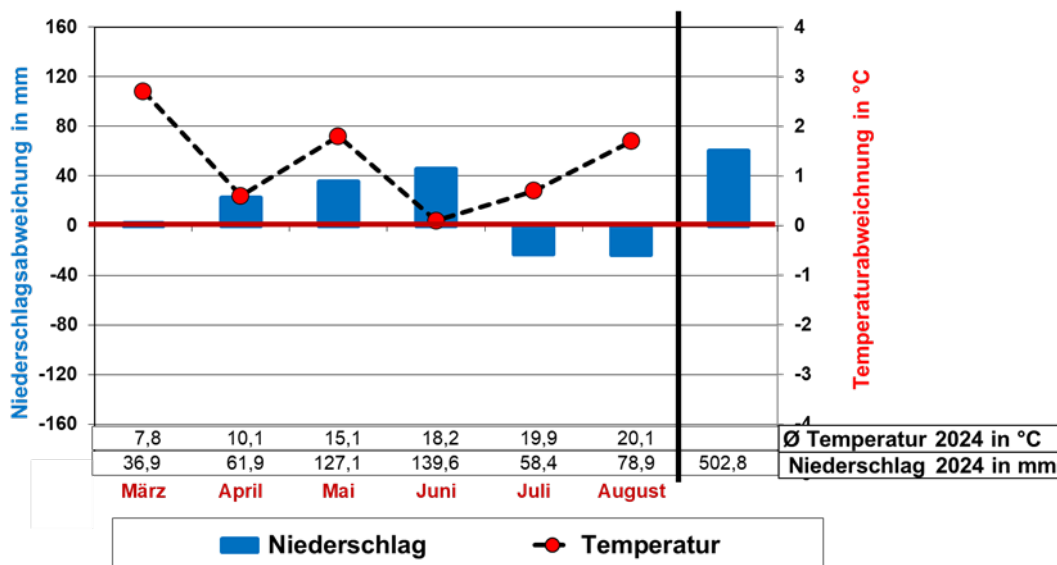


Abb. 7: Witterung während der Vegetationsperiode 2024 in Hüll als Abweichung der Monate vom 10-jährigen Durchschnitt

## 2.2 Situation bei Krankheits- und Schädlingsbefall

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

Peronospora-Primärinfektionen traten während des kalten Frühjahrs nur moderat auf. Erst mit den reichlichen Niederschlägen im Mai und dem Anstieg der Temperaturen war ein stärkerer Ausbruch von Peronospora-Primär- und Sekundärinfektionen zu verzeichnen. Die Anzahl der in den Sporenfallen gefangenen Zoosporangien erreichten sehr schnell die Bekämpfungsschwellen und blieben die ganze Saison hinweg auf einem sehr hohen Niveau. Mit 9 Peronosporabekämpfungsaufrufen von Ende Mai bis Anfang September waren etwa doppelt so viele Behandlungen als im Vorjahr nötig.

Der Echte Mehltau war ab Mitte Mai ebenfalls häufig in der Praxis zu finden und musste bis kurz vor der Ernte regelmäßig bekämpft werden. Trotz der regulären Zulassung von „Luna Sensation“ und der Notzulassung von „Vegas“ hatten die Landwirte Probleme, den Erreger in Schach halten, so dass spät geerntete Hopfen deutliche Qualitätseinbußen in der Farbe aufwiesen.

Die reichlichen Niederschläge von Frühjahr bis in den Sommer hinein begünstigten auch wieder das Auftreten der gefürchteten Verticilliumwelke.

Die tierischen Hauptschaderreger Hopfenblattlaus und Gemeine Spinnmilbe konnten schon relativ früh ab Mitte Mai am Hopfen gefunden werden. Die feucht warme Witterung begünstigte im weiteren Verlauf die Besiedelung und Vermehrung der Hopfenblattlaus, so dass ab Anfang Juni bereits erste Bekämpfungsmaßnahmen erfolgten. Die Hauptbekämpfung wurde von Mitte Juni bis Anfang Juli mit Movento SC durchgeführt. Diese Behandlung war in der Hallertau in den meisten Fällen erfolgversprechend, so dass der Hopfen ab der Blüte weitgehend blattlausfrei war.

Der Befall mit der Gemeinen Spinnmilbe wurde durch die regnerische Witterung gebremst. Doppelbehandlungen wurden deshalb selten durchgeführt. Oft reichte eine gezielte Akarizidbehandlung in Form von Movento aus, um den Erreger in Schach zu halten. In vielen Fällen konnte sich die Population im Laufe des heißen Sommers aber wieder erholen, so dass noch eine weitere Spinnmilbenbekämpfung Ende Juli bis Anfang August notwendig wurde.

Die weitere Verbreitung des 2019 erstmals in der Hallertau nachgewiesenen Zitrusviroids oder „Citrus Bark Cracking Viroid“ (CBCVd) wurde in einem freiwilligen Monitoring auch 2024 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 2024

In Erinnerung bleiben werden die ergiebigen Niederschläge und die Hochwassersituation in Südbayern Ende Mai bis Anfang Juni mit Schäden allein am Hopfen in der Größenordnung von ca. 200 ha, die nach aufwändiger Schadensermittlung durch den Hopfenpflanzerverband mit Hilfgeldern des Staatsministeriums entschädigt wurden.



*Abb. 8: Überfluteter Hopfengarten Anfang Juni (Foto: T. Langwieser)*

Bemerkenswert ist auch der hohe Pflanzenschutzaufwand im Hopfen im Jahr 2024. Insbesondere die Hauptkrankheiten Peronospora und Echter Mehltau traten von Wachstumsbeginn an und während der Saison unvermindert stark auf, so dass in regelmäßigen Abständen Bekämpfungsaufrufe und Warndiensthinweise erfolgten und die Landwirte in den Regenspauzen permanent mit Pflanzenschutzbehandlungen beschäftigt waren. Dieses Jahr hat wieder eindrucksvoll bewiesen, dass eine Reduktion von Pflanzenschutzmaßnahmen nicht planbar ist, sondern die Intensität und Häufigkeit des Pestizideinsatzes von der Witterung und somit vom Schaderregerauftreten abhängig ist.

Vielen Pflanzern wird auch das heftige Gewitter am Abend des 14. August in Erinnerung bleiben, das in vielen Hopfengärten zahlreiche Fallreben hinterließ und einige größere Hopfengärten in der Hallertau und im Gebiet Kinding sogar zum Einsturz brachte.



*Abb. 9: Ernte eines eingestürzten Hopfengartens (Foto: H. Franz)*

Tab. 7: Witterungsdaten 2024 (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	2024	0,6	-3,2	5,3	97,4	58,5	13	48
	Ø 10-j.	0,5	-3,0	4,0	95,6	56,9	16,8	33,9
	30-j.	-2,3	-5,9	1,1	86,7	50,8	14,8	47,1
Februar	2024	6,4	2,6	10,8	96,7	53,6	15	58
	Ø 10-j.	1,9	-2,6	6,8	89,5	41,3	11,6	82,8
	30-j.	-1,0	-4,9	3,1	81,4	46,8	13,3	72,1
März	2024	7,8	2,5	14,0	91,4	36,9	12	122
	Ø 10-j.	5,1	-0,7	11,1	81,9	34,7	11,9	161,5
	30-j.	2,8	-1,7	7,8	78,9	47,7	13,8	132,2
April	2024	10,1	3,9	16,9	87,0	61,9	14	164
	Ø 10-j.	9,5	2,7	15,2	76,8	39,3	10,3	203,5
	30-j.	7,1	1,9	12,8	73,8	60,8	14,1	164,3
Mai	2024	15,1	9,1	21,5	86,3	127,1	14	212
	Ø 10-j.	13,3	7,5	19,2	79,6	91,6	14,4	205,1
	30-j.	11,9	6,1	17,7	73,9	82,3	15,4	203,6
Juni	2024	18,2	12,5	24,8	91,6	139,6	16	183
	Ø 10-j.	18,1	11,4	24,6	77,6	93,9	12,0	251,9
	30-j.	15,1	9,0	20,8	74,6	103,5	15,3	212,3
Juli	2024	19,9	13,3	27,7	89,4	58,4	15	232
	Ø 10-j.	19,2	12,4	26,1	78,9	81,2	12,9	247,8
	30-j.	16,7	10,5	23,1	74,3	90,5	14,1	236,8
August	2024	20,1	13,5	28,0	91,3	78,9	19	236
	Ø 10-j.	18,4	12,2	25,3	83,8	102,1	12,1	230,3
	30-j.	16,0	10,2	22,6	78,2	91,7	13,8	212,4
September	2024	14,8	10,0	20,9	95,1	184,2	18	148
	Ø 10-j.	14,2	8,2	20,9	88,4	47,6	10,4	179,1
	30-j.	12,7	7,4	19,1	80,7	67,9	11,6	175,0
Oktober	2024	11,1	7,4	15,2	99,4	36,1	19	63
	Ø 10-j.	9,8	4,9	15,2	93,4	54,9	12,0	113,2
	30-j.	7,6	3,2	13,1	84,2	51,1	11,0	117,2
November	2024	4,0	1,2	7,3	99,1	34,5	14	34
	Ø 10-j.	4,6	1,1	8,7	96,4	57,8	13,3	52,3
	30-j.	2,6	-0,6	6,1	85,5	57,5	14,4	52,9
Dezember	2024	1,2	-1,2	3,9	99,8	46,1	15	23
	Ø 10-j.	2,0	-1,3	5,9	96,8	60,3	15,8	35,1
	30-j.	-0,9	-4,3	1,8	86,5	52,2	15,0	38,7
<b>Ø Jahr</b>	<b>2024</b>	<b>10,8</b>	<b>6,0</b>	<b>16,4</b>	<b>93,7</b>	<b>915,8</b>	<b>184</b>	<b>1523</b>
	<b>10 – jähriges Mittel</b>	<b>9,7</b>	<b>4,4</b>	<b>15,3</b>	<b>86,6</b>	<b>761,6</b>	<b>153,5</b>	<b>1796,5</b>
	<b>30 – jähriges Mittel</b>	<b>7,4</b>	<b>2,6</b>	<b>12,4</b>	<b>79,9</b>	<b>802,8</b>	<b>166,6</b>	<b>1664,6</b>

\* 10-jähriges Mittel bezieht sich auf den Zeitraum 2014-2023

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

### 3 Forschung und fachliche Daueraufgaben

#### 3.1 IPZ 5a – Hopfenbau und 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-, Spinnmilben- und Mehлтаumonitoring	2024-2028	StMELF	Hopfenring
<u>IPZ 5a</u> J. Portner A. Schlagenhauer	Untersuchungen zur Messung der Bodenfeuchte und zur Bewässerungssteuerung für eine ressourcenschonende Hopfenbewässerung (I+II)	2023-2026	Erzeugerorganisation HVG	P. Razavi, Fa. Irriport GmbH
<u>IPZ 5a</u> J. Portner S. Fuß	F&E-Unterauftrag zur Unterstützung der HSWT bei der Datenerfassung zum Krankheits- und Schädlingsbefall sowie Durchführung von Versuchsernte und Qualitätsfeststellung von Hopfen im Agri-PV-Projekt „HoPVen“	2024-2026	HSWT (BLE)	HSWT (Dr. M. Beck, M. Riedl)
<u>IPZ 5a</u> J. Portner S. Fuß	F&E-Unterauftrag im Agri-PV-Projekt „HoPVen“ zur Abschätzung der Ökonomik und Unterstützung bei der Expertenbefragung	2024-2025	Fraunhofer ISE (BLE)	Fraunhofer ISE (M. Trommsdorf)
<u>IPZ 5a</u> J. Portner N.N.	Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD) „Humusaufbau im Hopfenanbau“	2024-2030	BLE	Hopfenring (S. Arnold) 10 Demobetriebe
<u>IPZ 5a</u> J. Portner	Untersuchungsreihen zur Ermittlung des Alphaabbaus nach der Hopfenernte in Abhängigkeit von der Lagerzeit und -temperatur	2024	Erzeugerorganisation HVG	IPZ 5d u. 1e
<u>IPZ 5a</u> J. Portner J. Münsterer	Entwicklung eines neuen für regenerative Energiequellen optimierten Trocknungsverfahrens für Hopfen	2024-2026	Erzeugerorganisation HVG	Christian Euringer GmbH

##### Daueraufgaben und produktionstechnische Versuche

AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5a	Aus- und Fortbildung der Hopfenpflanzer	Daueraufgabe	
5a	Produktionstechnische und betriebswirtschaftliche Spezialberatung im Hopfenbau	Daueraufgabe	



AG	Projekt	Laufzeit	Kooperation
5a	Unterstützende Beratung zur Errichtung von gemeinschaftlichen Bewässerungsanlagen im Hopfen	Daueraufgabe	HVG
5a	Erarbeitung und Aktualisierung von Beratungsunterlagen	Daueraufgabe	
5a	Weitergabe von Beratungsstrategien und Informationsaustausch mit der Verbundberatung	Daueraufgabe	Hopfenring
5a	Durchführung der Peronospora-Befallsprognose und Erstellen von Warndiensthinweisen	Daueraufgabe	
5a	Generierung betriebswirtschaftlicher Daten für Deckungsbeitragsberechnungen und betriebliche Kalkulationen	Daueraufgabe	
5a	Optimierung der PS-Applikations- und Gerätetechnik;	Daueraufgabe	
5a	Optimierung von Techniken und Verfahren zur Vermeidung von Bodenerosion und Förderung der Bodenfruchtbarkeit im Hopfenanbau	Daueraufgabe	IAB boden:ständig
5a	Untersuchungen zur Stickstoffdüngewirkung von Hopfenrebenhäcksel	ab 2019	Hopfenbaubetrieb
5a	Testung verschiedener Materialien als Ersatz für die Kunststoffkordel am „Schnurdraht“	2022-2024	Versch. Anbieter von Schnurdraht; Hopfenbaubetriebe
5a	Düngeversuche zur Stickstoffminimierung bei den Hopfensorten Herkules und Perle	ab 2023	GfH (Pachtfläche)
5a	Energieeinsparung bei der Trocknung und Konditionierung	2023-2024	div. Betriebe
5a	Testung von umhüllten Langzeitdüngern	2023-2024	Hopfenbaubetriebe

### 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	2024	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF)	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 f. 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	<i>Verticillium</i> -Selektionsgärten Niederlauterbach (2015-2021) Engelbrechtsmünster (2016-2022) Gebrontshausen (2020-2027)	2015- 2027	Erzeugerorganisation Hopfen HVG e. G.	IPZ 5c
<u>IPZ 5b</u> S. Euringer, K. Lutz, F. Weiß	Evaluierung von Vegetationsindices zur Er- kennung von <i>Verticillium</i> in Hopfen mittels Nahbereichs- fernerkundung durch UAS/drohngestützte(r) Hyperspektralsensorik	2024- 2025	Wissenschaftliche Station München e.V.	KU Eichstätt

### 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 Resistenzbildung von Hopfenblattläusen	Daueraufgabe	
5b	ELISA-Testung von Hopfen zur Vermehrung auf ApMV und HpMV	Daueraufgabe	
5b	Überwachung der Pflanzenschutzmittelzulassungssituation im Hopfenbau	Daueraufgabe	
5b	Ausarbeitung von Notfalleintragungen 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, Biostimulanzien und Pflanzenschutzmittel im Hopfenbau <a href="mailto:hop.pfla@lfl.bayern.de">hop.pfla@lfl.bayern.de</a>	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 leistungsstarken, gesunden Hochalphasorten mit besonderer Eignung für den Anbau im Elbe-Saale-Gebiet	2016-2025	Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft; Ministerium f. Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt; Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft; Erzeugergem. Hopfen HVG e.G.	IPZ 5d: Dr. K. Kamhuber & Team; Hopfenpflanzerverband Elbe-Saale e.V.; Betrieb Berthold, Thüringen; Hopfengut Lautitz, Sachsen; Agrargenoss. Querfurt, Sachsen-Anhalt
<u>IPZ 5c</u> Dr. S. Gresset	Etablierung einer Phänotypierungsplattform für die Erfassung der Blattlaustoleranz im Hopfen	2024-2025	Wissenschaftliche Station für Brauerei in Münchner e.V. Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.	IPZ 5c: A. Lutz, Dr. B. Büttner, R. Forster, P. Hager, B. Haugg IPZ 1a: Dr. R. Seidenberger IPZ 5b S. Euringer, A. Baumgartner
<u>IPZ 5c</u> Dr. S. Gresset	Entwicklung eines hochdurchsatz-Marker-Systems für die Geschlechtsbestimmung in der Hopfenzüchtung	2022-2024	Wissenschaftliche Station für Brauerei in Münchner 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 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

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

AG Projektleitung, Projektbearbeitung	Projekt	Laufzeit	Kosten- träger	Kooperation
<u>IPZ 5d</u> Dr. K. Kammhuber, S. Beck, S. Weihrauch, B. Wyschkon, M. Hainzmaier	Analytik von Alkaloiden für das Projekt: „BitterSweet - Stabilisierung der Alkaloidarmut auf niedrigem Niveau zur Sicherung eines zukunftsfähigen Anbaus der Weißen Lupine“	2023-2026	StMELF	Dr. G. Schweizer, IPZ 1b Dr. C. Riedel, IPZ 4a Dr. G. Schwertfirm, IPZ 1b

#### Daueraufgaben Hopfenqualität und -analytik

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

### 3.1 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 Dr. I. Lusebrink M. Kremer	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

AG Projektleitung, Projektbearbeitung	Projekt	Lauf- zeit	Kostenträger	Kooperation
<u>IPZ 5e</u> Dr. F. Weihrauch Dr. I. Lusebrink M. Kremer	Induzierte Resistenz bei Hopfen gegen Spinnmilben	2021- 2026	Deutsche Bundesstif- tung 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 2024

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.

2024 beteiligten sich in den bayerischen Anbaugebieten Hallertau und Spalt etwa die Hälfte der Hopfenbaubetriebe an der  $N_{\min}$ -Untersuchung. Dabei wurden 2 098 Hopfengärten (2023: 2 590 Proben) auf den  $N_{\min}$ -Gehalt untersucht. Der  $N_{\min}$ -Gehalt betrug im Durchschnitt der bayerischen Anbaugebiete 30 kg N/ha lag damit um 23 kg unter 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 2024 in den Landkreisen bzw. Anbauregionen (Stand: 10.04.2024)*

Landkreis/Anbaugebiet	Anzahl Untersuchungen	Vorläufiger $N_{\min}$ -Wert (Stand 14.03.2024)	Endgültiger $N_{\min}$ -Wert
Eichstätt (inkl. Kinding)	124		<b>28</b>
Freising	260	33	<b>27</b>
Hersbruck	38		<b>55</b>
Kelheim	808	34	<b>31</b>
Landshut	124	39	<b>36</b>
Pfaffenhofen (u. Neuburg-Schrobenhausen)	657	30	<b>28</b>
Spalt	87	35	<b>32</b>
<b>Bayern</b>	<b>2098</b>	<b>33</b>	<b>30</b>

Hopfenbaubetriebe ohne eigene  $N_{\min}$ -Werte konnten die Stickstoffbedarfsermittlung bereits mit den vorläufigen  $N_{\min}$ -Durchschnittswerten ihres Landkreises oder Anbauregion durchführen. Da der endgültige  $N_{\min}$ -Wert in allen Landkreisen bzw. Anbaugebieten nicht um mehr als 10 kg N/ha höher war als der vorläufige  $N_{\min}$ -Wert, musste eine bereits berechnete

Düngebedarfsermittlung nicht noch einmal angepasst werden. Eine Neuberechnung war dennoch in allen Landkreisen von Vorteil, da sich nach Korrektur ein höherer Düngebedarf errechnete.

Für Betriebe im Landkreis Eichstätt und 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 2024 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.

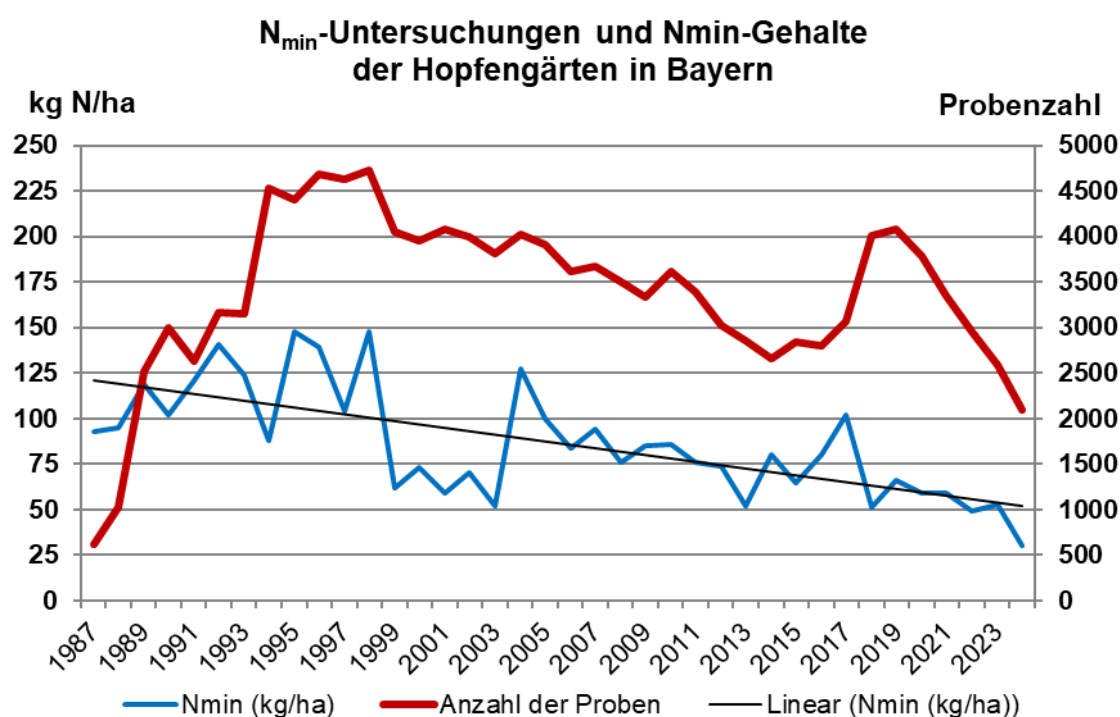


Abb. 10:  $N_{\min}$ -Untersuchungen,  $N_{\min}$ -Gehalte und Trendlinie der  $N_{\min}$ -Werte der Hopfengärten in Bayern im Verlauf der Jahre

## 4.2 Testung von umhüllten Stickstoff-Langzeitdüngern

### Hintergrund:

Zunehmende Wetterextreme und vor allem ein längeres Ausbleiben von Niederschlägen während der Vegetationsperiode werden immer mehr zur Herausforderung bei der konventionellen N-Düngung von Hopfen. Wenn Niederschläge in entscheidenden Phasen der Stickstoffaufnahme von Hopfen (Mai bis Juli) ausbleiben, wird der gestreut applizierte Dünger nicht rechtzeitig pflanzenverfügbar und kann zu Ertragseinbußen führen. Bei Starkniederschlägen kann der gedüngte Stickstoff versickern oder abgeschwemmt werden und ist ebenfalls nicht mehr pflanzenverfügbar. Im Rahmen dieser Feldversuche sollte getestet

werden, ob mit einer einmaligen Gabe im Frühjahr mithilfe von umhüllten Langzeitdüngern eine zeitweise Unterversorgung von Hopfen mit Stickstoff verhindert und der Ertrag gesichert werden kann.

### Methodik:

Es wurden 2 Feldversuche auf jeweils leichten Standorten (lehmgiger Sand) in den Gemeinden Wolnzach und Geisenfeld mit der Sorte Herkules durchgeführt. Der Versuch wurde in Form eines Streifenversuchs mit 4 Versuchsvarianten und je 3 Wiederholungen angelegt. In der ersten Variante (A) wurde der ermittelte Düngebedarf von 180 kg N/ha praxisüblich gedrittelt und auf 3 Kalkammonsalpeter-Gaben (KAS) aufgeteilt (1. Gabe Mitte April, 2. Gabe Mitte Mai, 3. Gabe Mitte Juni). Die anderen Varianten erhielten als N-Dünger einen Langzeitdünger auf Harnstoffbasis (Handelsname: Agrocote 44-0-0 | 2-3 M), der laut Hersteller (ICL) den Stickstoff gleichmäßig über 2-3 Monate freisetzen sollte. Damit die Parzellen gleiche Bedingungen beim Austrieb haben, wurden die Langzeitdünger immer mit einer Teilmenge von 36 kg N/ha in Form von KAS vermengt (20 % von 180 kg N/ha). Entsprechend der nachfolgenden Tabelle wurden 3 Versuchsvarianten mit Verwendung des Langzeitdüngers angelegt. Variante B sollte zeigen, ob eine einmalige Gabe eines Langzeitdüngers den Hopfen bedarfsgerecht versorgen kann. Variante C sollte eine praxisnahe Variante darstellen, bei der die ersten beiden Gaben zu einer Gabe im April zusammengefasst wurden und anschließend der restliche Düngebedarf mithilfe von Fertigation (alternativ Hopfenputzen mit Nährstofflösung) als 3. Gabe appliziert wurde. Variante D sollte zeigen, ob mithilfe von Langzeitdüngern die Gesamtmenge des ausgebrachten Stickstoffs auf 80% reduziert werden kann und dabei der Ertrag nicht gemindert wird.

Tab. 9: *Versuchsvarianten des Düngeversuchs mit Langzeitdüngern differenziert nach Einzelgaben und applizierter Gesamtmenge an Stickstoff*

Var.	Variante	1. Gabe	2. Gabe	3. Gabe	Gesamt
A	3 x 60 N KAS	60 N	60 N	60 N	180 N
B	36 N KAS, 144 N Langzeit	180 N			180 N
C	36 N KAS, 84 N Langzeit, 60 N Fert	120 N		60 N	180 N
D	36 N Kas, 108 N Langzeit	144 N			144 N

Das Jahr 2024 war von ergiebigen Niederschlägen zum Zeitraum der Stickstoffaufnahme von Hopfen geprägt. Starke Niederschläge im Zeitraum Ende Mai und Anfang Juni konnten teilweise nicht mehr von den Böden aufgenommen werden. Die Monatsniederschläge an der Wetterstation Stadelhof, die sich in der Nähe beider Versuchsstandorte befindet, waren wie folgt: Mai: 139 mm, Juni: 118 mm, Juli: 69 mm

Die Versuchsernte erfolgte am Hopfenforschungszentrum in Hüll. Je Variante wurde aus jeder der 3 Wiederholungen je 30 Reben bzw. 15 Pflanzen und somit insgesamt 90 Reben beerntet.

### Ergebnisse:

Die Ernteergebnisse am Standort Geisenfeld sind in nachfolgender Abbildung dargestellt: Die Variante A und Variante C, bei denen die Düngegaben jeweils auf 3 bzw. 2 Gaben verteilt appliziert wurden, lieferten höhere Erträge als die Varianten B und Variante D, bei denen die auszubringende N-Menge in Form von Langzeitdüngern nur zur ersten Gabe ausgebracht wurde.



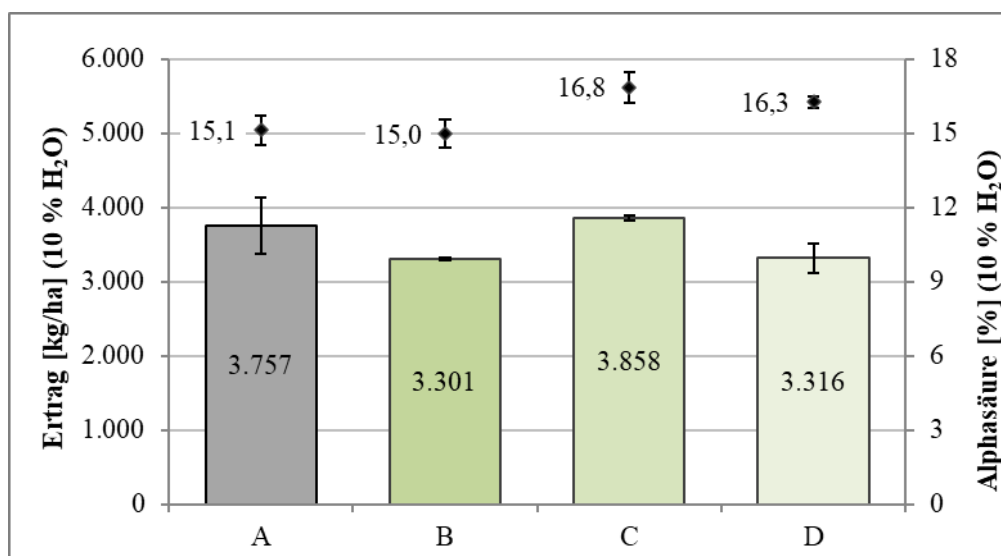


Abb. 11: Doldenertrag in kg/ha und Alphasäuregehalt in % in Abhängigkeit der Düngevariante, Sorte Herkules, lehmiger Sand, Standort Geisenfeld, 2024

Diese Ergebnisse konnten am zweiten Standort in der Gemeinde Wolnzach nicht bestätigt werden. Hier wiederum wiesen die Varianten, bei denen Langzeitdünger verwendet wurden (Variante B, C und D) höhere Erträge auf als Variante A, bei der 3 Teilgaben in Form von KAS appliziert wurden (Abb. 12). Die angestellten Untersuchungen lassen keine Rückschlüsse auf eine Auswirkung der Düngung auf den Alphasäuregehalt zu.

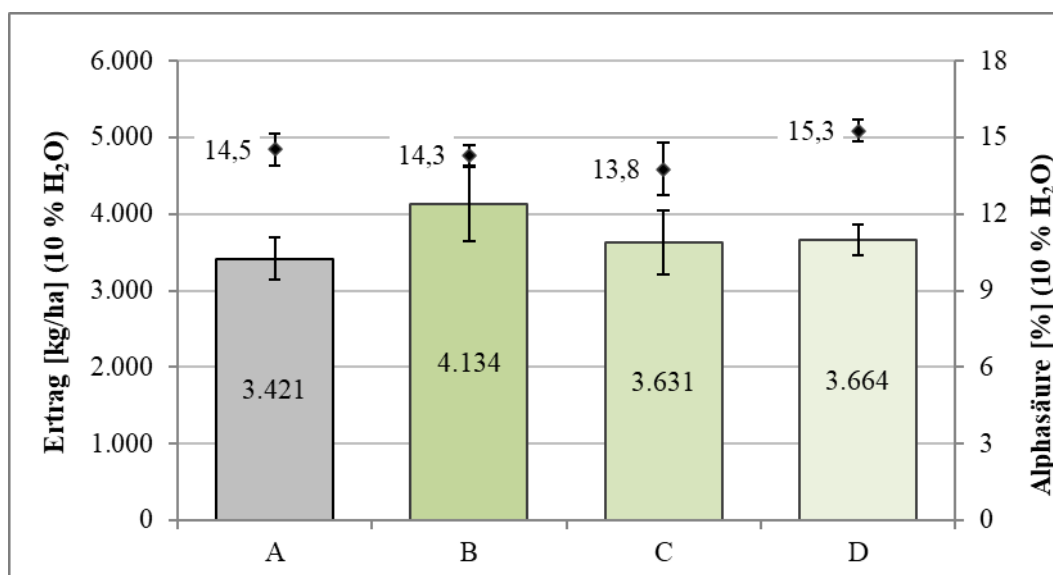


Abb. 12: Doldenertrag in kg/ha und Alphasäuregehalt in % in Abhängigkeit der Düngevariante, Sorte Herkules, lehmiger Sand, Standort Wolnzach, 2024

Die Unterschiede zwischen den Standorten können darin begründet liegen, dass die Versuchsfläche in der Nähe von Geisenfeld aufgrund des Hochwasserereignis an der Ilm Anfang Juni 2024 einige Tage unter Wasser stand. Demzufolge lassen die Ergebnisse in diesem Jahr keine eindeutigen Rückschlüsse auf die Wirkung von Langzeitdüngern im Vergleich zu herkömmlichen Stickstoffdüngern zu. Die Testung der Langzeitdünger soll jedoch im Jahr 2025 im Rahmen einer Abschlussarbeit weiter untersucht werden.

### 4.3 Nährstoffentzüge der wichtigsten Hopfensorten

#### Hintergrund

Im Rahmen von verschiedenen Forschungsprojekten, die zwischen 2017 und 2020 von der Arbeitsgruppe „Hopfenbau und Produktionstechnik“ bearbeitet wurden, wurden jährlich eine Vielzahl von Parzellen verschiedener Versuche in Hüll exakt beerntet. Bei der Versuchsernte in Hüll wurde nicht nur der Doldenertrag je Hektar und der Alphasäuregehalt bestimmt, sondern auch die Frisch- und Trockenmasse von Dolden und Rebenhäckseln sowie deren N-Gehalt in der Trockenmasse über die Entnahme von repräsentativen Proben. Des Weiteren wurden in der Ernte 2021 alle Dolden- und Rebenhäckselpflanzen von Parzellen, die mit bedarfsgerechten Nährstoffmengen gedüngt wurden, auf weitere Makro- und Mikronährstoffe untersucht, um Erkenntnisse über die Nährstoffentzüge der aktuell wichtigsten Hopfensorten zu erlangen.

#### Methodik

Die Untersuchungen umfassten Dolden- und Rebenhäckselpflanzen von 128 Versuchspartikeln, die in den Jahren 2017, 2018, 2019 und 2020 in Hüll beerntet wurden. Die Proben stammten von 12 verschiedenen Standorten in der zentralen Hallertau mit 3 verschiedenen Sorten (Herkules, Perle, Hallertauer Tradition). Nachfolgend soll lediglich auf die Sorten Herkules und Perle eingegangen werden, da der Großteil der Untersuchungen bei diesen beiden Sorten durchgeführt wurde.

Bei der Versuchsernte wurde der Frisch- und Trockenmasse-Ertrag der Dolden und Rebenhäckseln ermittelt. Gleichzeitig wurden Doldenproben vom Absackerband und Rebenhäckselpflanzen vom Abfallband zur Bestimmung des TS-Gehalts, des Nährstoff-Gehalts und des Alphasäuregehalts entnommen. Die Proben wurden zunächst nass eingewogen und anschließend bei 60°C bis zu einer Restfeuchte von ca. 10 % getrocknet und zurückgewogen. Für die Nährstoffgehaltsuntersuchung wurden die Rebenhäckselpflanzen vom Draht separiert, dann grob mit einer Hammermühle und anschließend fein mit einer Zentrifugalmühle (Sieb: 0,5 mm) vermahlen. Die Doldenproben mussten lediglich einmal vermahlen werden. Zum Zeitpunkt der Nährstoffuntersuchung im Labor wurde die Restfeuchte bei 105 °C bestimmt und die Untersuchungsergebnisse um den Wassergehalt korrigiert. Diese Vorgehensweise ermöglicht die Ermittlung exakter Entzugszahlen für sämtliche Nährstoffe sowohl in den Dolden als auch in den Rebenhäckseln.

Die gesamte Methodik bei der Versuchsernte von Düngeversuchen in Hüll wurde im Rahmen der Dissertation „Bedarfsgerechte Stickstoffernährung von Hopfen durch Düngesysteme mit Fertigation“ (Stampfl 2021) ausführlich beschrieben.

Die in Summe 258 Proben wurden mit folgenden Methoden auf die jeweiligen Nährstoffgehalte in der Trockenmasse untersucht:

- Dumas nach VDLUFA Methodenbuch:
  - Schwefel
  - Stickstoff
  - Kohlenstoff
- ICP OES (Optische Emissionsspektrometrie):
  - Calcium
  - Kalium
  - Natrium

- Magnesium
- Phosphor
- Cobalt
- Kupfer
- Eisen
- Mangan
- Molybdän
- Nickel
- Aluminium
- Zink
- Bor

### Ergebnisse:

Die Untersuchungsergebnisse zeigen die unterschiedlichen Makronährstoffentzüge nach Sorten gegliedert in Dolden- und Restpflanzenentzug (Abb. 13). Die mengenmäßig wichtigsten Hauptnährstoffe sind Calcium, gefolgt von Kalium und Stickstoff, anschließend Magnesium, Phosphor und zuletzt Schwefel. Die Nährstoffentzüge steigen mit steigendem Ertrag an.

Die verschiedenen Nährstoffe weisen unterschiedliche Verhältnisse in der Pflanze auf. Während beim Phosphor mehr als die Hälfte des aufgenommenen Nährstoffs in den Dolden enthalten ist, so wird etwa beim Magnesium und beim Calcium der größere Anteil in der Restpflanze gebunden. Bei den Nährstoffen Stickstoff, Kalium und Schwefel ist das Verhältnis zwischen Restpflanzen- und Doldenentzug relativ ausgeglichen. Betrachtet man Einzelergebnisse, so nimmt der Anteil des aufgenommenen Stickstoffs und Kalium bei steigendem Ertrag in den Dolden verhältnismäßig stärker zu als in der Restpflanze.

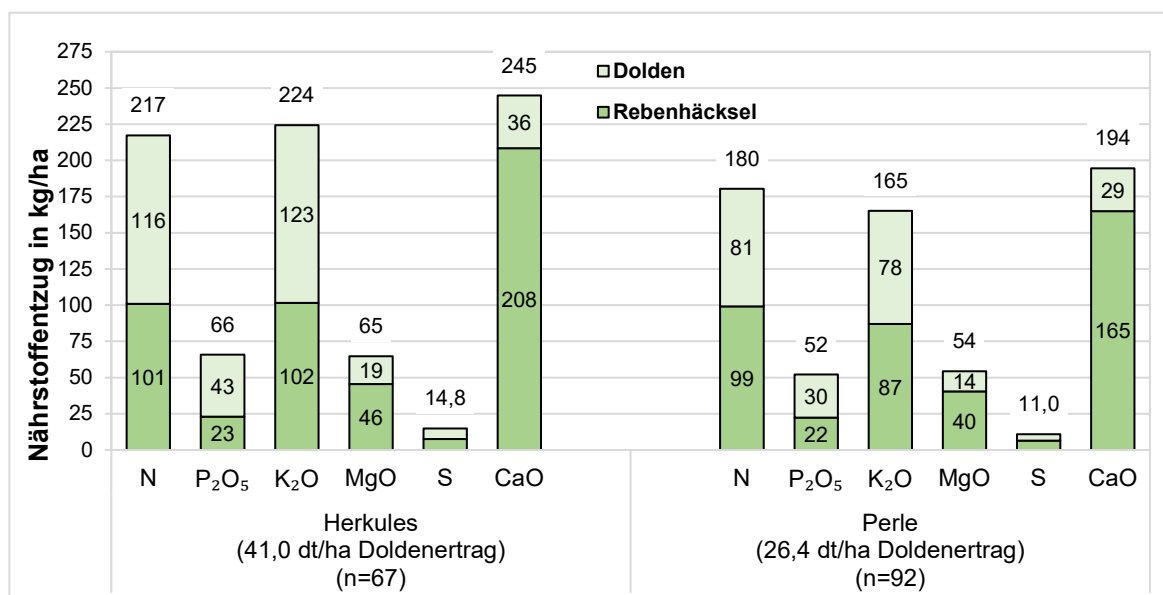


Abb. 13: Makronährstoffentzüge der Sorten Herkules (n=67) und Perle (n=92) gegliedert in Entzug der Dolden und Entzug der Restpflanze in **kg/ha** (Stickstoff, Phosphat, Kaliumoxid, Magnesiumoxid, Schwefel, Calciumoxid), Sortenmittelwerte aus bedarfsgerecht gedüngten Düngeversuchsvarianten von 2017-2020, 12 Standorte (leichte und mittelschwere Böden), Parzellenerträge ohne Vorgewende und Randeinflüsse

In den beiden nachfolgenden Grafiken sind die Entzüge der verschiedenen Mikronährstoffe in den Dolden und der Restpflanze abgebildet. Der mengenmäßig am stärksten von den Pflanzen aufgenommene Mikronährstoff dabei ist Eisen. Die in Abb. 15 abgebildeten Spurenelemente Molybdän, Cobalt und Nickel werden nur in sehr geringem Umfang vom Hopfen aufgenommen.

Abgesehen von Zink, Molybdän und Nickel wird der größere Teil der Spurenelemente in der Restpflanze und ein kleinerer Teil in den Dolden eingelagert. Bei den nach bisherigem Stand des Wissens für den Hopfen wichtigen Spurenelemente Zink und Bor konnten bei der Sorte Herkules im Mittel ein Entzug von 242g Zink und 305g Bor je Hektar festgestellt werden. Im Vergleich dazu lagen bei der Sorte Perle die Entzüge im Mittel etwas niedriger bei 185g Zink und 210g Bor je Hektar.

Beim Nährstoff Kupfer war der Schwankungsbereich der Einzelergebnisse relativ hoch. Deshalb ist davon auszugehen, dass bei den Untersuchungen anhaftende Kupfermengen von Pflanzenschutzbehandlungen miterfasst wurden. Es ist anzunehmen, dass die Kupferaufnahme der Pflanze aus dem Boden niedriger ausfällt, als den Abbildungen entnommen werden kann.

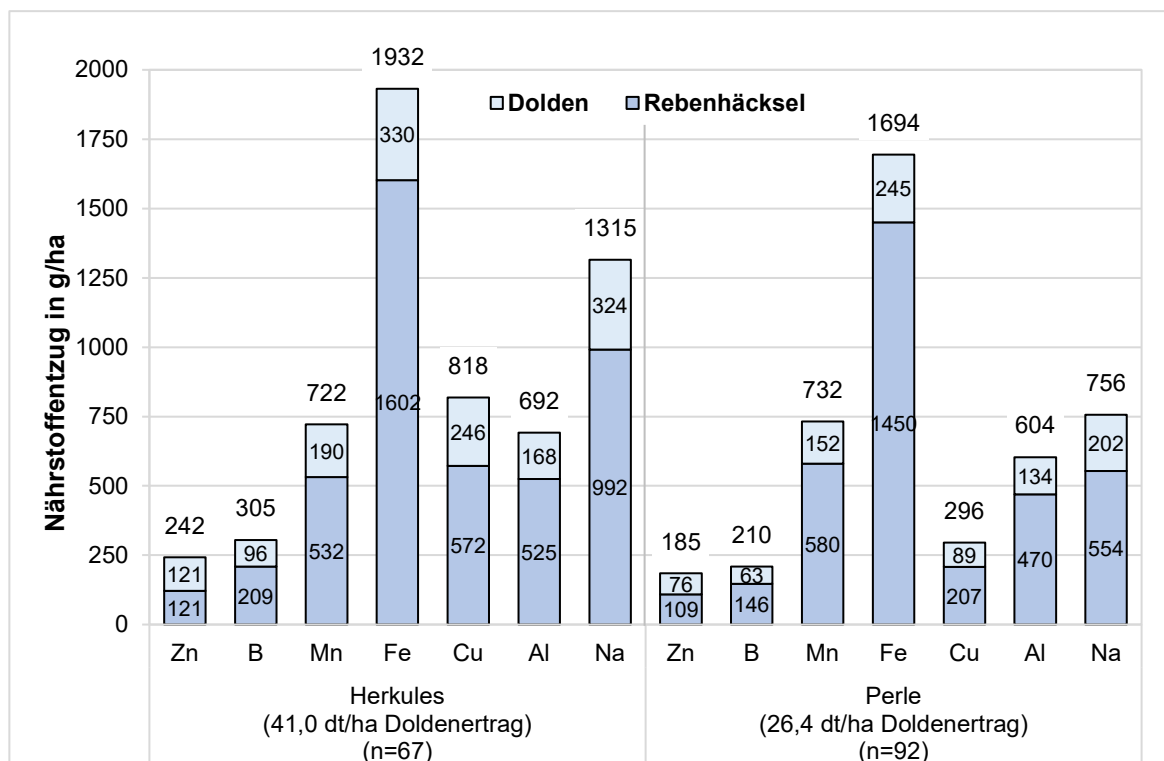


Abb. 14: Mikronährstoffentzüge der Sorten Herkules (n=67) und Perle (n=92) gegliedert in Entzug der Dolden und Entzug der Restpflanze in **g/ha** (Zink, Bor, Mangan, Eisen, Kupfer, Aluminium, Natrium), Sortenmittelwerte aus bedarfsgerecht gedüngten Düngeversuchsvarianten von 2017-2020, 12 Standorte (leichte und mittelschwere Böden) Parzellenerträge ohne Vorgewende und Randeinflüsse

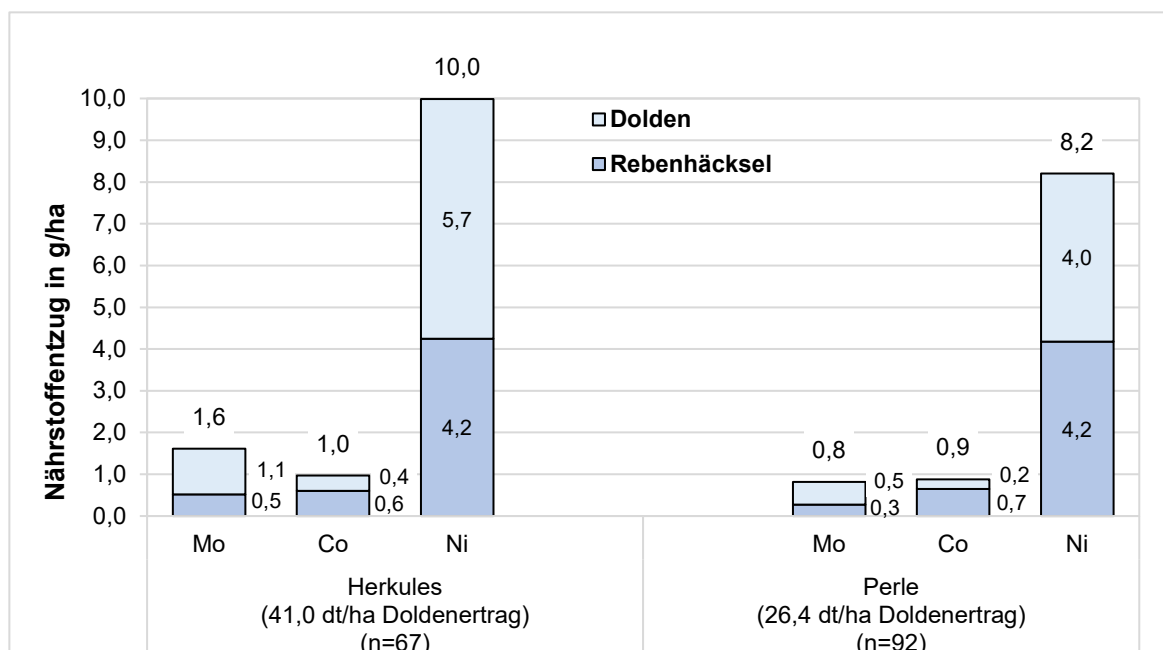


Abb. 15: Mikronährstoffentzüge der Sorten Herkules (n=67) und Perle (n=92) gegliedert in Entzug der Dolden und Entzug der Restpflanze in **g/ha** (Molybdän, Cobalt, Nickel), Sortenmittelwerte aus bedarfsgerecht gedüngten Düngeversuchsvarianten von 2017-2020, 12 Standorte (leichte und mittelschwere Böden) Parzellenerträge ohne Vorgewende und Randeinflüsse

Den nachfolgenden Tabellen sind sämtliche Nährstoffentzüge in Abhängigkeit des Doldenertrags im Mittel der untersuchten Sorten zu entnehmen.

Tab. 10: Mittlere Makro- und Mikronährstoffentzüge von Hopfen **in kg bzw. g je dt Doldenertrag** gegliedert in Dolden und Restpflanze, Mittelwerte aus bedarfsgerecht gedüngten Düngeversuchsvarianten von 2017-2020, 12 Standorte (leichte und mittelschwere Böden)

Makronährstoff	Nährstoffentzug in kg / dt Doldenertrag			Mikronährstoff	Nährstoffentzug in g / dt Doldenertrag		
	Dolden	Restpflanze	Gesamt		Dolden	Restpflanze	Gesamt
Stickstoff (N)	2,9	3,1	6,0	Zink (Zn)	2,97	3,60	6,57
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,1	0,7	1,8	Bor (B)	2,44	5,56	8,00
Kalium (K <sub>2</sub> O)	3,0	2,9	5,9	Mangan (Mn)	5,13	16,8	22,0
Magnesium (MgO)	0,5	1,3	1,8	Eisen (Fe)	8,95	48,7	57,6
Schwefel (S)	0,2	0,2	0,4	Kupfer (Cu)	4,79	11,1	15,9
Calcium (CaO)	1,0	5,6	6,6	Aluminium (Al)	4,79	15,8	20,6
Kohlenstoff (C)	47,8	72,5	120,3	Natrium (Na)	7,91	23,3	31,2
				Molybdän (Mo)	0,03	0,01	0,04
				Cobalt (Co)	0,01	0,02	0,03
				Nickel (Ni)	0,15	0,13	0,28

### Vergleich mit aktuellen Empfehlungen:

Die letzte umfangreiche Anpassung der Nährstoffentzüge von Hopfen wurde 2007 durchgeführt und basiert auf Untersuchungsreihen um die Jahrtausendwende. Vergleicht man diese Daten mit neu gewonnenen Erkenntnissen, muss berücksichtigt werden, dass sich das Sortenspektrum und die Ertragserwartung von Hopfen in deutschen Anbaugebieten in den letzten beiden Jahrzehnten stark gewandelt hat. Die Anpassungen von 2007 orientierten sich hauptsächlich an den Entzugszahlen der zu diesem Zeitpunkt wichtigen Hopfensorten Hallertauer Magnum, Spalter Select und Hallertauer Tradition und berücksichtigten auch die alten Landsorten wie Tettninger. Seitdem hat sich das Sortenspektrum hin zu ertragsstarken

und agronomisch sehr effizienten Sorten gewandelt und die damals noch nicht im Anbau befindliche Sorte Herkules hat aktuell die höchste Anbaubedeutung eingenommen. Die Sorten Perle und Hallertauer Tradition bilden den zweit- bzw. drittgrößten Flächenanteil in Deutschland ab. Dementsprechend sind die Durchschnittserträge nicht nur in der Praxis, sondern auch in den aktuellen Untersuchungen deutlich angestiegen. In nachfolgender Tabelle können die Nährstoffentzüge in kg/dt Doldenertrag der neueren Untersuchungen (2017-2021) mit den aktuell gültigen Nährstoffentzügen (alte Untersuchungsreihen) verglichen werden.

Tab. 11: Hauptnährstoffentzüge von Hopfen in kg je dt Doldenertrag gegliedert in Dolden und Restpflanze aus verschiedenen Untersuchungsreihen

Untersuchungen von 2017-2021				Aktuell gültige Nährstoffentzüge			
Nährstoff	Nährstoffentzug in kg / dt Doldenertrag			Nährstoff	Nährstoffentzug in kg / dt Doldenertrag		
	Dolden	Restpflanze	Gesamt		Dolden	Restpflanze	Gesamt
Stickstoff (N)	2,9	3,1	6,0	Stickstoff (N)	3,0	4,8	7,8
Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,1	0,7	1,8	Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,0	1,0	2,0
Kalium (K <sub>2</sub> O)	3,0	2,9	5,9	Kalium (K <sub>2</sub> O)	2,6	4,7	7,3
Magnesium (MgO)	0,5	1,3	1,8	Magnesium (MgO)	0,5	1,7	2,2
Calcium (CaO)	1,0	5,6	6,6	Calcium (CaO)	1,0	9,0	10,0

Im Vergleich der beiden Untersuchungsreihen fällt auf, dass im Nährstoffentzug der Dolden kaum Unterschiede festzustellen sind, in der Restpflanze jedoch die Nährstoffentzüge je dt Doldenertrag in der linken Tabelle (neuere Untersuchungen) tendenziell niedriger sind. Die Entwicklung ist auf das veränderte Sortenspektrum zurückzuführen. Es ist bekannt, dass neue Zuchtsorten wie Herkules ein wesentlich günstigeres Dolden-Restpflanze-Verhältnis der gebildeten Trockenmasse aufweisen. Das bedeutet, dass bei gleichem Doldenertrag weniger Restpflanzenmasse notwendig ist, um diesen zu bilden. Dementsprechend zeigen die Ergebnisse, dass ebenso wie die gebildete Trockenmasse der Restpflanze auch die darin enthaltenen Nährstoffmengen im Verhältnis geringer ausfallen.

Für den Nährstoff Schwefel wurden bisher ein durchschnittlicher Entzug von 12 kg/ha bei einem mittleren Ertrag angenommen. Diese Daten decken sich mit den gewonnenen Ergebnissen, bei denen im Mittel der Sorten Herkules und Perle ein Entzug von 13 kg/ha festgestellt wurde.

Da Hopfen relativ empfindlich auf einen Mangel an Zink und Bor reagiert, wird diesen beiden Spurenelementen eine besondere Bedeutung zugemessen. Betrachtet man die tatsächlich gemessenen Entzugszahlen, liegen diese von Zink bei 211 g/ha und von Bor bei 257 g/ha. Die Düngeempfehlung liegt aktuell bei mittlerer Gehaltsstufe bei Zink (1,4-2,0 kg/ha) deutlich, bei Bor (300 g/ha) nur geringfügig über den jeweiligen Nährstoffentzügen. Wenn Rebenhäcksel auf Hopfenflächen ausgebracht werden, muss berücksichtigt werden, dass sich der Bedarf beider Nährstoffe um mehr als die Hälfte reduziert. Eine Aktualisierung dieser Empfehlungen wäre somit sinnvoll.

#### Ausblick:

Die umfangreichen Untersuchungen liefern interessante neue Erkenntnisse und zeigen auf, dass bei einem geänderten Sortenspektrum insbesondere durch den Einzug von neuen nährstoffeffizienten Zuchtsorten wie z.B. Herkules die Entzugszahlen und Beratungsempfehlungen immer wieder angepasst werden müssen. Abweichungen vom bisherigen Stand des Wissens sollten deshalb in die aktuellen Beratungsempfehlungen eingearbeitet werden. Dazu müssen auch die Basisdaten für die Düngung von Hopfen, die die Grundlage für alle Berechnungen der Düngegesetzgebung abbilden, im Zuge der Umsetzung neuer Vorgaben

der Düngeverordnung aktualisiert werden. Hierfür konnte eine ausreichend breite Datengrundlage, vor allem für den Nährstoff Stickstoff und Phosphor im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen geschaffen werden.

#### **4.4 Effekte unterschiedlicher Stickstoffdüngestufen auf Ertrag und Biomasse von Hopfen mithilfe von Fertigation**

**Bearbeitung:** F. Weiß (Masterarbeit)

A. Schlagenhauer; S. Fuss; Dr. J. Stampfl

**Laufzeit:** 01.05.2020 – 31.12.2020

##### **Hintergrund und Ziel der Arbeit**

Stickstoff als wichtigster Makronährstoff unterliegt aufgrund möglicher negativer Umweltaspekte wie z.B. der Auswaschung von Nitrat ins Grundwasser oder als Bestandteil klimarelevanter Treibhausgase strengen gesetzlichen Rahmenbedingungen im Bereich der Düngung. Um die Hopfenpflanze so effizient wie möglich zu versorgen, muss der Dünger zum Zeitpunkt der Aufnahme in der richtigen Menge vorliegen. Überschüssige Mengen sind dabei verlustgefährdet, ein Fehlbetrag führt jedoch zu reduzierten Erträgen.

Die Fertigation, als Form der Düngung über das Bewässerungswasser, wurde bereits im vorangegangenen Forschungsprojekt „Verbesserung der Nährstoffeffizienz im Hopfen durch Düngesysteme mit Fertigation“ als äußerst effiziente und ertragssteigernde Form der N-Düngung identifiziert. Im Rahmen dieser darauffolgenden Abschlussarbeit wurde die Fertigation in möglichst praxisnahe Düngesysteme integriert und verschiedene N-Düngestufen angelegt, um optimierte Düngesysteme für die Praxis ableiten zu können.

##### **Methodik**

Als Versuchsstandorte wurden drei möglichst homogene Hopfengärten von zwei Praxisbetrieben ausgewählt. Diese übernahmen außer der Düngung alle anfallenden Arbeiten. Zwei Standorte mit sandigem bzw. lehmigem Boden waren mit der Sorte Perle bepflanzt. Am dritten Standort mit einem lehmigen Boden stand die Hopfensorte Herkules.

Die Bewässerung und Fertigation erfolgte mittels auf dem Bifang platziertem Tropfschlauch. Die ersten zwei Düngergaben wurden praxisüblich gestreut. Aus arbeitswirtschaftlicher Sicht ist Fertigation bei oberirdischer Bewässerung frühestens Anfang Juni möglich. Der restliche N-Düngebedarf konnte demnach über die Fertigation ausgebracht werden. Die Verteilung und die jeweiligen Düngermengen sind in Abb. 16 erkennbar. Die Verteilung der fertigierte Düngermengen sowie die Zeitpunkte ergaben sich aus Erkenntnissen des vorausgegangenen Forschungsprojektes. Die N-Aufnahme der Hopfenpflanze korreliert mit der Biomassebildung, wobei die Zeitpunkte und Mengen der fertigierte Düngergaben entsprechend des Stickstoffaufnahmeverlaufs von Hopfen gewählt wurden (Variante B, C und D). Des Weiteren wurde eine Variante mit wöchentlich konstanten fertigierte N-Mengen als Vergleich angelegt (Variante E). Auf eine Null-Kontrolle wurde verzichtet. Anstelle dessen wurde eine niedrig gedüngte Referenzvariante mit lediglich den gestreuten Gaben angelegt (Variante A). Alle Varianten wurden 4-fach wiederholt randomisiert im Feld angelegt.

Variante	Monat KW	April			Mai					Juni				Juli				August					Gesamt [kg N/ha]	Fertigation [kg N/ha]		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34			35	
A	90kg N				50					40															90	0
B	90kg N + 50kg N Fert.				50					40		4	8	13	13	8	4								140	50
C	90kg N + 90kg N Fert.				50					40		8	15	23	23	15	8								180	90
D	90kg N + 130kg N Fert.				50					40		11	22	33	33	22	11								220	130
E	90kg N + 90kg N Fert. Konst.				50					40		15	15	15	15	15	15								180	90

Abb. 16: Übersicht über die Varianten mit entsprechender Düngermenge sowie Zeitpunkt der Ausbringung. Die ersten beiden Düngergaben erfolgten in granulierter Form, die grün markierten Düngergaben wurden wöchentlich über Fertigation appliziert

Um die Bewässerung möglichst effizient steuern zu können, wurde an allen Standorten Water-Mark-Sensoren zur Messung der Bodenfeuchte installiert. Die Bewässerung wurde anhand der Messwerte sowie der Wettervorhersage gesteuert. Zusätzlich wurde zur Zeit der größten Biomassebildung von Mitte Juni bis Ende Juli der aktuelle Status der N-Versorgung der Pflanzen mittels eines SPAD-Meters quantifiziert.

Beerntet wurden je Parzelle jeweils 20 Reben von 10 Pflanzen, bei denen alle drei Triebe die volle Gerüsthöhe erreicht haben. Dementsprechend wurden je Variante 4 x 20 Reben beerntet. Die Ernte erfolgte mittels üblicher Technik maschinell. Nach der Ernte wurden zudem Proben von den mehrjährigen Speicherwurzeln genommen, um mögliche Unterschiede in den N-Gehalten aufzudecken. Unterschiede in den N-Gehalten der Speicherwurzeln lassen Rückschlüsse auf die eingelagerten Reservestoffe, die für einen gesunden Austrieb im nächsten Jahr notwendig sind, zu.

Die Analyse des Alphasäuregehaltes erfolgte intern an der LfL nach der EBC 7.2 Methode. Die Untersuchungen des N-Gehalts von Rebenhäckseln und Dolden sowie Wurzeln erfolgte in einem externen Labor mittels Verbrennungsmethode nach Dumas.

Im Frühjahr sowie im Herbst wurden parzellenscharf  $N_{\min}$ -Proben gezogen. Die Probenahme erfolgte in 3 Tiefen (0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm) nach dem LfL-Standard zur Probenahme bei Hopfen mittels Anbaugerät.

## Ergebnisse

Durch die Fertigation stieg der Ertrag im Vergleich zur bewässerten Referenzvariante (90 kg N aus der ersten und zweiten Düngergabe). Die jeweils mit unterschiedlichen Mengen fertigierte Varianten lieferten bei einer Erhöhung der N-Menge tendenziell höhere Erträge (Abb. 17). Diese Ertragssteigerung war jedoch statistisch nicht absicherbar. Die Alphasäure-Gehalte waren von der Düngung nur schwach beeinflusst. Ein statistischer Unterschied wurde auch hier nicht festgestellt. Diese Beobachtungen ergaben sich bei beiden untersuchten Hopfensorten an allen Standorten.



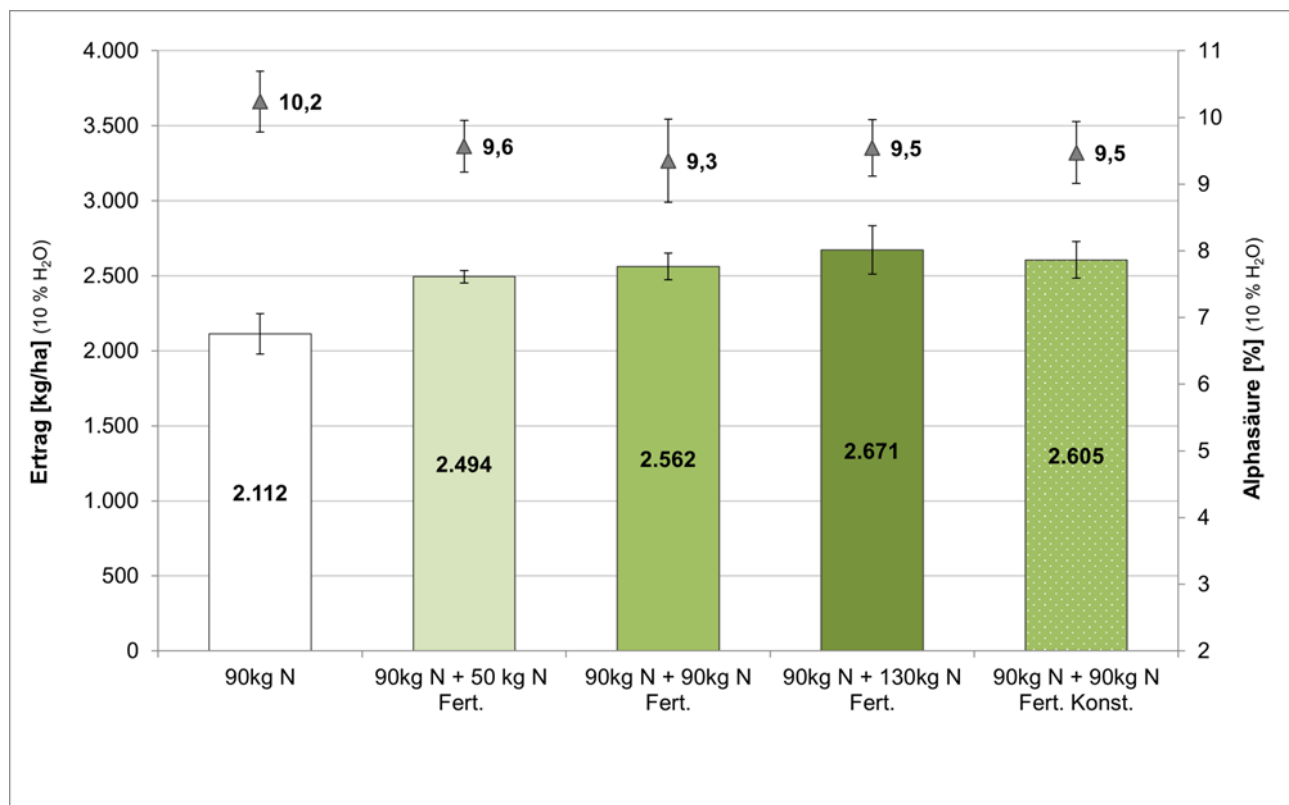


Abb. 17: Doldenertrag und Alphasäure-Gehalt in Abhängigkeit der N-Düngung, Sorte Perle, sandiger Lehm, 2020

Mit steigender Gesamtdüngermenge steigt der jeweilige N-Entzug für die gesamte Pflanze. Die Zunahme findet dabei vor allem im Bereich des Rebenhäcksels statt, welcher von knapp 70 kg N ha<sup>-1</sup> auf bis über 100 kg N ha<sup>-1</sup> ansteigt (Abb. 18). Die N-Aufnahme der Dolden bleibt hingegen bei den Varianten mit Fertigation auf einem Niveau von 70 bis 80 kg N ha<sup>-1</sup>. Analog zum Ertrag sind auch diese Ergebnisse auf beide Sorten sowie Standorte übertragbar.

Die erhöhte N-Aufnahme durch die gesteigerte Düngung führte auch zu einer erhöhten TM-Bildung, vor allem beim Rebenhäcksel. Diese vermehrt gebildete Biomasse der Hopfenpflanze hatte jedoch keine signifikanten Ertragsauswirkungen. In den höher gedüngten Varianten der für Echten Mehltau (*Podospheara macularis*) stark anfälligen Sorte Herkules waren jedoch vermehrt kranke Dolden zu finden.

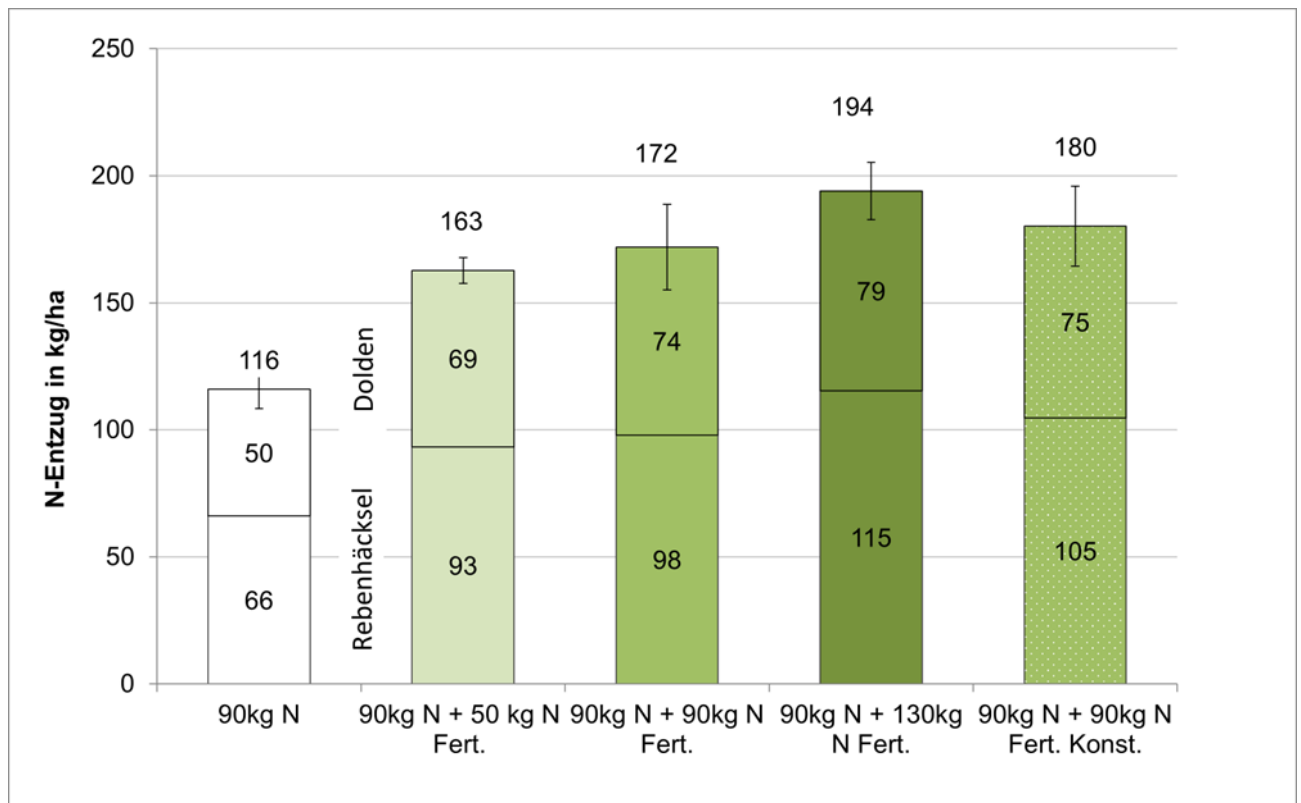


Abb. 18: N-Entzug von Dolden und Rebenhäcksels der Sorte Perle bei unterschiedlicher Düngung mittels Fertigation, sandiger Lehm, 2020

Der N-Gehalt in den Wurzeln war bei den Varianten mit Fertigation auf einem ähnlichen Niveau von 2 % und ca. 0,5 % höher als bei der Referenz-Variante mit lediglich 90 kg N/ha. Der N-Gehalt der Wurzeln bei der Sorte Perle war höher als bei der Sorte Herkules. Statistisch war keine Unterscheidung der einzelnen Varianten möglich.

Die  $N_{\min}$ -Werte waren standort- bzw. bodenart-abhängig stark unterschiedlich. Absolute Aussagen können aufgrund des einjährigen Versuchs nicht getroffen werden. Tendenziell liegt der Nach-Ernte  $N_{\min}$  bei den Varianten mit insgesamt  $>180$  kg N ha<sup>-1</sup> bei der Sorte Perle bzw. 220 kg N ha<sup>-1</sup> bei der Sorte Herkules höher als in den niedrig gedüngten Varianten bzw. der Referenz. Die höchsten  $N_{\min}$ -Gehalte waren im Bereich von 0-30 cm zu finden, die niedrigsten im Bereich von 60-90 cm.

#### 4.5 Forschungsprojekt zur Entwicklung eines neuen für regenerative Energiequellen optimierten Trocknungsverfahrens für Hopfen

<b>Kostenträger:</b>	Erzeugerorganisation HVG
<b>Projektleitung:</b>	LD J. Portner, IPZ 5a, Wolnzach
<b>Bearbeitung:</b>	LR J. Münsterer, IPZ 5a, Wolnzach
<b>Kooperation:</b>	Christian Euringer GmbH
<b>Laufzeit:</b>	01.04.2024 - 31.12.2026

## Ausgangssituation und Zielsetzung

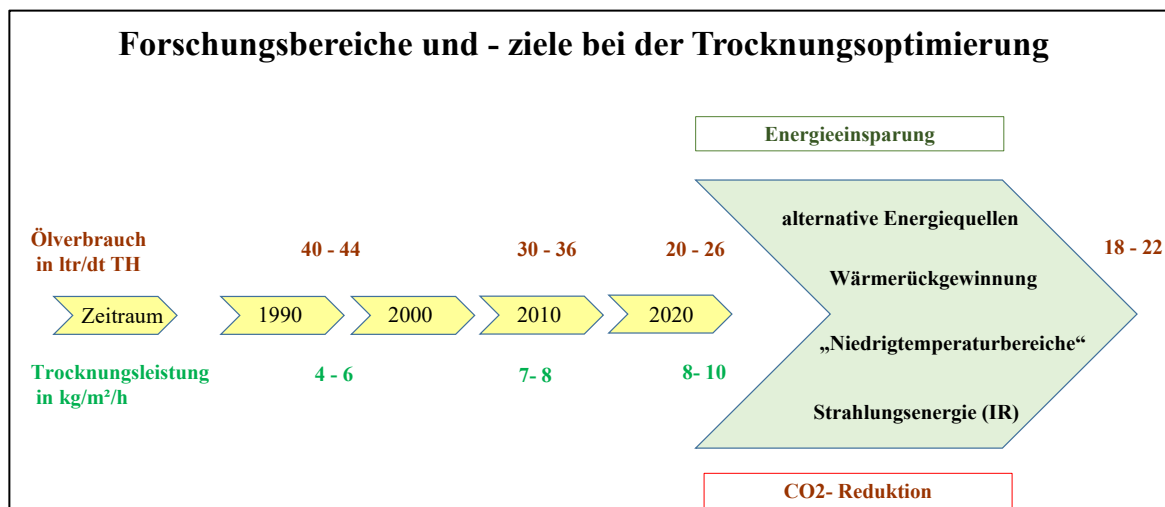


Abb. 19: Forschungsbereiche und -ziele bei der Hopfentrocknung

In den letzten Jahren ist es gelungen bei bestehenden Trocknungsanlagen den Energieverbrauch nahezu zu halbieren und die Trocknungsleistung signifikant zu steigern. Erreicht wurde dies durch Erforschung der optimalen Trocknungsparametern aus Luftgeschwindigkeit, Schütthöhe und Trocknungstemperatur. Das Grundwissen konnte auf bestehende Trocknungsanlagen mit Hilfe neu entwickelten Messtechniken übertragen werden. Diese Optimierung setzte beim bestehenden Trocknungsverfahren eine Anlagendimensionierung auf Basis fossiler Brennstoffe voraus.

Die aktuelle Forderung der Hopfen- und Brauwirtschaft nach Ersatz fossiler Brennstoffe durch regenerative Energiequellen kann nur durch ein neuartiges adaptives Hopfentrocknungsverfahrens bewerkstelligt werden. Hierfür bedarf es der Neuentwicklung eines speziellen Verfahrens mit reduzierter Leistungsaufnahme durch eine Absenkung des Temperaturniveaus und eine kontrollierte Energie Zu- und abfuhr.

### Beschreibung des Forschungsprojektes

Mit einem speziell konstruierten Versuchstrockner soll es erstmalig bei der Hopfentrocknung möglich sein, zu jedem Trocknungszeitpunkt exakt definierte Luftverhältnisse für die Konvektionstrocknung bereit zu stellen. Dabei werden die signifikanten Einflussfaktoren wie Enthalpie, Wassergehalt, Trocknungstemperatur, Wasserdampfpartialdruck usw. auf eine besonders energieeffiziente und produktschonende Hopfentrocknung angepasst.

Dieser Prototyp wird so gebaut, dass unter praxisähnlichen Bedingungen Hopfen getrocknet werden kann. Mittels einer angepassten Luftführung sowie einer speziell aufbereiteten Trocknungsluft soll dabei die Trocknungstemperatur unter Vermeidung von Kondensation deutlich verringert werden.

Mit dem neuen Trocknungssystem wird es im Gegensatz zu allen konventionellen Trocknungsanlagen möglich, die speziell aufbereitete Trocknungsluft gezielt und gleichmäßig auf die gesamte Trocknungsfläche in allen Lagen wirken zu lassen. Somit wird eine Abtrocknung unter Laborbedingungen während des gesamten Trocknungsprozesses möglich und reproduzierbar. Unkontrollierte Luftströmungen durch mehrere Lagen hindurch bzw. innerhalb einer Trocknungsebene werden bei diesem neuen Verfahren vermieden.

Durch den gezielten Einsatz latenter Wärme (Wasserdampf im System) kann der Energiegehalt der Trocknungsluft bei gleichbleibender Trocknungstemperatur angehoben werden.

Dies bewirkt einen schnelleren Anstieg der Doldentemperatur und somit eine Beschleunigung des Trocknungsverlaufes.

Für diesen Zweck muss zusätzlich eine geeignete Mischluftvorrichtung für die entsprechende Zusammensetzung der Trocknungsluft und die Rückführung der Abwärme aus dem Trocknungsprozess entwickelt werden. Das niedrigere Temperaturniveau bei diesem neuen Trocknungsverfahren benötigt einen geringeren Bedarf an Primärenergie, sodass der Gesamtwärmebedarf künftig überwiegend bzw. vollständig mit regenerativen Energiequellen abgedeckt werden kann.

Damit auch elektrische Energie, z.B. in Form von PV-Strom genutzt werden kann, soll auch diese Energieform möglichst effizient in den Trocknungsprozess integriert werden. Dazu bietet sich eine Wärmeübertragung in Form von direkter Wärmebestrahlung an. Die Praxisrelevanz dieser Energieform kann im Rahmen dieses Forschungsprojekts getestet werden.

Diese neuen Erkenntnisse bilden die Grundlage für eine zukünftig ressourcenschonende und wirtschaftliche Nutzung regenerativer Energiequellen bei Band- und Hordentrocknungsanlagen. Auf diese Weise kann der CO<sub>2</sub>-Footprint der Hopfenerzeugung weiter verbessert und ein großer Schritt in Richtung CO<sub>2</sub>-Neutralität des Hopfenbaubetriebes gemacht werden.

## 4.6 Modell- und Demonstrationsvorhaben Humusaufbau im Hopfenanbau

<b>Träger:</b>	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
<b>Finanzierung:</b>	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)
<b>Projektleitung und Koordination:</b>	J. Portner
<b>Regionalbetreuung:</b>	S. Arnold (Hopfenring e.V.)
<b>Wiss. Begleitung:</b>	Julius Kühn-Institut (fachliche Begleitung) Thünen-Institut (ökonomische Bewertung)
<b>Laufzeit:</b>	01.04.2024 - 31.03.2030

### Zielsetzung

Ziel des vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten Modell- und Demonstrationsvorhabens (MuD) ist es, innovative und langfristig wirkende agronomische Maßnahmen zum Humuserhalt und Humusaufbau in ausgewählten Hopfenbaubetrieben in ganz Deutschland umzusetzen und wissenschaftlich zu begleiten. Die Demonstrationsbetriebe haben dabei eine zentrale Funktion als Multiplikatoren und Lernorte, um erfolgreiche Maßnahmen in der Praxis zu verbreiten. Der Humuserhalt und -aufbau in Hopfenböden soll damit einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der terrestrischen Kohlenstoffsenke leisten.

### Hintergrund

Der Humus in landwirtschaftlichen Böden ist für das Bodenleben und die Bodenfruchtbarkeit, den Wasserhaushalt, die Nährstoffverfügbarkeit oder die Erosionsminderung von großer Bedeutung. Zusätzlich bindet der Humus im Boden große Mengen an Kohlenstoff. So ist der Boden der größte terrestrische Speicher für organischen Kohlenstoff. Das gilt auch für Deutschland, wo landwirtschaftlich genutzte Böden (Mineralböden und Moorböden)

rund 2,5 Milliarden Tonnen Kohlenstoff speichern. Ein Verlust von organischem Kohlenstoff (Corg) im Boden durch Mineralisierung geht einher mit der Emission von CO<sub>2</sub>. In landwirtschaftlich genutzten Böden kann dieser Verlust durch agronomische Maßnahmen, die für den Eintrag von organischer Substanz in den Boden sorgen oder den Abbau (Mineralisation) bremsen, verhindert werden und gegebenenfalls weiteres CO<sub>2</sub> gebunden werden. Dauerhafte Steigerungen des Humusgehalts sind nur über längere Zeiträume und in einem begrenzten Rahmen erzielbar.

### **Umsetzung des MuD Humusaufbau im Hopfenanbau**

In einem Interessenbekundungs- und Auswahlverfahren, das im Sommer 2024 von der Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik (IPZ 5a) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) zusammen mit dem Hopfenring e.V. durchgeführt wurde, konnten sich Hopfenbaubetriebe aus ganz Deutschland als sogenannte Modell- und Demonstrationbetriebe bewerben. Für das Vorhaben wurden insgesamt 10 Hopfenbaubetriebe gesucht. Die Auswahl erfolgte anhand der Angaben in einem Fragebogen, in dem z.B. Daten zum Betrieb, Boden, Bewirtschaftung und zur Motivation abgefragt wurden. Um eine repräsentative Verteilung über die deutschen Hopfenanbaugebiete sicherzustellen, wurden 6 Betriebe aus dem Hopfenanbaugebiet Hallertau, 1 Betrieb aus Spalt (beides Bayern), 2 Betriebe aus dem Gebiet Tettngang (Baden-Württemberg) und 1 Betrieb aus der Region Elbe-Saale (Sachsen) ausgewählt. Um den Status quo des Humusgehalts in den Betrieben zu erfassen, ist zunächst geplant, auf jeweils 3 Hopfenflächen je Betrieb im Herbst und Frühjahr 2024/25 ausführliche Bodenuntersuchungen durchzuführen, wobei anhand von Vergleichsparzellen, die weiterhin herkömmlich bewirtschaftet werden, der Erfolg der Maßnahmen kontrolliert werden kann. Neben der quantitativen Erfassung des Humusaufbaus in den Hopfengärten soll in dem Projekt auch die Wirtschaftlichkeit der getroffenen Maßnahmen abgeschätzt werden. Wissenschaftlich begleitet wird das MuD-Vorhaben vom Julius Kühn-Institut (JKI) und vom Thünen-Institut. Des Weiteren ist die Vernetzung mit anderen MuD-Humus-Vorhaben von anderen Kulturbereichen (z.B. Ackerbau, Wein-, Obst- oder Gemüseanbau) ein wichtiges Arbeitsziel. Die Projektdauer beträgt zunächst 6 Jahre und endet im Frühjahr 2030, wobei über eine Verlängerung am Ende des Projektzeitraums entschieden wird.

### **Maßnahmen**

Zu Projektbeginn führte die regionale Betreuung eine ausführliche Analyse der Betriebe zur Identifikation der individuellen Potenziale zum Humuserhalt und Humusaufbau durch und legte zusammen mit dem Betrieb die durchzuführenden Maßnahmen auf 3 Praxisflächen mit dazugehörigen Referenzflächen fest. Im Vordergrund standen hierbei Maßnahmen zum Zwischenfruchtanbau, zu reduzierter und schonender Bodenbearbeitung sowie zum Management der Hopfenernterückstände (Rebenhäcksel). Das Einbringen von flächen- und betriebsfremden Corg darf kein Schwerpunkt der Maßnahmen sein und ist nur in Ausnahmefällen möglich. Zur Beurteilung der Wirkung von humusfördernden Maßnahmen ist das Wissen über den Ist-Zustand der Böden hinsichtlich physikalischer, chemischer und biologischer Parameter von außerordentlicher Bedeutung. Für den Nachweis eines Humusaufbaus ist eine Bestimmung von Corg-Vorräten (Einheit kg/m<sup>2</sup> bzw. t/ha) notwendig, da der Corg-Gehalt allein keine quantitativen Aussagen ermöglicht. Dazu musste die Lagerungsdichte mithilfe von Stechzylindern an repräsentativen Stellen des Schlages ermittelt werden. Die Veränderung des Humusgehalts wird durch die wiederholte Untersuchung am Ende der Projektdauer evaluiert. Zudem wird jedes Jahr im Herbst und im Frühjahr der verfügbare Stickstoffgehalt im Boden (N<sub>min</sub>) analysiert. Wenn das MuD-Vorhaben dazu beiträgt, dass im Hopfenanbau vermehrt humusfördernde Maßnahmen umgesetzt werden, leisten die

deutschen Hopfenpflanzer einen weiteren Beitrag zur nachhaltigen Hopfenproduktion und zur Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz.

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2822HUM201 (LfL) und 2822HUM202 (HR).

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

Die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft lässt im Zeitraum von 2024-2028 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 2024 zusammengefasst.

##### **4.7.1 Monitoring und Untersuchung von Qualitätsdaten von Hopfen in Bezug auf den TS- und Alphasäuregehalt zur Bestimmung der optimalen Erntereife und zur Energieeinsparung bei der Hopfentrocknung**

In der Zeit vom 13.08. - 24.09.2024 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.

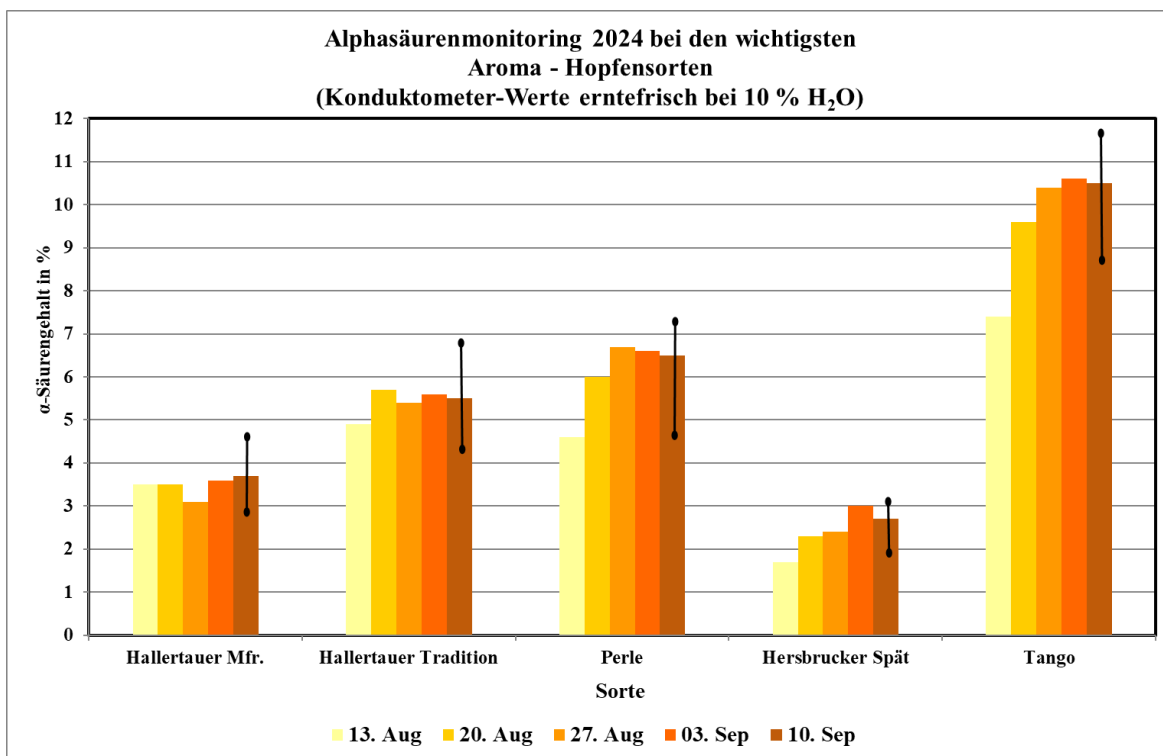


Abb. 20: Monitoring zur Entwicklung der Alphasäuregehalte 2024 bei den wichtigsten Aromasorten

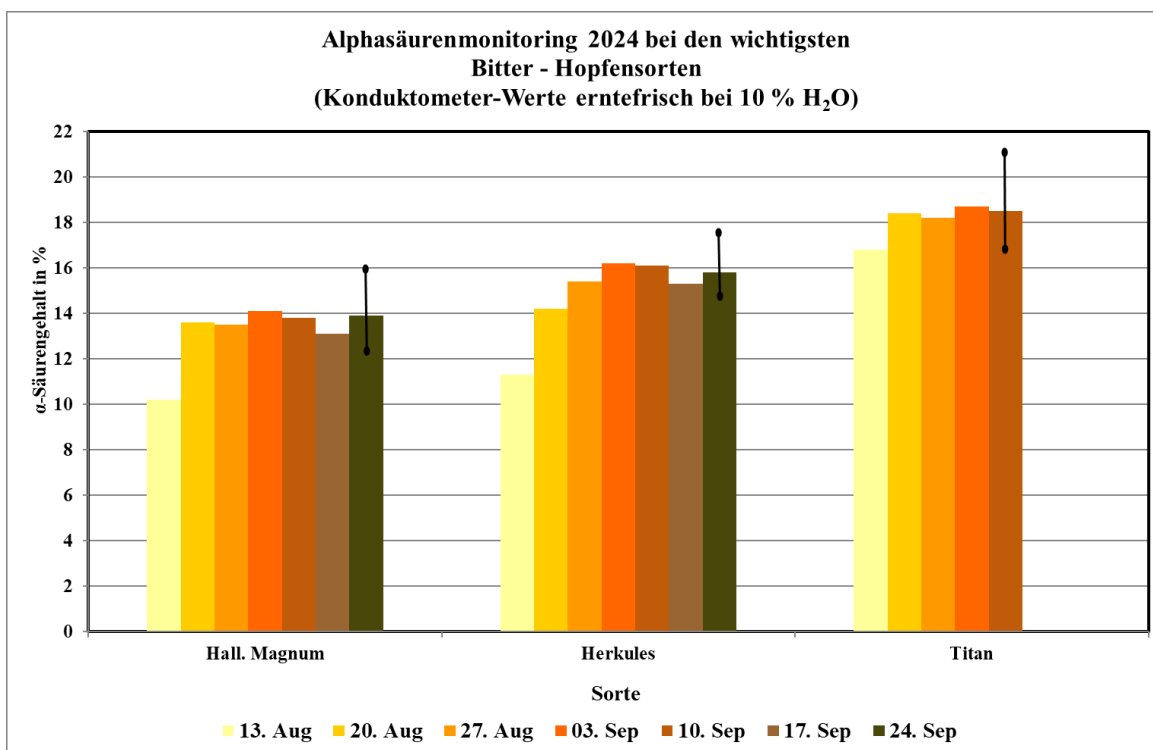


Abb. 21: Monitoring zur Entwicklung der Alphasäuregehalte 2024 bei den Hochalphasorten

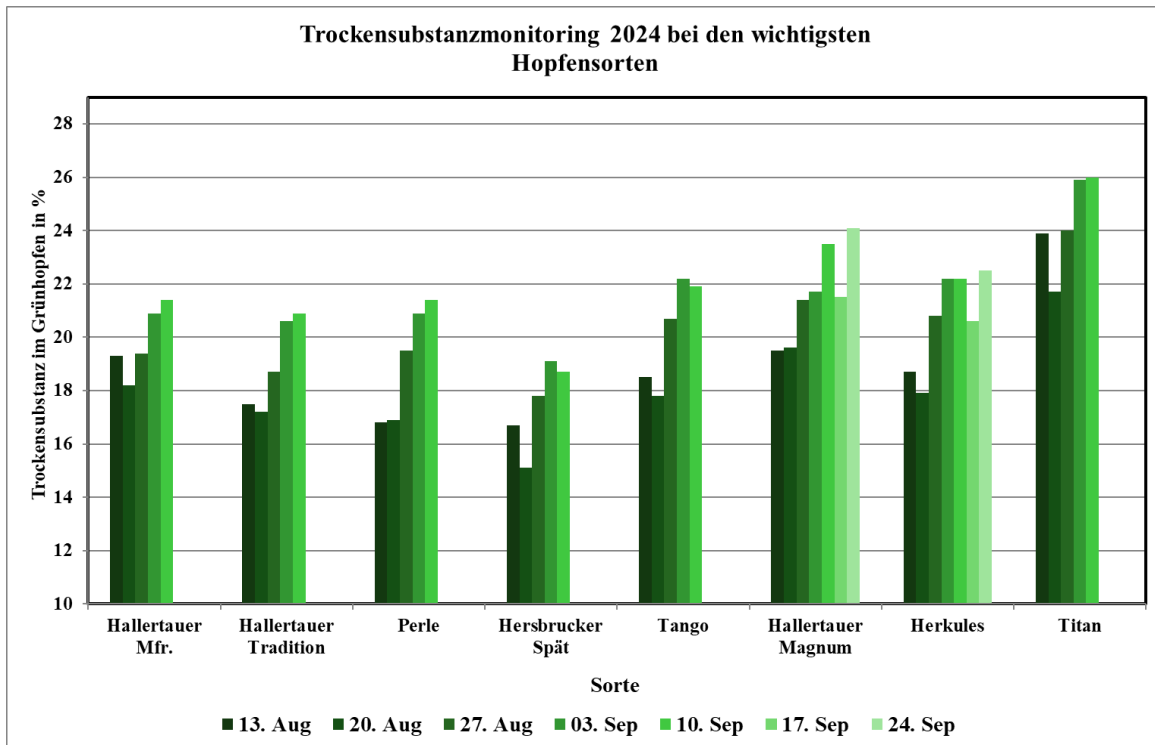


Abb. 22: Monitoring zur Entwicklung der Trockensubstanzgehalte 2024 der wichtigsten Hopfensorten

In den nachfolgenden grafisch aufbereiteten Übersichten wird beispielhaft für die Sorten Perle und Herkules ein Vergleich der Alphagehalte der Jahre 2023, 2024 mit dem Durchschnitt der letzten 10 Jahre abhängig von den gestaffelten Erntezeitpunkten dargestellt. Dadurch kann das Alphasäureniveau der einzelnen Sorten im Vergleich zu den Vorjahren besser beurteilt werden. Den nachfolgenden Abbildungen kann man entnehmen, dass die Alphasäuregehalte 2024 bei den Sorten Perle und Herkules deutlich höher waren als im schlechten Vorjahr und nahezu an die langjährigen Durchschnittswerte heranreichten.

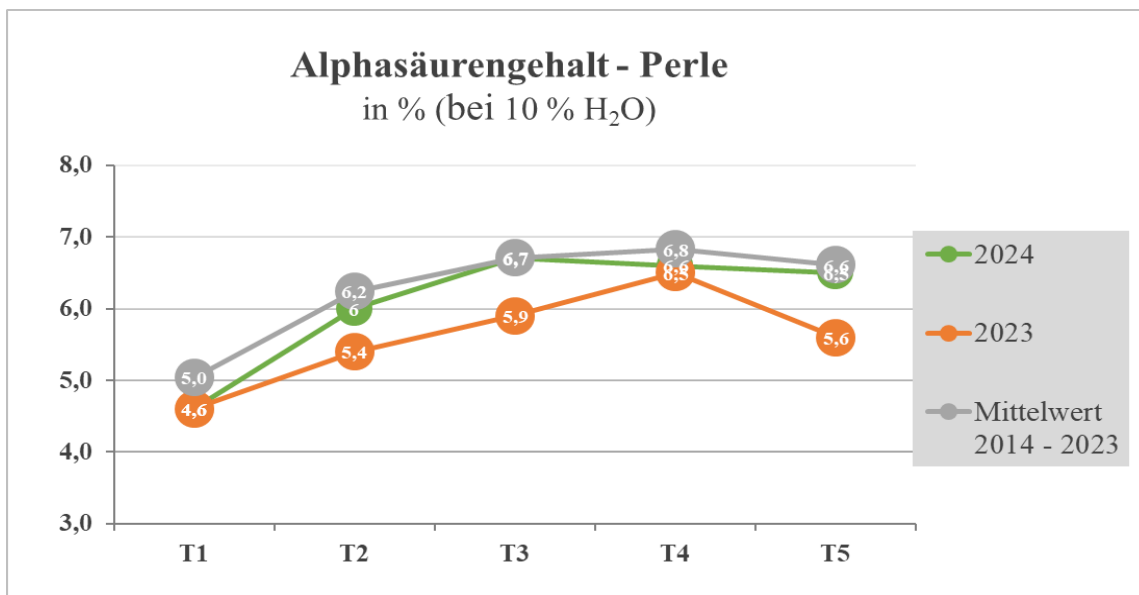


Abb. 23: Entwicklung der Alphasäuregehalte im Monitoring bei der Sorte Perle im Vergleich zu den Vorjahren



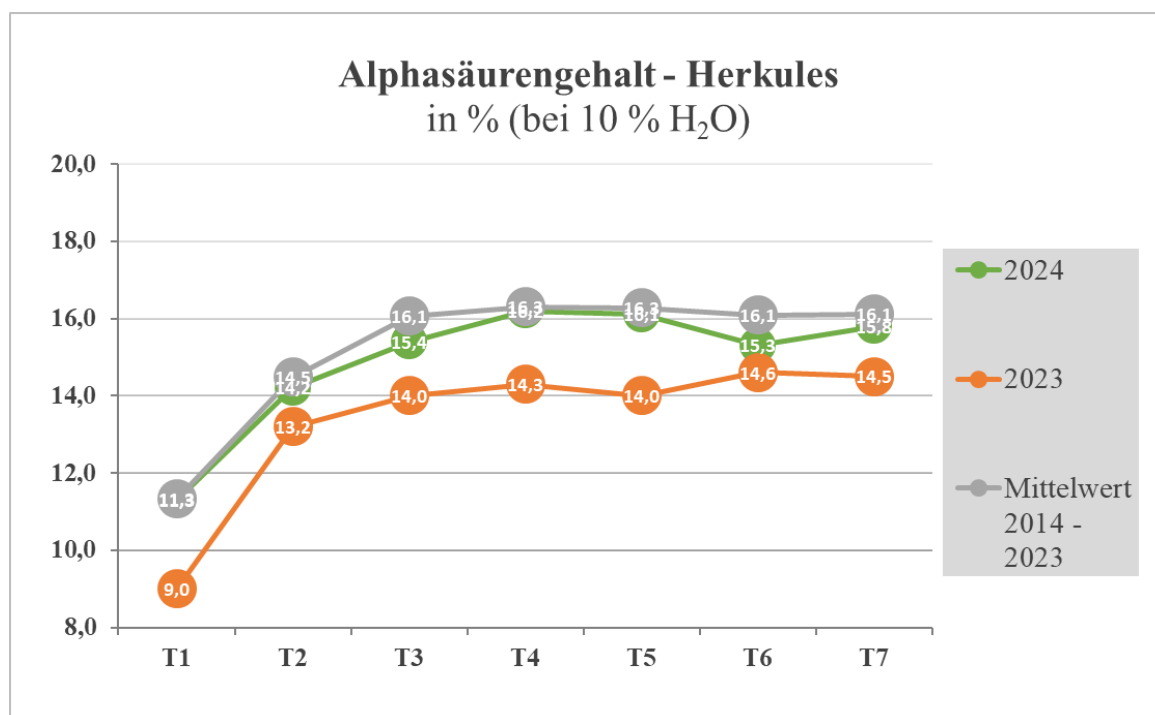


Abb. 24: Entwicklung der Alphasäuregehalte im Monitoring bei der Sorte Herkules im Vergleich zu den Vorjahren

#### 4.7.2 Jährliche Erhebung und Untersuchung des Krankheits- und Schädlingsbefalls (ausgewählte Schaderreger) in repräsentativen Hopfengärten in Bayern zur gezielten Bekämpfung und Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes

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

Dazu wurden in der Zeit vom 13. Mai bis 19. August 2024 an 15 Terminen im wöchentlichen Abstand Bonituren in 33 repräsentativen Hopfengärten (davon 3 Biohopfengärten) mit verschiedenen Sorten in der Hallertau (26), Spalt (5) und Hersbruck (2) auf Befall mit Hopfenblattlaus, Gemeine Spinnmilbe und Echten Mehltau durchgeführt und der durchschnittliche Befall mit Blattläusen (Anzahl), Spinnmilben (Befallsindex) und Echten Mehltau (Befallshäufigkeit und Befallsstärke) ermittelt.

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

Ein Überblick über den Verlauf des Spinnmilben-Befallsindex ist in der folgenden Abbildung exemplarisch dargestellt. Zu Boniturbeginn Mitte Mai war der Ausgangsbefall mit der Gemeinen Spinnmilbe schon vergleichsweise hoch, bereitete aber während des niederschlagsreichen Sommers keine Probleme in der Praxis, auch wenn witterungsbedingt zur Ausdoldung und Ernte hin die Befallszahlen wieder leicht anstiegen. Dadurch konnten die notwendigen Bekämpfungsmaßnahmen gezielt erfolgen und auf das notwendige Maß beschränkt werden.

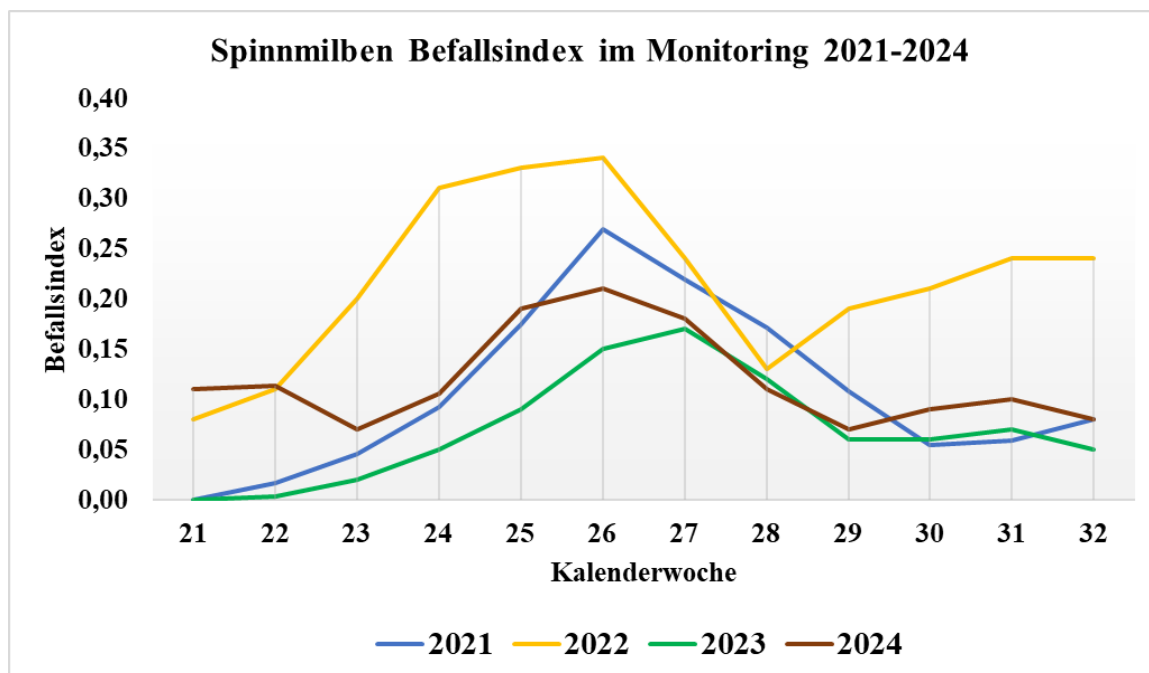


Abb. 25: Verlauf des Spinnmilben-Befallsindex als Mittelwert über alle 33 Monitoring-standorte.

#### 4.7.3 Ringanalysen zur neutralen Qualitätssicherung bei der Alphasäurenbestimmung für Hopfenlieferungsverträge

Seit Jahren gibt es bei den Hopfenlieferungsverträgen eine Zusatzvereinbarung, in der die Alphasäuregehalte der abgelieferten Hopfenpartien bei der Bezahlung Berücksichtigung finden. Der Alphasäuregehalt wird in staatlichen Laboratorien, Betriebslabors und privaten Laboren je nach verfügbarer Untersuchungskapazität ermittelt. Die Vorgehensweise (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 Alphasäureanalytik im Interesse der Hopfenpflanzer sicherzustellen, werden Ringanalysen von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft als neutrale Stelle organisiert, durchgeführt und ausgewertet.

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

### 4.8 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 2024 - 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 2 000 Stück von der LfL an die ÄELF und Forschungseinrichtungen und vom Hopfenring Hallertau an die Hopfenpflanzer verteilt.
- Über das Ringfax des Hopfenrings (2024: 69 Faxe in der Hallertau, Spalt und Hersbruck; 950 Abonnenten) wurden in 34 Faxen aktuelle Hopfenbauhinweise und Warndienstaufrufe der LfL an die Hopfenpflanzer verschickt.
- In 7 Monatsausgaben der Hopfen-Rundschau und 2 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 07.05. - 03.09.2024 von der Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik in Wolnzach durchgeführt und Warndiensthinweise zur Abfrage über den Anrufbeantworter (Tel. 08161 8640 2460) oder das Internet 82mal 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 3 Arbeitsprojekten im Rahmen der Meisterprüfung
- 9 Unterrichtsstunden an der Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen für die Studierenden im Fach Hopfenbau
- 1 Schultage des Sommersemesters der Landwirtschaftsschule Pfaffenhofen
- 2 Seminare und 2 Workshops für Hopfenpflanzer zum Themenbereich Hopfentrocknung und -konditionierung
- 4 Treffen des Arbeitskreises „Unternehmensführung Hopfen“

## 5 Pflanzenschutz im Hopfen

### 5.1 Amtliche Mittelprüfung

**Leitung:** S. Euringer

**Bearbeitung:** A. Baumgartner, M. Felsl, K. Kaindl,

K. Lutz, S. Robin, R. Stampfl, J. Weiher, F. Weiß

Im Versuchsjahr 2024 wurden in der Amtlichen Mittelprüfung neun Versuche nach GEP-Norm durchgeführt. Im Weiteren wurden einige Gewächshausversuche zum Echten Mehltau und zur Pflanzenverträglichkeit durchgeführt. Bei den GEP-Versuchen wurden sechs Indikationen abgedeckt. Insgesamt wurden somit auf ca. 4,2 ha 19 neue Produkte bzw. Kombinationen in 31 Versuchsgliedern geprüft.

Tab. 12: GEP-Versuche der Amtlichen Mittelprüfung 2024

Indikation	Neue Produkte/Varianten	Versuchsglieder gesamt
Liebstöckelrüssler	3	5
Hopfenblattlaus	5	7
Echter Mehltau	7	9
Rückstandsversuche (Herbizid)	2	4
Verticillium	1	2
Abstreifbare Rückstände	1	4
<b>Summe</b>	<b>19</b>	<b>31</b>

#### 5.1.1 Neue Versuchsspritze für die Amtliche Mittelprüfung

Die Applikationstechnik 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, kam es zu einer Vielzahl an Überfahrten je Fahrspur mit der bisherigen Versuchstechnik. Diese war lediglich mit einem Sprühtank ausgestattet, sodass die Parzellen der einzelnen Versuchsglieder nacheinander appliziert wurden. Dies führte zu mehrmaligen Überfahrten in den Spritzreihen, was bei ungünstigen Witterungsbedingungen vermehrtem Bodendruck und Strukturschäden hervorrief. Mit der neuen Versuchstechnik, welche seit 2024 im Einsatz ist, können die Parzellen nacheinander mit nur einer Überfahrt pro Spritzreihe/-gasse behandelt werden. Diese neue durch die HVG e.G. finanzierte Spritztechnik hat die Versuchsarbeit am Hopfenforschungszentrum revolutioniert. Sie ermöglicht sowohl eine bodenschonenderen als auch eine exaktere Versuchsdurchführung. So werden die Versuchsglieder nicht mehr nacheinander, sondern nahezu gleichzeitig appliziert was zeitlich bedingte Einflüsse erheblich reduziert.



Abb. 26: Mehrkammernversuchsspritze der Amtlichen Mittelprüfung

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

Leitung: S. Euringer

Bearbeitung: A. Baumgartner, M. Felsl, S. Robin, 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 2024 wurden vier Wirkstoffe getestet.

## 5.3 Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) zur Identifizierung von Hopfenmosaikvirus (HpMV), Apfelmosaikvirus (ApMV) und Arabismosaikvirus (ArMV) Infektion an Hopfen

Leitung: S. Euringer

Bearbeitung: S. Robin, A. Baumgartner, M. Felsl

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

Tab. 13: Ergebnis der ELISA-Tests im Jahr 2024

	Anzahl Pflanzen gesamt	ApMV		HpMV		ArMV		Summe Pflanzen	
		n.n.	positiv	n.n.	positiv	n.n.	positiv	n.n.	positiv
Mutterpflanzen Hopfenvermehrter	201	200	1	199	2	/	/	198	3
Zuchtmaterial IPZ 5c	586	578	8	564	22	/	/	556	30
Zusätzliche Proben i.R. einer Bachelorarbeit	89	39	50	53	36	89	0	26	63
	10	3	7	6	4	/	/	2	8

\* 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 787 getesteten Pflanzen wurden 33 verworfen. Die gesunden Pflanzen wurden als Zuchtmaterial und als Mutterpflanzen für den Vertragsvermehrter der GfH bereitgestellt.

Die Bearbeitung der 99 weiteren Proben und zusätzliche Testung auf ArMV, erfolgte im Rahmen einer Bachelorarbeit (Bearbeitung durch K. Lutz) zum Vorkommen und der Symptomausprägung von Virose in Hopfen in der Hallertau.

## 5.4 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

Beratung und Produktionstechnik: IPZ 5a

Slovenian Institute of Hop Research and Brewing: Dr. S. Radišek

Viroide sind infektiöse Partikel, die aus einzelsträngiger, zirkulärer RNA bestehen. Das Citrus bark cracking viroid (CBCVd, deutsch: Zitrusrindenriss-Viroid) ist ein Schaderreger in Hopfen und verursacht stark gestauchtes Wachstum, Chlorosen und kleinere, missgebildete Dolden, was zu starken Ertragsseinbußen führt. CBCVd wurde in der Hallertau 2019 erstmalig nachgewiesen. Seit 2023 ist CBCVd laut dem International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) in die Gattung *Cocadviroid* eingruppiert und die korrekte Bezeichnung der Spezies lautet *Cocadviroid rimocitri*.<sup>1</sup>

Das CBCVd Forschungsprojekt gliedert sich in die fünf Projektbereiche Feldhygiene, Sanierung, Etablierung eines Sortengartens, Ertragsbeurteilung und Biologie des Schaderregers. Ziel des CBCVd Forschungsprojekts ist es, durch die gewonnenen Erkenntnisse eine



evidenzbasierte Grundlage zum zukünftigen Umgang mit CBCVd in der landwirtschaftlichen Praxis zu schaffen.

Die Feldversuche werden in einem 1,9 ha großen Hopfengarten durchgeführt, der aufgrund eines starken CBCVd-Befalls in der Vergangenheit als Versuchsfläche geeignet ist. Zusätzlich werden Topfversuche im Gewächshaus in Freising durchgeführt.

Im Frühjahr 2023 wurde ein Sortengarten gepflanzt, in dem die Anfälligkeit von mehr als 20 derzeit weltweit angebauten Hopfensorten und Zuchtstämmen gegenüber CBCVd beobachtet wird. 2024, also bereits ein Jahr nach der Pflanzung, waren die ersten Pflanzen nachweisbar mit CBCVd infiziert. Die Ausbreitung und Unterschiede in den Symptomen der unterschiedlichen Sorten werden während der gesamten Projektlaufzeit erfasst.

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. Im Herbst 2024 wurde der dritte von vier Sanierungsabschnitten gerodet. Die zwei anderen Abschnitte wurden bereits 2023 und 2022 gerodet und werden entsprechend seit einem bzw. zwei Jahren saniert. Eine Wiederbepflanzung ist im Frühjahr 2026 geplant.

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.

Um den konkreten Schaden, der durch eine CBCVd Infektion entsteht, beurteilen zu können, wurde 2024 eine Versuchsernte durchgeführt. Dazu wurden die Dolden von CBCVd-symptomatischen und optisch gesunden Pflanzen der Sorte Herkules unter Praxisbedingungen maschinell geerntet. Neben dem Frischgewicht wurden die relevanten Inhaltsstoffe bestimmt. Die Ergebnisse sind Teil der Bachelorarbeit von M. Fischer und stehen voraussichtlich 2025 zur Verfügung.

Auf den Internetseiten der LfL sind die Informationen zum CBCVd-Forschungsprojekt, zum CBCVd-Monitoring sowie ein Faltblatt zur Feldhygiene im Hopfenbau abrufbar. 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.

Literaturverzeichnis

<sup>1)</sup>International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). Abgerufen am 10.01.2025 von <https://ictv.global/taxonomy/>

## **5.5 Spritzbares Mulchmaterial zur Beikrautregulierung im Hopfenbau**

**Kooperation:** Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für nachwachsende Rohstoffe (TFZ)

**Projekt am TFZ:** Spritzbares Mulchmaterial im Wein- und Obstbau

**Forschungsprojekt:** BOW

**Finanzierung:** Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus, Kennzeichen G2/N/18/09

**Ausgangssituation und Zielsetzung**

Im Hopfenbau wird im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes bereits heute ein Großteil der Herbizidmaßnahmen durch mechanische Maßnahmen ersetzt. So wird der Beikrautbestand am Bifang aus dem Vorjahr durch das Hopfenschneiden entfernt. Durch das Hopfenkreiseln wird einige Wochen später das neu ausgetriebene Beikraut und ein Teil der überflüssigen Hopfentriebe mechanisch entfernt. Im Verlauf der Saison wird der Hopfen so bald als möglich angeackert, um übrige Triebe sowie aufgekeimte Unkräuter und -gräser zu bedecken. Das Anackern erfolgt dann im Laufe der Saison nochmals, wobei wieder das entstandene Beikraut mit Erde abgedeckt wird. Zwischen dem ersten Anackern und dem zweiten Anackern sowie nach dem zweiten Ackern erfolgt zumeist das Hopfenputzen, welches sich auf den Bifangbereich beschränkt, so dass bei einem Herbizideinsatz lediglich ein Drittel der zugelassenen Herbizidmenge je Hektar ausgebracht wird. Beim Hopfenputzen werden die unteren Blätter und Seitentriebe der Hopfenrebe, sowie neu austreibende Bodentriebe entfernt bzw. geschädigt. Bei diesen Anwendungen stehen den Pflanzern aktuell neben den nichtchemischen Maßnahmen wie der Handentlaubung oder dem Abflammen, drei Herbizide zur Verfügung: Quickdown (US MRL 0,02 ppm; aktuell nicht bekannt ob ausreichend), Beloukha (kein JP MRL) und Vorox F mit Zulassung bis BBCH 55.

Findet das Hopfenputzen als Handentlaubung statt, ist zusätzlich je nach Habitus des Hopfens und somit der Beschattungsleistung sowie des Beikrautdrucks auf der Fläche, nach dem zweiten Anackern eine Bifangversiegelung mit Vorox F von Vorteil. Hierbei wird die Bearbeitbarkeit des Bifangs im Herbst bzw. Folgejahr gewährleistet. Bei zu hohem Beikrautdruck ist dies nur schwer umsetzbar. Neben der Vorox F Behandlung ist es den Pflanzern möglich Fusilade Max (Ungräser außer jährige Rispe) und U46 M-Fluid (Unkräuter) einzusetzen. Wobei Beide lediglich in Hopfenflächen, deren Ernte für den Europäischen Markt bestimmt ist, eingesetzt werden können.

Das selbstabbauende Zwei-Komponenten-Mulchmaterial, welches eine physikalische Barriere bildet und so die Keimung und das Wachstum von Beikräutern unterdrückt, könnte eine Alternative zum Herbizideinsatz darstellen. Wodurch in Kombination mit der Handentlaubung ein dauerhaft vollständig herbizidfreies Verfahren umsetzbar wäre. Im Weiteren würde es die fehlende Verfügbarkeit von ausreichend Herbiziden entschärfen.

Mit seiner physikalischen Barrierefunktion könnte ein weiterer Anwendungsbereich des spritzbaren Mulchmaterials in der Bekämpfung des Erdflöhs liegen. Die Eiablage der Erdflöhe findet hauptsächlich im Bifangbereich und vor dem zweiten Anackern statt. Das Erscheinen der neuen Erdfloh Generation spielt sich hingegen erst nach dem zweiten Anackern ab. Die physikalische Barrierefunktion des Sprühmulchs, welche auf dem gesamten Bifangbereich aufgebracht wird, könnte also auch eine Barriere für die Erdflöhe darstellen, sodass diese nicht an die Oberfläche gelangen.

Auch für ökologisch wirtschaftende Betriebe könnte das Mulchmaterial in Frage kommen, da vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit festgestellt wurde, dass das Mulchmaterial nicht als Pflanzenschutzmittel in den Geltungsbereich der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 fällt [Menger et al. 2022].

## Methodik

Der Versuchsstandort befand sich in Stadelhof auf einem lehmigen Sandboden. Die Anlage des Versuchs erfolgte wenige Tage nach dem zweiten Anackern wie folgt:



Tab. 14: Versuchsvarianten am Standort Stadelhof

Bild-Nr.	VG	Sorte	Triebe	Art der Vorbehandlung
<b>Sprühmulch 5 mm</b>				
1a – 1d	1	Perle	Von Spritzbereich entfernt u. zur Mitte geheftet.	Handentlaubt (kein Herbizideinsatz in 2024)
2a – 2d	2	Herkules		
3a – 3d	3	Herkules	Von Spritzbereich entfernt u. zur Mitte geheftet.	Chemisches Hopfenputzen* 1. Hopfenputzen: Vorox F (20 g/ha)
4a – 4d	4	Herkules		2. Hopfenputzen: Beloukha (5,3 l/ha) Jeweils mit Innofert (250 l/ha), Netzmittel
<b>Nullkontrollen (kein Sprühmulch)</b>				
0 1a – 0 1d	1	Perle		Handentlaubt (kein Herbizideinsatz in 2024)
0 2a – 0 2d	2	Herkules		
0 3a – 0 3d	3/4	Herkules		Chemisches Hopfenputzen* 1. Hopfenputzen: Vorox F (20 g/ha) 2. Hopfenputzen: Beloukha (5,3 l/ha) Jeweils mit Innofert (250 l/ha), Netzmittel

\* Die Ausbringungsmenge bezieht sich auf Reihenbehandlungen: Vorox F 20 g (Hektaraufwandsmenge: 60 g/ha) und Beloukha 5,3 l (Hektaraufwandsmenge: 16 l/ha) wurden ausschließlich auf die Bifangfläche ausgebracht.

Für das zweite Hopfenputzen in den Varianten „chemisch Entlaubt“ wurde als Herbizid Beloukha (Pelagonsäure) gewählt, da Pelagonsäure lediglich einen „Brenneffekt“ hat und keine Langzeitwirkung aufweist.

Die Applikation des aufspritzbaren Mulchmaterials fand wenige Tage nach dem zweiten Anackern, am 26. Juni 2024 mittels eines speziellen Applikationsgeräts des TFZ (Abb. 27) statt. Die beiden Komponenten, welche in Tab. 15 aufgeführt sind, werden in einem getrennten Leitungssystem bis zum Statikmischer transportiert, wo sie miteinander vermischt werden und unmittelbar danach auf die Feldoberfläche appliziert werden [Kirchinger et al. 2023]. Im Versuch wurde eine Schichtdicke von rund 5 mm ausgebracht, die eine gute Benetzung des leicht scholligen Bodens herbeiführte. Die Ausbringung erfolgte in zwei Schritten, wobei jeweils eine Hälfte des Bifangbereichs bedeckt wurde (Abb. 28).



*Abb. 27: Applikationsgerät „SAM“ (System für die Applikation des Mulchmaterials) ausgestattet mit je einem Tank pro Komponente, einem getrennten Leitungssystem und einem Mischerblock samt Statikmischer für die Applikation in der Reihe*



*Abb. 28: Ausbringung des zweikomponenten Mulchmaterials mit einer Schichtdicke von 5 mm und einer Streifenbreite von ca. 1,2 m auf der zweiten Hälfte des Bifangs in VG3*

Der sprühbare Mulch wurde in der Variante „Handentlaubt“ in der Sorte Perle und Herkules im Bifangbereich von jeweils 14 Stöcken einfach wiederholt ausgebracht. Im Weiteren fand eine Applikation in der Variante „chemisches Hopfenputzen“ in der Sorte Herkules auf zwei nebeneinander liegenden Bifängen ebenfalls im Bereich von 14 Stöcken einfach wiederholt statt. Bei Versuchsglied vier wurden vor der Aufbringung des Mulchmaterials die chemisch entlaubten Seitentriebe händisch und ohne Hilfsmittel zwischen die beiden Reben geheftet



(Abb. 29). Hintergrund hierfür war die Absicht, eine möglichst homogene Benetzung des Bifangs zu gewährleisten und einen möglichen Spritzschatten durch Seitentriebe zu vermeiden. Ebenfalls wurden die herunterhängenden Seitentriebe in den beiden Varianten „Handentlaubt“ vom Spritzbereich in die Mitte der beiden Reben geheftet. In Versuchsglied drei wurde mit unveränderten und somit herunterhängenden Seitentrieben behandelt.



*Abb. 29: Aufnahme am Tag der Applikation (26.06.2024) Sorte Herkules Varianten chemisch entlaubt; linker Bifang Seitentriebe (VG 3) nicht aus Spritzbereich entfernt, rechter Bifang (VG 4) Seitentriebe von Spritzbereich entfernt und zur Mitte geheftet*

Die einfache Wiederholung wurde gewählt da es sich bei diesem Versuch um den ersten Einsatz des Mulchmaterials im Hopfen handelte, weshalb es bislang keine Kenntnisse über die Kulturverträglichkeit des Hopfens mit dem Mulchmaterial gab. Dementsprechend wurde eine kleinere Fläche behandelt, um eine eventuelle Beschädigung des Hopfenbestands in Grenzen zu halten. Die Ausbringzeit erstreckte sich ca. über 4,5 Stunden. In dieser Zeit wurden die zwei Komponenten händisch angerührt, das Applikationsgerät mehrfach betankt und die Applikation der Versuchspartzen vorgenommen. Die Ausbringung selbst erfolgte zügig, erforderte jedoch mit der aktuellen Technik die Begleitung einer Person, welche hinter dem Traktor hergeht und den Ausbringarm beobachtet und gelegentlich justiert.

**Infos zum Mulchmaterial.** Das sprühbare Mulchmaterial besteht aus nachwachsenden Rohstoffen [Megner et al. 2024]. Die Ausbringung erfolgt anhand von zwei flüssigen Komponenten, welche erst kurz vor der Applikation auf die Feldoberfläche miteinander vermischt werden. Das Zusammentreffen der beiden Flüssigkeiten führt zum unmittelbaren Gelieren des Materials [Follak et al. 2024]. Anschließend härtet das Mulchmaterial aus und bildet so eine für Unkräuter und -gräser schwer durchdringbare Schicht. Alle Inhaltsstoffe sind laut REACH-Verordnung (Registrierung, Bewertung und Zulassung von Chemikalien) für die Gesundheit des Menschen unbedenklich und mit der Umwelt verträglich. Nach der Vegetationsperiode findet ein vollständiger biologischer Abbau des Mulchmaterials durch Mikroorganismen statt [Menger et al. 2022].

Tab. 15: Rezeptur des aufspritzbaren Mulchmaterials Hopfenversuch 2024

Komponente	Bestandteil	Funktion	Anteil in Masse-%
A	Rapsöl	Basis	30,8
	Natriumalginat	Geliermittel	1,3
	Calciumsulfat	Gelierhilfsmittel	1,5
	Cellulosefasern	Füllstoff	2,4
B	Stärke	Bindemittel	12,5
	Wasser	Lösungsmittel	45,6
	Glycerin	Weichmacher	4,6
	Natriumphosphat	Steuerung der Gelierung	0,3
	Natriumbenzoat	Konservierungsmittel	1,1
	Sorbitol	Feuchthaltemittel	2,3

Die erste Bonitur zur Beurteilung des beikrautunterdrückenden Effekts des Mulchmaterials fand am 1. Juli 2024 in den Versuchsgliedern eins bis vier statt. Versuchsglied null wurde erst ab dem 8. August 2024 mitbonitiert. Die letzte Bonitur fand am 6. September 2024 statt. Bei der Bonitur des beikrautunterdrückenden Effekts handelte es sich um eine fotografische Bonitur zuvor markierter Boniturstellen nummeriert als „Bild Nr.“ in Tab. 14. Die Bildaufnahmen wurden mithilfe eines vom TFZ ausgeliehenen Boniturrahmens, auf welchen die Kamera mittels Adapter angebracht werden konnte, standardisiert durchgeführt. So konnte ein immer gleicher Abstand zwischen Kamera und Bodenoberfläche garantiert werden. Zugleich markierte der Boniturrahmen den späteren Auswertungsbereich für die Bildsoftware.

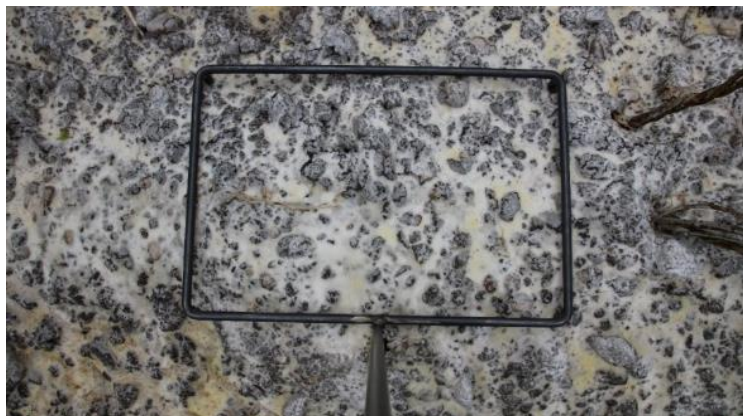


Abb. 30: Aufnahme am 1. Juli 2024 in der Variante Perle (1a) mittels Boniturrahmen

Über die Bildsoftware „Canopeo“ wurde der Bodenbedeckungsgrad der Boniturstellen errechnet, wodurch eine objektive Auswertung der beikrautunterdrückenden Wirkung möglich war. Die Berechnung des Bodenbedeckungsgrads erfolgte über die Analyse aller grünen Pixel im Bild, welche mit der Gesamtpixelzahl der Fotografie ins Verhältnis gesetzt wurden.

Ernteergebnisse wurden lediglich bei der Sorte Herkules erhoben. Hierbei wurden aus den verschiedenen Varianten jeweils 20 Reben beerntet.

### Ergebnisse

Die spritzbare Mulchabdeckung zeigte im Versuch eine gute Wirksamkeit gegen den Aufwuchs von Unkräutern und -gräsern, wie aus nachfolgender Auswertung des TFZ via Bildsoftware hervorgeht. In der Nullvariante, welche hier über alle Varianten zusammengefasst dargestellt ist, kann im Vergleich zu den Mulchvarianten, ein deutlich höherer



Bodenbedeckungsgrad in Prozent über die Zeit festgestellt werden. Bei differenzierterer Betrachtung konnte in dem schwächeren Perle-Bestand, aufgrund geringerer Beschattung als in der Sorte Herkules, ein höherer Effekt erzielt werden, wie aus den Aufnahmen vom 19. Februar 2025 ersichtlich ist.

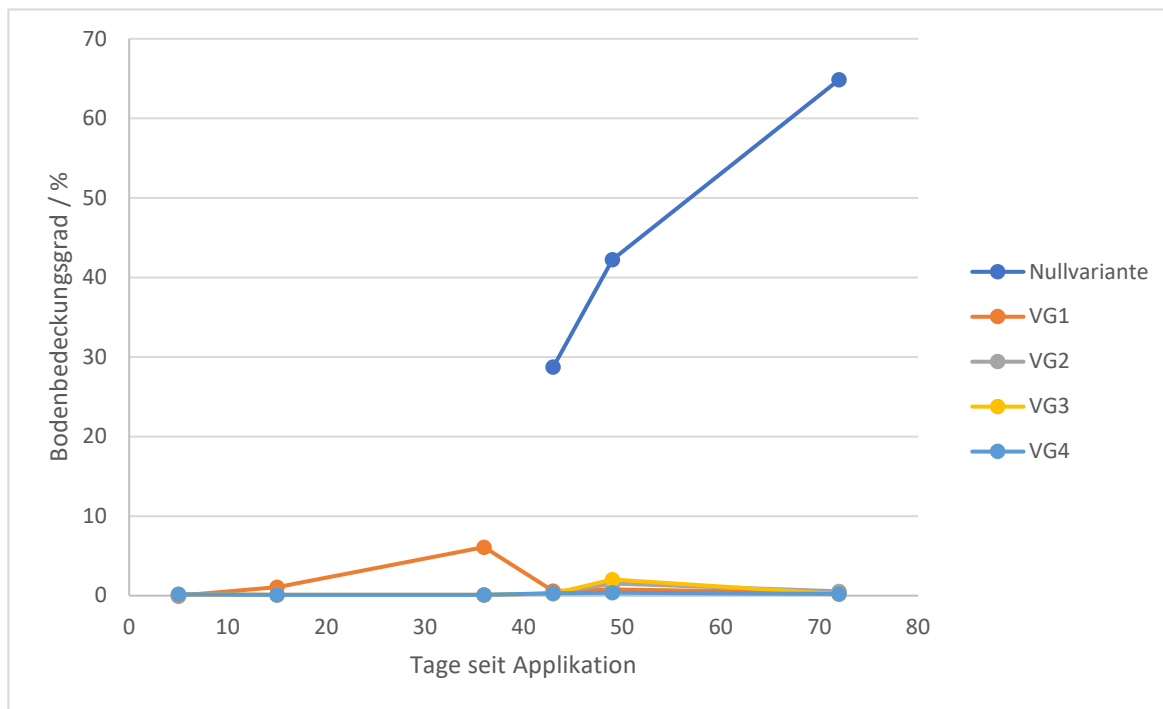


Abb. 31: Entwicklung des Bodenbedeckungsgrads der unterschiedlichen Varianten (Nullvariante=kein Sprühmulch, VG1= Perle handentlaubt Sprühmulch (SM); VG2=Herkules handentlaubt SM, VG3=Herkules chemisch entlaubt SM, VG4=Herkules chemisch entlaubt SM) von 1. Juli 2024 bis 6. September 2024



19.02.2025: Perle (Bifang 28, Lücke 3-4 Sprühmulch, Lücke 1-2 kein Sprühmulch)



19.02.2025: Herkules Sprühmulch (Bifang 28, Lücke 12-14)



19.02.2025: Herkules kein Sprühmulch (Bifang 29, Lücke 12-14)



Die Ertragsermittlungen sind aufgrund der geringen Fläche bzw. lediglich einer Wiederholung mit äußerster Vorsicht zu betrachten und wenig aussagekräftig. Die Ertragsermittlung wurde aufgrund der Tatsache, dass gewisse Reben eine Schädigung durch das Mulchmaterial aufwiesen, durchgeführt. Der Ertragsausfall durch die Schädigung sollte ertragstechnisch festgehalten werden. Die Schädigung schien vor allem an Stellen stattzufinden, wo das Mulchmaterial an der Rebe zusammenlief und sich anreicherte wie in folgender Abbildung sichtbar.



*Abb. 32: Anreicherung des Mulchmaterials an der Rebe fünf Tage nach Applikation in der Variante Herkules chemisch entlaubt*



Geschädigte Rebe in der Variante chemisch entlaubt Herkules Sprühmulch (VG 4) am 06.09.2024, linkes Bild: Triebe und rechtes Bild: Rebe

Geschädigte Reben in VG 4 am 06.09.2024

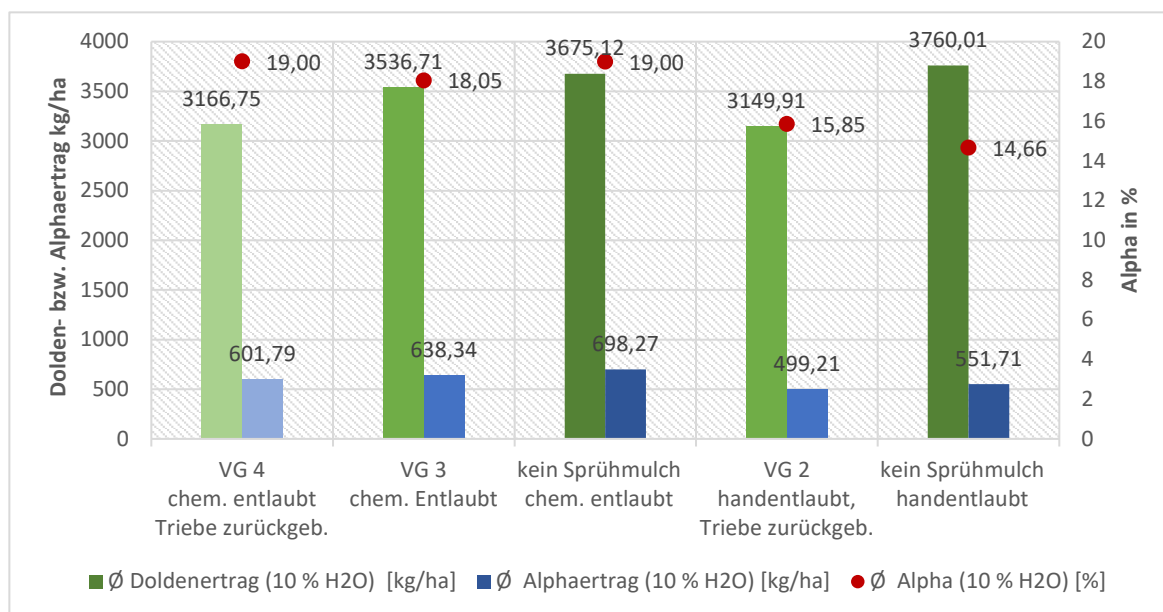


Abb. 33: Ertragsdarstellung der Sorte Herkules in den verschiedenen Varianten jeweils im Vergleich zu einer benachbarten nicht mit Sprühmulch behandelten Variante – Ausgangsbasis 20 beerntete Reben je Variante

In der Indikation Erdflöhen konnte aufgrund der geringen Versuchsfläche keine vernünftige Bonitur durchgeführt werden. Die Beobachtungen deuten jedoch darauf hin, dass aufgrund der Rissbildung des Materials an den Erdschollenkanten eine vermutlich nicht ausreichende Barriere geschaffen werden konnte. An den Pflanzen wurde Erdflöhenfraß beobachtet. Dieser Fraßschaden könnte jedoch auch von Erdflöhen, welche aus angrenzenden nicht behandelten Parzellen stammen, getätigt worden sein.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die beikrautunterdrückende Wirkung unter den gegebenen Versuchsbedingungen am Standort Stadelhof gut funktioniert hat. Die Indikation Erdflöhen erscheint zum aktuellen Kenntnisstand nicht sehr vielversprechend, jedoch bedarf es zur endgültigen Klärung weitere Versuche mit angepasstem Versuchsaufbau. Die Praxistauglichkeit des Verfahrens ist aktuell noch nicht gegeben, da die Vorbereitung und Applikation des Mulchmaterials noch zu viel Zeit in Anspruch nimmt und auch die Materialkosten zum derzeitigen Stand sehr hoch sind. Als kritischster Punkt erscheint im Augenblick jedoch, dass aufgrund der Applikation ein Teil der Reben geschädigt wurde bzw. abgestorben ist.

## Literatur

Follak S., Kirchinger M., Menger A., Redl M., Schmid A., Heßdörfer D., Lardschneider E., Remmele E., Riedle-Bauer M., Rosner F., Steinkellner S., Winter S., Rathbauer J. (2024): Evaluation of a Biodegradable and Sprayable Mulch Material for Weed Control in Vineyards and Orchards. Applied Fruit Science. Springer Nature

Kirchinger M., Menger A., Heßdörfer D., Rimmel E. (2023): Spritzbares Mulchmaterial im Wein- und Obstbau. TFZ-Bericht 83. Straub Deuschl, ISSN 1614-1008

Menger A., Kirchinger M., Rimmel E. (2022): Schule und Beratung, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, ISSN: 0941-360X

## 5.6 CBCVd Monitoring 2024

- Träger:** Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
- Finanzierung:** Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus; Förderkennzeichen: 31/566
- Projektleitung:** S. Euringer
- Bearbeitung:** Dr. C. Krönauer, F. Weiß
- Probenanalyse:** AG Züchtungsforschung Hopfen IPZ 5c: B. Forster, P. Hager, B. Haugg
- Laufzeit:** 01.07.2024 - 31.12.2024
- Beprobungszeitraum:** 07.2024 - 08.2024

### Planung und Durchführung

Das Citrus bark cracking viroid (CBCVd, *Codadviroid rimocitri*) verursacht in Hopfen auffälligen Zwergwuchs und starke Ertragseinbußen. Die LfL führt daher jährlich ein Monitoring zur Infektionskontrolle und Prävention in der Hallertau durch. Im CBCVd-Monitoring 2024 wurden 232 Feldstücke von 66 Betrieben begutachtet. Neben Hopfenbaubetrieben, die sich proaktiv aufgrund auffälliger Pflanzen zum Monitoring angemeldet hatten, wurden, wie im Vorjahr, 50 Zulieferbetriebe der Bioerdgasanlage Hallertau randomisiert zur Teilnahme am Monitoring ausgewählt. Insgesamt wurde eine Fläche von 579 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. 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. Auf den übrigen Flächen wurden Blattproben von auffälligen Pflanzen gesammelt und mittels qPCR auf einen Befall mit CBCVd getestet. Die Probenstandorte und Flächenbefunde wurden in einer Geoinformationssystemanwendung digital erfasst und mit R ausgewertet.

### Erkenntnisse

Durch die häufigen und ergiebigen Niederschläge in diesem Jahr waren die Symptome CBCVd-infizierter Hopfenpflanzen schwächer ausgeprägt und vergleichsweise schlecht zu erkennen. Die Pflanzen erreichten im Unterschied zu den zwei vergangenen Jahren häufig die Gerüsthöhe und die Anzeichen des CBCVd-Befalls entwickelten sich verzögert. Dennoch konnte eine starke Ausbreitung in einzelnen Betrieben beobachtet werden, die generell keine oder nur wenige Maßnahmen zur Bekämpfung von CBCVd durchführen.

Ein Erfolg der Monitorings der letzten Jahre ist, dass in drei Betrieben mit beginnendem Befall in den vergangenen Jahren, dieses Jahr keine CBCVd-infizierten Pflanzen gefunden werden konnten. Die erfolgreiche Verhinderung der Ausbreitung ist auf umfangreiche Rodemaßnahmen in den Vorjahren und einen geringen Ausgangsbefall zurückzuführen. Das machte erneut deutlich, dass zur Infektionskontrolle das möglichst frühe und vollständige Entfernen befallener Pflanzen entscheidend ist. Um die Ausbreitung von CBCVd weiterhin



zu erfassen und entsprechende Beratung anbieten zu können, ist im Jahr 2025 wieder ein freiwilliges CBCVd Monitoring geplant.

Tab. 16: Zahlen und Ergebnisse der CBCVd-Monitorings 2019 - 2024

Anzahl der genommenen Proben und Ausbreitung von CBCVd in Betrieben und Flächen.  
<sup>1)</sup> Nach Feststellung des Erstbefalls war 2019 kein umfassendes Monitoring mehr möglich. Daher ist 2019 von einer Untererfassung der Ausbreitung von CBCVd auszugehen.  
<sup>2)</sup> 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	2019 <sup>1)</sup>	2020	2021	2022	2023	2024
Anzahl getesteter Proben	320	2312	416	513	249	172
- davon CBCVd positiv	67	157	77	56	43	33
Anzahl der begutachteten Betriebe <sup>2)</sup>	17	431	162	194	64	66
- Betriebe mit CBCVd Erstnachweis	3	4	3	3	1	1
- Betriebe mit CBCVd Nachweis im jeweiligen Jahr	3	7	9	12	12	11
Anzahl der begutachteten Feldstücke <sup>2)</sup>	54	650	310	407	226	232
- davon CBCVd positiv	12	28	39	41	52	59
Gesamte begutachtete Fläche [ha]	106	1868	726	1204	520	579
- davon CBCVd positiv [ha]	44	83	109	110	147	160
- gerodete, ehemals CBCVd positive Fläche [ha]	2	6	9	3	4	nd

## 5.7 Innovative Strategien zur Bekämpfung der Verticillium-Welke in Hopfen

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

### **Aktueller Stand der Durchführung**

#### Arbeitspaket 1: Sanierungsmaßnahmen

In drei Hopfenflächen wurden die Hopfenstöcke von der Fläche entfernt und für zwei Jahre Nicht-Wirtspflanzen (Getreide/Mais) angebaut. Die Abwesenheit von Durchwuchshopfen und dikotylen Beikräutern wurde sichergestellt, in dem diese um die Hopfensäulen mechanisch entfernt wurden. Dikotyledonen wurden bei Bedarf chemisch entfernt. Zwei von drei Versuchsflächen wurden zuerst mit Roggen und dann mit Mais bepflanzt, die dritte Fläche zweijährig mit Grünroggen.

Die Neuanpflanzung der Hopfengärten erfolgte im Herbst 2023 bzw. im Frühjahr 2024 mit den toleranten Sorten Titan bzw. Herkules. Bei den Bonituren der Jungpflanzen im Jahr 2024 konnten lediglich in einem der drei Hopfengärten sechs Hopfenpflanzen mit *Verticillium*-Symptomen gefunden werden. Die infizierten Hopfenstöcke werden bis zur Saison 2025 aus dem Bestand entfernt.

Die Versuche zeigen, dass die zweijährige Sanierung mit der Abwesenheit von dikotylen Wirtspflanzen den Infektionsdruck auf den Flächen deutlich absenkt und somit das Ziel von bisher gesunden Beständen, nach dem Wiederbepflanzen, erreicht wurde. Die Hopfengärten werden bis 2026 in regelmäßigen Abständen bonitiert, um den langfristigen Sanierungserfolg zu evaluieren.

#### Arbeitspaket 2: Züchtung Welke-toleranter Sorten

In der Versuchsfläche „Selektionsgarten Gebrontshausen“, in der die Welke-Toleranz der Sorten und Zuchtstämme geprüft wird, zeigten sich 2024, bei den im zweiwöchigen Rhythmus stattfindenden Bonituren, deutliche Unterschiede zwischen den angebauten Kultivaren. Erkenntnisse über die Welke-Toleranz der Sorten im Vergleich zur toleranten Referenz-Sorte Herkules werden im weiteren Verlauf des Forschungsprojektes veröffentlicht.

#### Arbeitspaket 3: Feldbonituren mit Fernerkundung

Siehe 5.8

#### Arbeitspaket 4: Innovative Ansätze zum *Verticillium*-Management

Bei einem beginnenden *Verticillium*-Befall in einem Hopfengarten kann die Ausbreitung des Pilzes durch das zügige Entfernen der Symptom-tragenden Pflanzen deutlich verlangsamt werden. In Jahren mit günstigen Infektionsbedingungen (wenige Tage über 30°C, NN > 100 mm/Monat) können so nahezu alle infizierten Hopfenstöcke identifiziert werden. In den Folgejahren treten so weniger kranke Pflanzen auf und die Fläche kann langfristig ökonomisch nachhaltig bewirtschaftet werden.

#### Arbeitspaket 5: Detektion von *Verticillium* mittels qPCR (IPZ 5c)

Die Untersuchungen von Proben aus Hopfenflächen verschiedener Betriebe der Hallertau zeigten, dass die milden *Verticillium*-Stämme nur noch in wenigen Flächen vorhanden sind. In den 129 untersuchten Proben konnten in der qPCR-Analyse drei Mal milde Stämme und 79 letale Stämme nachgewiesen werden. In den 47 übrigen Proben konnte *Verticillium* nicht nachgewiesen werden.

Arbeitspaket 6: Rhizobium in Hopfen

Für das Teilprojekt Rhizobium Hopfen wurden im Versuchsgarten „Gebrontshausen“ bei der Sorte Hallertauer Tradition zu drei Terminen jeweils 64 Reben-, Wurzel- und Bodenproben gesammelt. Die Proben wurden zur qPCR-Analyse an IPZ 5c gegeben. Dabei wurden positive, als auch negative Pflanzen in ausreichender Anzahl identifiziert. Die Sequenzierung sowie Auswertung bei AL 1c fanden im Winterhalbjahr 2024/25 statt. Die Ergebnisse werden Mitte 2025 erwartet.

## 5.8 Evaluierung von Vegetationsindizes zur Erkennung von *Verticillium* in Hopfen mittels Nahbereichsfernerkundung durch UAV-gestützte Hyperspektralsensorik

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
<b>Finanzierung:</b>	Wissenschaftliche Station für Brauereien München e. V.
<b>Projektleitung:</b>	M. Stark <sup>1</sup> , S. Euringer <sup>2</sup>
<b>Bearbeitung:</b>	F. Fleischer <sup>1</sup> , M. Stark <sup>1</sup> , K. Lutz <sup>2</sup> , F. Weiß <sup>2</sup>
	<sup>1</sup> Lehrstuhl für Physische Geographie, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt
	<sup>2</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
<b>Laufzeit:</b>	01.06.2024 - 30.06.2025

### Projektbeschreibung

Im Rahmen des Kooperationsprojekts „Evaluierung von Vegetationsindizes zur Erkennung von *Verticillium* in Hopfen mittels Nahbereichsfernerkundung durch UAS/drohnen-gestützte(r) Hyperspektralsensorik“ übernimmt die KU Eichstätt-Ingolstadt die wissenschaftliche Aufbereitung und Analyse der erhobenen Hyperspektraldaten der LfL. Das Vorhaben dieser Untersuchung besteht darin, Hyperspektraldaten zweier Hopfenfelder in der Hallertau (Jebertshausen und Berghausen) systematisch aufzubereiten und mit terrestrischen Bonituren zu vergleichen, um die Eignung hyperspektraler Vegetationsindizes (VIs) für die Erkennung von *Verticillium* zu bewerten.

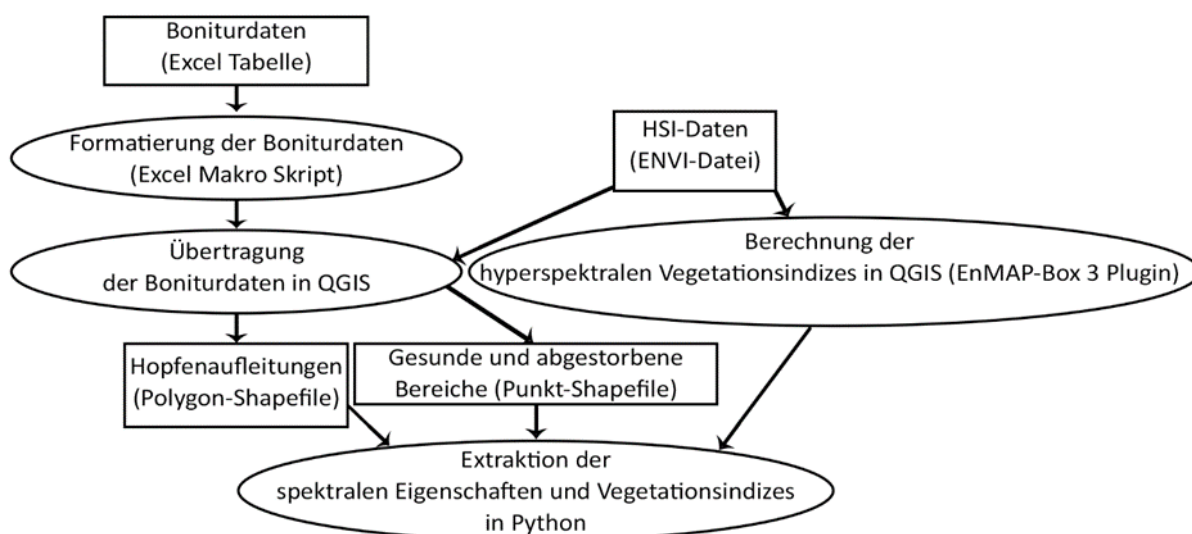


Abb. 34: Schematische Darstellung der Datenaufbereitung

Die Datenaufbereitung und Analyse erfolgen in drei aufeinander abgestimmten Arbeitspaketen (Datenaufbereitung, Analyse der VIs, Ableitung von Handlungsempfehlungen). Im ersten Schritt werden die Rohdaten prozessiert, relevante VIs berechnet und die Ergebnisse der terrestrischen Bonituren aufbereitet (Abb. 34). Anschließend werden die berechneten VIs mit den Ergebnissen der traditionellen Einzelstock-Bonitur verglichen, um die am besten geeigneten Indizes zur präzisen Detektion von *Verticillium*-Befall im Hopfen zu identifizieren. Langfristig sollen die gewonnenen Erkenntnisse in die Arbeitsweise des Hopfenforschungszentrums integriert und als Grundlage für weiterführende Forschungsarbeiten genutzt werden.

### **Material und Methoden**

Die radiometrisch-kalibrierten und georeferenzierten Datensätze lagen als zusammenhängende Flugstreifen vor. Alle nachfolgenden Analyseschritte wurden in Python geskriptet und können in der Jupyter Notebook Umgebung ausgeführt werden. Die terrestrisch aufgenommenen Bonituren wurden mithilfe eines Visual Basic for Applications (VBA)-Skripts neu sortiert, um eine bessere Orientierung zwischen der Boniturtabelle und der Kartiergrundlage zu gewährleisten. Mithilfe der Vegetation Index Toolbox des QGIS-Plugins ENMAP-Box 3 (DLR) wurden für jeden Datensatz 50 verschiedene hyperspektrale VIs berechnet. Diese weisen unterschiedliche Sensitivitäten gegenüber strukturellen, biochemischen oder biophysikalischen Eigenschaften der Vegetation auf. Die automatisierte Extraktion spektraler Werte und VIs erfolgte auf zwei verschiedene Arten: 1. Objektbasierend (Polygon eines Hopfenstockes) und 2. Pixelbasiert. Bei der pixelbasierten Auswertung werden die Messwerte direkt an der entsprechenden Lokalität der Hopfenpflanze abgeleitet wohingegen im Falle der objektbasierten Betrachtung verschiedene statistische Kenngrößen für das jeweilige Polygon berechnet werden (z.B. Mittelwert, Standardabweichung, Median, Minimum, Maximum, Interquartilsabstand (IQR), mittlere absolute Abweichung (MAD)). Die Darstellung und Analyse der spektralen Signaturen erfolgte in mehreren Schritten. Zu den wichtigsten zählen die Erstellung geglätteter und nach Bonitur- und Befallsklassen gruppierter Spektrogramme und die Analyse signifikanter Unterschiede der spektralen Signaturen zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test). Die Analyse der VIs erfolgte unter Anwendung verschiedener statistischer Methoden (Spearman-Korrelationsanalyse, punkt-biseriale Korrelation, Random-Forest-Analyse, Feature Importance innerhalb des Random-Forest-Modells) um Zusammenhänge zwischen den VIs und den beobachteten Krankheitsmerkmalen zu untersuchen. Die hyperspektrale Bildanalyse kann durch eine Vielzahl von Klassifizierungsmethoden durchgeführt werden. Für die vorliegende Untersuchung wurde die überwachungs-basierte Klassifikation mittels eines Random-Forest-Modells ausgewählt.

### **Ergebnisse**

Abb. 35 zeigt eine ungleichmäßige Verteilung der Hopfenstöcke in den verschiedenen Boniturklassen, wobei insbesondere die Klasse 3 eine deutlich überproportionale Häufigkeit aufweist. Im Gegensatz dazu sind andere Klassen (4, 5, 7 und 8) stark unterrepräsentiert. Bei der Kartierung der Befallsklassen (gesund und abgestorben) zeigt sich eine deutlich homogenere Verteilung der Stichproben.

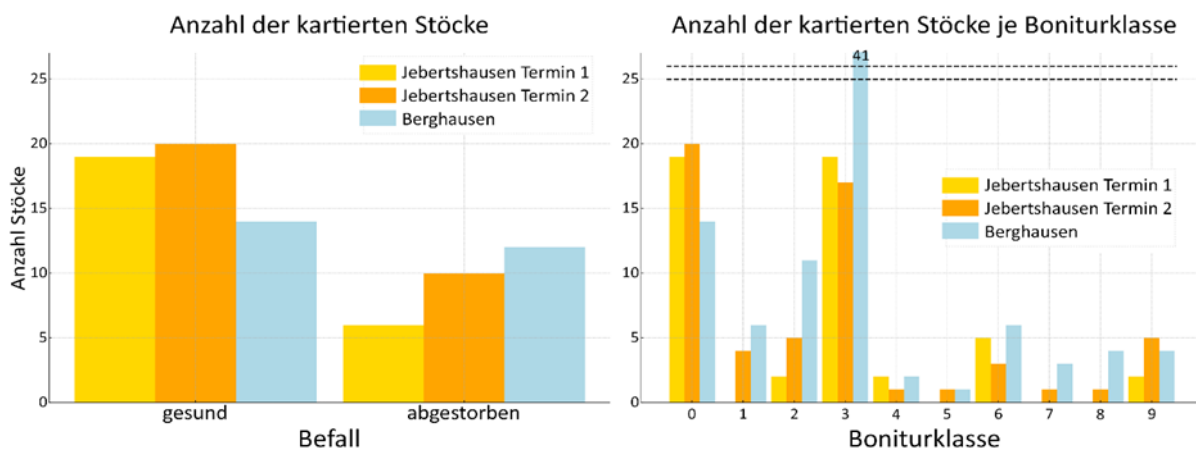


Abb. 35: Anzahl der kartierten Hopfenstöcke differenziert nach Boniturklasse, Feld und Erhebungstermin (links) und Anzahl der kartieren Punkte für die Befallsklasse (gesund und abgestorben), die für die weitere Analyse verwendet wurden

Spektrale Signaturen

Bei der Analyse der Spektrogramme zeigt sich ein konsistentes Muster (Abb. 36). besonders auffällig ist die flachere Reflexionskurve im nahen Infrarotbereich der befallenen Pflanzen-teile sowie der höheren Boniturklassen bei Jebertshausen zum zweiten Termin im Vergleich zum ersten Termin, was auf einen fortschreitenden Verlust der strukturellen Integrität der abgestorbenen Pflanzenteile hindeutet. Mit steigender Boniturklasse wird dieses Muster noch ausgeprägter. Der Kruskal-Wallis-Test untermauert diese Beobachtungen, indem er signifikante Unterschiede in den spektralen Signaturen der abgestorbenen Pflanzenteile im nahen Infrarotbereich zwischen den Aufnahmezeitpunkten aufzeigt, während die gesunden Pflanzenteile keine signifikanten Veränderungen zeigen.

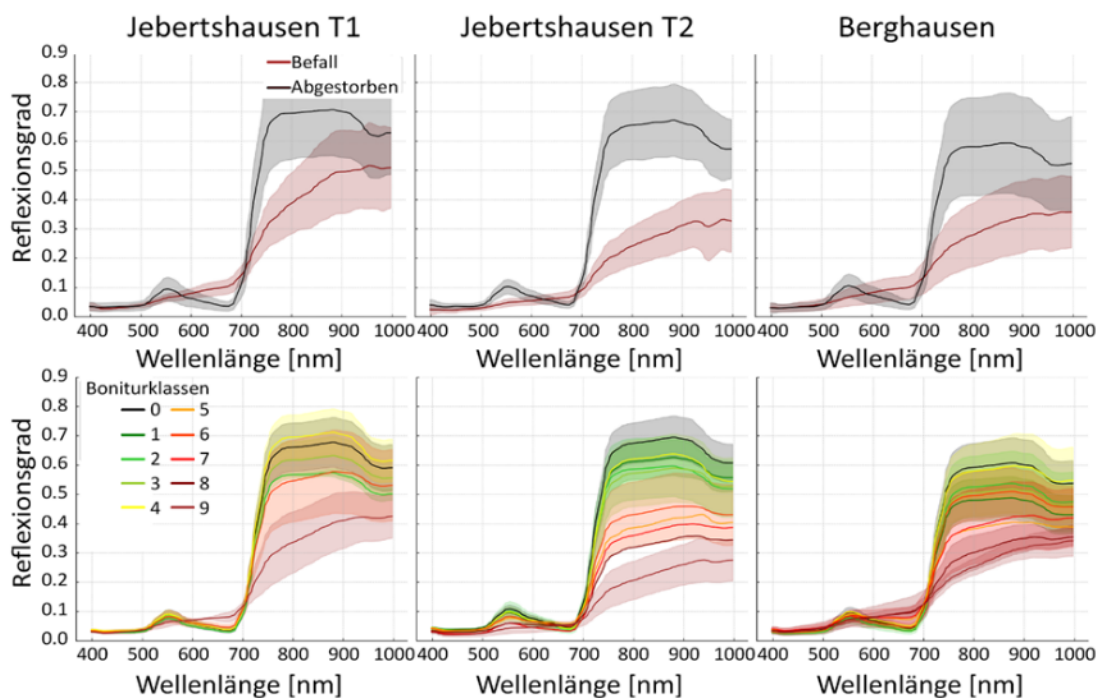


Abb. 36: Geglättete Spektrogramme der Befallsklassen (oben) und der Boniturklassen (unten). Die Abbildungen zeigen sowohl den Mittelwert (Linie) als auch die Streuung (schattierter Bereich), um die Variabilität der Daten anschaulich dar-zustellen

Die folgenden Ergebnisse zeigen die diagnostische Eignung verschiedener VIs im Kontext des *Verticillium*-Befalls bei Hopfenpflanzen. Im Fokus stehen die statistischen Zusammenhänge der Indizes mit unterschiedlichen Befalls- und Boniturklassen (Abb. 37 und Abb. 38).

Besonders hervorzuheben sind die Indizes SRb2, RGI und SIPI. Diese weisen in den Korrelationsanalysen eine signifikant starke positive Assoziation auf und deutet auf ein großes Potential zur Überwachung des Krankheitsverlaufs hin. Im Gegensatz dazu zeigen die Indizes MCARI2, MSAVI und G stark negative Korrelationen. Die hohen signifikanten Zusammenhänge verdeutlichen das Potenzial der VIs, in der landwirtschaftlichen Praxis als Frühwarnsysteme implementiert zu werden. Abb. 39 (links) zeigt jedoch auch, dass im Falle der Boniturklassen deutliche Unterschiede häufig erst ab Klasse 4 sichtbar werden.

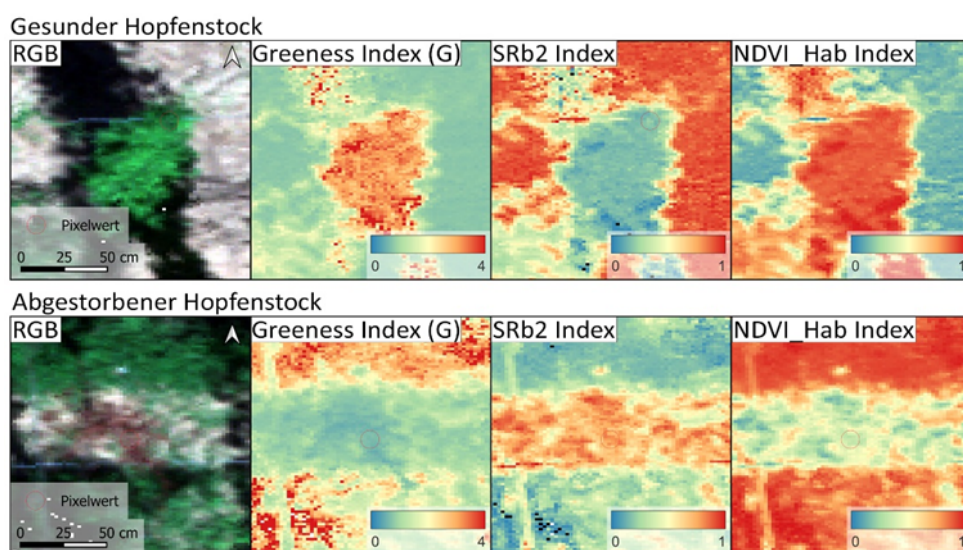


Abb. 37: Grafische Darstellung einer Auswahl berechneter VIs für jeweils einen gesunden und einen befallenen Hopfenstock (Boniturklasse 9)

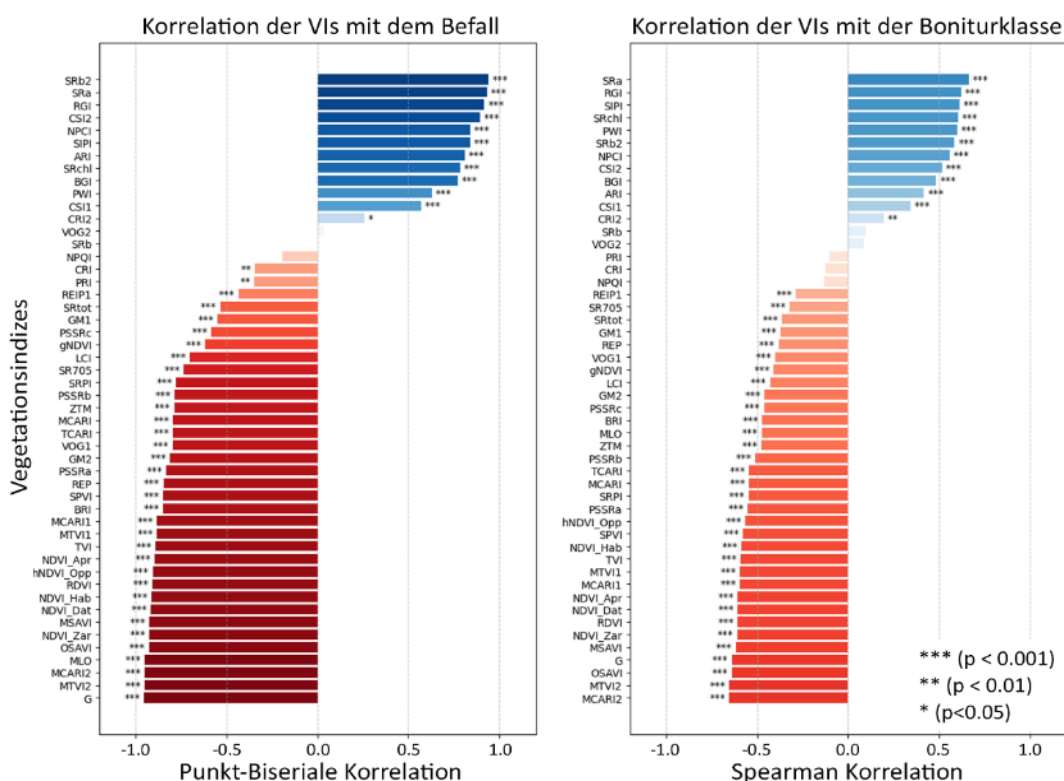


Abb. 38: Darstellung der punkt-biserialen Korrelation der VIs mit der binären Befallsklasse (links) und der Spearman-Korrelation mit der ordinalen Boniturklasse im Kontext des *Verticillium*-Befalls bei Hopfen. Positive Korrelationen sind blau, negative Korrelationen rot dargestellt. Die Signifikanzniveaus werden durch die Anzahl der Sterne markiert (\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ).

Besonders vielversprechend erscheint hingegen die Kombination mehrerer Indizes um die Variabilität der Krankheitssymptome besser abzubilden und so die Klassifikationsgenauigkeit zu erhöhen und so robuste und praxisrelevante Ansätze für die Frühdiagnose und das Monitoring von Krankheitsverläufen im landwirtschaftlichen Kontext zu entwickeln. Insgesamt zeigt sich, dass die Korrelationen zwischen den VIs und den binären Befallsklassen tendenziell stärker ist als die Korrelation zu der ordinalen Boniturklasse. Die Analyse des Random-Forest-Modells zeigt, dass beide Modelle, sowohl das mit allen verfügbaren VIs, als auch das mit den fünf wichtigsten VIs trainierte (NDVI\_Hab, SRchl, NDVI\_Apr, SRb2, G), die Befallsklasse der Hopfenpflanzen präzise ermittelt und zwischen gesunden und abgestorbenen Pflanzenteilen unterscheidet (Abb. 39, rechts). Diese Ergebnisse beziehen sich jedoch ausschließlich auf den verwendeten Referenzdatensatz, aus dem der Trainings- und Testdatensatz generiert wurde. Aktuell ist das Modell jedoch noch nicht in der Lage, eine automatische digitale Bonitur für beliebige Felder durchzuführen. Um die Übertragbarkeit des Modells auf andere Anbaugelände zu gewährleisten, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Zunächst muss die Menge der Trainingsdaten erweitert werden, um eine robustere Grundlage für das Modell zu schaffen. Darüber hinaus ist eine genaue Differenzierung zwischen den Hopfenpflanzen und anderen Bestandteilen der Szene sowie eine explizite Segmentierung der einzelnen Hopfenpflanzen unerlässlich, um eine präzisere und generalisierbare Klassifikation zu ermöglichen.



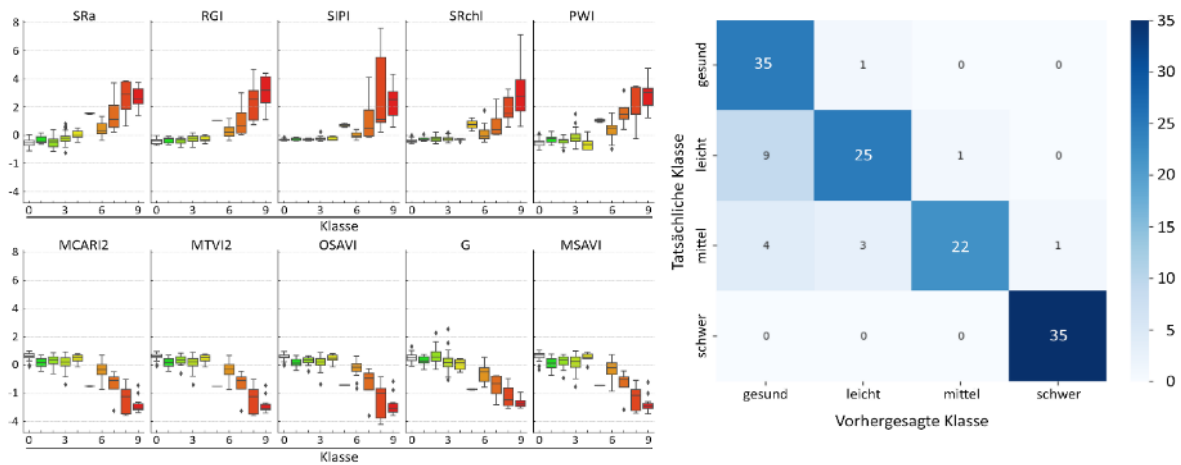


Abb. 39: links - Boxplots der VIs mit den stärksten Korrelationen zur ordinalen Boniturklasse im Kontext des *Verticillium*-Befalls bei Hopfen (standardisiert). rechts - Konfusionsmatrizen für das optimierte RF-Modell. Die Matrix zeigt die tatsächlichen Klassen (y-Achse) gegenüber den vorhergesagten Klassen (x-Achse). Da einige Boniturklassen eine sehr geringe Anzahl von Werten aufwiesen wurden diese für die vorliegende Analyse neu gruppiert (Boniturklassen 1-3 = "leicht", 4-6 = "mittel", 7-9 = "schwer") und ein mögliches Ungleichgewicht zwischen Mehrheits- und Minderheitsklassen in den Datensätzen mittels Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) kompensiert.

Die Anwendung hyperspektraler Daten im Hopfenanbau eröffnet über die Analyse von *Verticillium*-Befall hinaus ein breites Spektrum an Möglichkeiten für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsprojekte (z.B. hyperspektrale Signaturen verschiedener Krankheitsstadien, Untersuchung von Pflanzenstress durch Trockenheit und Nährstoffmangel oder Schädlingsbefall). Besonders interessant ist hierbei die Korrelation spektraler Signaturen mit Inhaltsstoffen wie Alphasäuren oder ätherischen Ölen. Die Umsetzung solcher Anwendungen in die landwirtschaftliche Praxis setzt eine enge Zusammenarbeit zwischen Landwirten, Wissenschaftlern und Technologieanbietern voraus. Nur durch interdisziplinäre Kooperation können praxisnahe Lösungen entwickelt und implementiert werden, die eine nachhaltige und effiziente Nutzung hyperspektraler Technologien im Hopfenanbau gewährleisten. Zusammenfassend verdeutlichen diese Ansätze das enorme Potenzial der hyperspektralen Fernerkundung nicht nur bei der Detektion von Krankheitsbefall, sondern auch bei der Optimierung von Erträgen und der Ressourcennutzung im Hopfenanbau. Die fortlaufende Weiterentwicklung dieser Technologien eröffnet vielversprechende Perspektiven für eine zukunftsorientierte Landwirtschaft.



## 6 Züchtungsforschung Hopfen

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

Ein großer Dank geht an J. Kneidl, D. Ismann, B. Brummer, A. Hartung, K. Merkl, S. Ostermeier, U. Pflügl, J. Redl, A. Roßmeier, M. Schleibinger, M. Siglhofer, A. Zimmermann, M. Nieder, B. Haugg, B. Forster und P. Hager sowie an die Kollegen in Hüll, Wolnzach und Freising für die tatkräftige Unterstützung im Versuchsjahr 2024. Pflanzenzüchtung - vor allem bei einer mehrjährigen, vegetativ vermehrten Kultur wie Hopfen - ist eine mühsame, aber spannende Aufgabe, die nur als Teamleistung erfolgreich ist.

In Bayern ist die Sonderkultur Hopfen mit knapp 17.000 ha Anbauflächen eine ökonomisch und kulturell wichtige landwirtschaftliche Kulturart. Dabei ist die unabhängige Entwicklung und breite Verfügbarkeit von agronomisch Leistungsfähigen und brautechnisch relevanten Hopfensorten maßgeblich, um auch zukünftig einen international konkurrenzfähigen Hopfenwirtschaft in Bayern zu ermöglichen. Als vegetativ vermehrte Dauerkultur mit getrennt männlichen und weiblichen Pflanzen ist die Sortenzüchtung eine aufwendige aber angesichts der sich rasant ändernden Anbaubedingungen unverzichtbare Aufgabe.

In der Züchtungsarbeiten am Hopfenforschungszentrum Hüll werden durch klassische Kreuzung und Selektion Hopfenstämme entwickelt, die in Kooperation mit Partner wie der Gesellschaft für Hopfenforschung e.V. oder der HVG e.G. zur Sortenzulassung gebracht und den deutschen Hopfenpflanzer über die Wirtschaftspartner zur Verfügung gestellt werden. Dabei wird die Züchtungsarbeit im Bereich der LfL von folgenden Zielsetzungen geprägt:

- Verstärkung der Klimaresilienz der Hopfenproduktion durch kontinuierlich angepasste Sorten und der Nutzung der natürlichen genetischen Diversität
- Verbesserung der Ressourceneffizienz neuer Hopfensorten durch die Nutzung natürlicher Resistenzen aus Wildhopfen
- Entwicklung klassischer Aromasorten mit hopfentypischen, fein-würzigen Aromaausprägungen
- Entwicklung leistungsstarker Hochalphasorten mit sehr guter Bitterqualität

Biotechnologische und genomanalytische Techniken begleiten den klassischen Züchtungsweg. Insbesondere die Meristemkultur hat unter den biotechnologischen Methoden ihren festen Platz bei der Entwicklung von Sorten, um Krankheitserreger zu eliminieren, so kann gesundes Pflanzmaterial erzeugt und für eigene Anbauprüfungen und den Vermehrungsbetrieb zur Verfügung gestellt werden. Des Weiteren werden molekulare Techniken eingesetzt, um das Erbmaterial des Hopfens zu erforschen und den Zuchtprozess zu beschleunigen.

### 6.1 Kreuzungen 2024 und Weiterentwicklung von erfolgversprechenden Zuchtstämmen

Im Jahr 2024 wurden in Hüll 94 Kreuzungen erfolgreich durchgeführt. Davon waren 48 im Bereich Aromahopfen und 46 Kreuzungen im Bereich Bitterhopfen.

Dem Beratungsgremium der Gesellschaft für Hopfenforschung (GfH) wurden nach der Ernte 11 erfolgversprechende Zuchtstämme von jeweils zwei Standorten vorgestellt. Das Beratungsgremium setzt sich aus Vertretern der gesamten Hopfen- und Brauwirtschaft

(Forschung, Brauer, Hopfenhandel und Versuchslandwirte) zusammen. Hier wurde gemeinsam ein detailliertes Aromaprofil für alle vorgestellten Zuchtstämme erstellt und über das weitere Vorgehen diskutiert. Von einem dieser Zuchtstämme wurden auch Versuchsbiere verkostet und bewertet. Dabei wurde anhand von Substitutionsreihen untersucht, wie sich die Aromausprägung und -qualität im Vergleich zu der Landsorte Hallertauer Mfr. verändert. Ab der Vorstellung im Beratungsgremium erfolgt die weitere Sortenentwicklung in enger Abstimmung mit der GfH und der gesamten Hopfen- und Brauwirtschaft.

## 6.2 Entwicklung und Validierung geschlechtsspezifischer DNA-Marker für die Hopfenzüchtung

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
<b>Finanzierung:</b>	Wissenschaftliche Station für Brauerei in München e.V.
<b>Bearbeitung:</b>	Dr. T. Albrecht, Dr. B. Büttner, Dr. R. Seidenberger, B. Forster, P. Hager, B. Haugg, J. Kneidl, A. Lutz, Dr. S. Gresset
<b>Kooperation:</b>	IPZ 1d, IPZ 1a, HudsonAlpha Institute for Biotechnology, Huntsville, AL 35806, USA
<b>Laufzeit:</b>	01.01.2024 – 31.08.2024

*Humulus lupulus* L. ist eine mehrjährige zweihäusige Kulturpflanze. An den weiblichen Hopfenpflanzen entwickeln sich nach der Blüte sogenannte Hopfendolden, deren Inhaltsstoffe in der Bier- und Lebensmittelindustrie eingesetzt werden. Entsprechend werden für die Doldenproduktion nur weibliche Hopfenpflanzen angebaut. Werden weibliche Hopfenblüten von windverbreiteten Pollen befruchtet, bilden sich in den Dolden Samen, die sich negativ auf die Brauqualität auswirken können. Um dies zu verhindern und um möglichst nur weibliche Hopfenpflanzen in den aufwendigen Ertragsprüfungen zu evaluieren ist die Geschlechtsbestimmung eine der ersten Herausforderungen jedes Hopfenzuchtprogramms. Da sich weibliche (XX) und männliche Hopfenpflanzen (XY) optisch nur während bzw. nach der Blüte unterscheiden lassen und in unserem Klima die Blütenausbildung meist erst im zweiten Standjahr eintritt, vergehen meist zwei Jahre, bis mit der Selektion der ertragsstärksten und qualitativ besten Hopfennachkommen begonnen werden kann. Eine Methode, um bereits anhand der Erbinformation des Keimlings kurz nach dessen Keimung das Geschlecht bestimmen zu können, würde deutlich zur Effizienzsteigerung der Hopfenzuchtprogramme beitragen. Daher ist der Bedarf an der Entwicklung genotypischer Marker zur Geschlechtsbestimmung hoch. Geschlechtsspezifische genomische Marker, die in den letzten Jahren von internationalen Forschungsgruppen entwickelt wurden, zeigten sich aufgrund unvollständiger Kopplung als wenig geeignet, das Geschlecht in zentraleuropäischem Hopfen vorherzusagen.

Jüngste Sequenzanalysen haben das Wissen über die Struktur und Vielfalt der Geschlechtschromosomen bei Hopfen erweitert und kürzlich in den USA entwickelte genomische Marker zeigen auch für das deutsche Hopfenzuchtprogramm vielversprechende Anwendungsmöglichkeiten. Um die Eignung dieser genomischen Marker für die Sortenentwicklung in Deutschland zu überprüfen und ggf. besser geeignete Marker für das deutsche Hopfenzuchtprogramm zu identifizieren, analysierten wir ein Diversitätspanel, das 190 internationale Hopfensorten, Wildhopfen und aktuelles Zuchtmaterial umfasste. SNP (single nucleotide polymorphism) Marker der 190 Genotypen wurden durch Genotypisierung mittels

Sequenzierung gewonnen und in einer genomweiten Assoziationsstudie analysiert. Die so identifizierten genomischen Marker wurden zusammen mit bereits publizierten Markern in zwei Validierungssets getestet, um ihre Aussagekraft in verschiedenen Hopfenherkünften zu überprüfen. Zudem identifizierten wir die Position dieser genomischen Marker im Hopfengenom. Basierend auf diesen Analysen konnten wir zwei genomische Marker validieren, die sich in der geschlechtsbestimmenden Region der X- und Y-Chromosomen befinden. Beide Marker zusammen waren in der Lage, das Geschlecht aller Hopfengenotypen in beiden Validierungssets korrekt zuzuordnen. Darüber hinaus zeigte sich, dass der von uns neu entwickelte genomische Marker auch vereinzelt auftretende einhäusige Hopfengenotypen, also solche, die sowohl männliche wie auch weibliche Blüten ausbilden, identifizieren kann. Somit ist zukünftig eine gezieltere Zuteilung von limitierten Ressourcen im Hopfenzuchtprogramm möglich. Dieser Fortschritt wird zu einer erhöhten Selektionsintensität führen und somit den Fortschritt bei der Entwicklung widerstandsfähiger Hopfensorten für eine nachhaltige Brauindustrie fördern.

Die vollständige Veröffentlichung dieser Untersuchung finden Sie in *BrewingScience* unter Independent validation of molecular markers for sex determination on diverse sex chromosomes in hops (*Humulus lupulus* L.). T. Albrecht, B. Büttner, S.B. Carey, R. Seidenberger, A. Lutz, A. Harkess and S. Gresset. *BrewingScience*, 77 (November/December 2024), pp. 172-183.

### **6.3 Etablierung einer Phänotypisierungsplattform zur standardisierten Erfassung der genetischen Toleranz von Hopfen gegenüber dem Befall durch die Hopfenblattlaus (*Phorodon humuli* (Schrank)).**

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
<b>Finanzierung:</b>	Wissenschaftliche Station für Brauerei in München e.V.
<b>Bearbeitung:</b>	Dr. B. Büttner, Dr. R. Seidenberger, B. Forster, P. Hager, B. Haugg, J. Kneidl, A. Lutz, Dr. S. Gresset
<b>Kooperation:</b>	IPZ 5b, IPZ 2b
<b>Laufzeit:</b>	01.06.2024 – 31.05.2025

#### **Hintergrund:**

Die Hopfenblattlaus, *Phorodon humuli* (Schrank) ist neben der Gemeinen Spinnmilbe der bedeutendste Schädling im Hopfenanbau der nördlichen Hemisphäre. Aus der Saugtätigkeit der Blattläuse im Phloem der Hopfenpflanzen resultiert sowohl ein direkter wie auch ein sekundärer Ertrags- und Qualitätsverlust der Hopfenernte. Dies geschieht einerseits über den Entzug von Assimilaten und dem Blockieren von Leitungsbahnen in den Hopfenpflanzen, andererseits über die Übertragung von Viren und Bakterien durch die Blattläuse. Die stark zuckerhaltigen Ausscheidungen der Läuse fungieren als Nährboden für die sekundäre Besiedlung der Hopfenpflanze mit Pilzen. Auf Grund des zunehmenden Auftretens insektizid-resistenter Blattlauspopulationen sowie der starken Reduktion zugelassener Insektizide im Hopfenbau wird dieser Schaderreger zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen.

Die Hopfenblattlaus gehört zu den obligat wirtswechselnden Blattlausarten. Die Überwinterung erfolgt als Eier auf mindestens vier Vertretern der Gattung *Prunus spp.*. Ab Ende März schlüpft die erste Generation der Blattlaus auf den Winterwirten. Nach mehreren Generationen an flügellosen Blattläusen auf dem Winterwirt erscheinen abhängig von der Temperatur ab Ende April geflügelte Morphen, die den Winterwirt verlassen und ab Mitte Mai gezielt Hopfenbestände anfliegen. Auf dem Sommerwirt Hopfen können in einer Vegetationszeit bis zu 10 Generationen an Blattläusen entstehen. Vereinzelt wurde beobachtet, dass die erste am Hopfen entwickelte Generation bereits wieder geflügelte Individuen (*Alate*) hervorbringen kann, die neue Hopfenbestände anfliegen. Auf dem Hopfen bilden die ungeflügelten Läuse auf den Blattunterseiten dichte Kolonien (Abb. 40), wobei jedes Individuum durchschnittlich 21 Nachkommen durch Jungfernzeugung produzieren kann. Ab ca. Anfang September entstehen geflügelte Weibchen und Männchen, die zu den Winterwirten übersiedeln und sich dort paaren. Die Weibchen legen 6 – 12 Eier bevorzugt in die Blattnarben auf dem Winterwirt und schaffen damit die Basis für die neue Frühjahrsgeneration.



Abb. 40: *Phorodon humuli* (Schrank) auf Hopfenblättern, links Originalaufnahme, rechts kontrast-optimierte Aufnahme

Das große Schadpotenzial dieses Schädlinges beruht auf der hohen Populationsdynamik auf dem Sommerwirt und seiner schnellen Verbreitung über die geflügelten Läuse. Um die Massenvermehrung auf dem Hopfen zu vermeiden, erfolgte in der Vergangenheit meist ein Insektizideinsatz. Durch den kürzlich durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit erfolgten Widerruf der Zulassung des Wirkstoffes Spirotetramate in Deutschland, steht zukünftig nur noch ein insektizider Wirkstoff (Flonicamid) im deutschen Hopfenanbau zur Verfügung. Ohne die Möglichkeit des Wirkstoffwechsels ist mit einer sich ausbreitenden Resistenz der Läusepopulation gegen den verbliebenen Wirkstoff zu rechnen.

Da bislang für die Bekämpfung der Hopfenblattlaus keine effizienten biologischen Kontrollverfahren zur Verfügung stehen, bleibt nur die Züchtung von Sorten mit Resistenz oder Toleranz gegen die Hopfenblattlaus als nachhaltig ertragssicherndes Verfahren.

Auf Grund von massiven Blattlausschäden im Hopfenanbau wurde bereits in den 80iger Jahren des letzten Jahrhunderts ein spezielles Zuchtprogramm für Blattlaustoleranz im Vereinigten Königreich (Wye College, Kent) gestartet. Dabei wurde ein japanischer Wildhopfen entdeckt, der an seine Nachkommen eine starke Blattlaustoleranz vererbte. Diese

Toleranzquelle wurde im Vereinigten Königreich sehr stark in der Hopfenzüchtung mit Zwergwuchs (Hopfenanbau auf Niedrigergerüsten) verwendet und eine Zwerg-Hopfensorte mit Blattlaustoleranz und mittlerer Braueignung zugelassen (*cv. Boadicea*). Im deutschen Hopfenzuchtprogramm wurde Anfang des Jahrhunderts ein Wildhopfen entdeckt, dessen Nachkommen ebenso eine Toleranz gegenüber Blattlausbefall zeigten. Dieser wurde u.a. bei der Entwicklung der aktuellen Aromahopfensorte Spalter Select eingesetzt, die eine überdurchschnittliche Blattlaustoleranz zeigt. Derzeit gibt es im Hüller Zuchtprogramm einige Zuchtstämme mit unterschiedlich stark ausgeprägter Blattlaustoleranz, was gegen eine monogene Vererbung spricht. Kenntnisse zur Vererbungsform (monogen oder quantitativ) und ggf. die Entwicklung geeigneter molekularer Marker zur Selektion würden die Entwicklung weiterer Hopfensorten mit ausgeprägter Blattlaustoleranz v.a. im derzeit im hochanfälligen Hochalphanbereich deutlich beschleunigen.

Bisher sind keine quantitativ-genetischen Studien zur Blattlaustoleranz im Hopfen bekannt. Für derartige Untersuchungen sind Beobachtungen für eine Vielzahl an Hopfengenotypen mit gleichmäßigem Befallsdruck notwendig. Da das Auftreten der Hopfenblattlaus im Feld meist nesterweise erfolgt und der Pathogendruck starken jährlichen Schwankungen unterliegt, können im Feld keine verlässlichen Daten an vielen Genotypen erfasst werden. Daher ist die Entwicklung einer Phänotypisierungsplattform notwendig, um in einem standardisierten Verfahren die Toleranzausprägung wiederholbar an einer Vielzahl von Hopfengenotypen quantifizieren zu können.

Aufbauend auf den Forschungen von Dr. Weihrauch vom Hopfenforschungszentrum Hüll ist das Ziel des Projektes:

- Etablierung eines standardisierten Tests zur Erfassung der Blattlaustoleranz an Genotypen im Zuchtprozess
- Entwicklung einer Methode zur automatisierten Quantifizierung von Blattläusen auf Hopfenblättern mittels KI-unterstützter Bildauswertung
- Entwicklung einer Methode zur molekularen Quantifizierung des Blattlausbefalls mittels quantitativer PCR (qPCR)
- Vergleich der Methoden zur Erfassung des Blattlausbefalls hinsichtlich Genauigkeit, Durchsatz und Wirtschaftlichkeit

### **Durchführung:**

Anfang März wurden Topffechser von 15 Hopfenstämmen in acht Wiederholungen für den Blattlaustest vorbereitet. Diese 15 Hopfenstämmen beinhalteten sieben Hopfensorten mit bekannter Blattlausanfälligkeit aus langjährigen Beobachtungen im Feld und acht Zuchtstämme aus Kreuzungen mit Eltern, die vermutlich eine Blattlaustoleranz vererben. Die Topffechser wurden Anfang Juni einzeln in Mikrogewächshäuser verpflanzt. Auf jede Pflanze wurden zwei gleichalte, ungeflügelte und vitale Blattläuse gesetzt. Die Mikrogewächshäuser wurden mit einem feinmaschigen Netz verschlossen und in einem vollständig randomisierten Blockversuch in einer Klimakammer aufgestellt. Die Klimabedingungen waren 24,5°C für 14 Stunden mit Belichtung und 8 Stunden bei 20,5°C ohne Belichtung. Die relative Luftfeuchtigkeit wurde durchweg auf >37% gehalten. Nach 10 Tagen wurden die Mikrogewächshäuser einzeln nacheinander geöffnet und visuell auf einer Skala von 0 – 5 (0, keine vitalen Läuse feststellbar, 5, alle Blätter und Stängel mit Läusen befallen) bonitiert (Bonitur 1). Im Anschluss an die Bonitur wurden die Mikrogewächshäuser gegossen, wiederverschlossen und in das ursprüngliche Versuchsdesign gebracht (*Abb. 41*).



*Abb. 41: Mikrogewächshäuser des Blattlaustests in der Klimakammer & Entwicklung der Pflanzen in einem Mikrogewächshaus nach 18 Tagen*

Nach weiteren 13 Tagen wurde der Versuch beendet und die visuelle Bonitur - wie zuvor beschrieben - wiederholt (Bonitur 2). Zudem wurden die Pflanzen einzeln aus den Mikrogewächshäusern in transparente Tüten überführt. Für jede Pflanze wurde unter dem Binokular die Anzahl an lebenden Blattläusen ermittelt (Läuse Gesamtpflanze). Zudem wurde pro Pflanze ein für den Gesamtbefall repräsentatives Blatt ausgewählt, für das die Anzahl vitaler Läuse unter dem Binokular ermittelt wurde (Läuse Einzelblatt). Diese Blätter wurden einzeln digital fotografiert und zusammen mit der zugehörigen Gesamtpflanze in der Tüte eingefroren.

Mittels der Software „RootPainter“ (Smith et al. 2022) wurde ein statistisches Modell mit 30 Bildern aus dem Blattlausversuch in zwei Zyklen auf die Erkennung und Zählung der Blattläuse trainiert. Im Anschluss wurde das so trainierte Modell genutzt, um für alle fotografierten Blätter ( $n = 120$ ) die Anzahl der Läuse zu schätzen (geschätzte Läuse).

#### **Vorläufige Ergebnisse:**

Für alle erhobenen Merkmale konnten signifikante Unterschiede zwischen den Hopfenstämmen festgestellt werden. Die Wiederholbarkeit der Beobachtung war für die visuellen Bonituren am höchsten (Tab. 17). Insgesamt zeigte das Merkmal „geschätzte Läuse“ die geringste Wiederholbarkeit.

*Tab. 17: Varianzkomponenten und Wiederholbarkeiten der an den Gesamtpflanzen im Rahmen des Blattlaustests erhobenen Merkmale*

<b>Merkmal</b>	<b>Genotypische Varianz</b>	<b>Restvarianz</b>	<b>Wiederholbarkeit [%]</b>
Bonitur 1	2,38	0,75	76
Bonitur 2	2,44	0,75	76
Läuse	49,34	55,40	47
Gesamtpflanze			



Hinsichtlich der Übereinstimmung der unterschiedlichen Beobachtungen ergab die statistische Analyse signifikante Korrelationen zwischen allen an den Gesamtpflanzen erhobenen Merkmalen (Tab. 18).

Tab. 18: Phänotypische Korrelationen zwischen allen an der Gesamtpflanze im Rahmen des Blattlaustests erhobenen Merkmale (\*, signifikant bei  $p < 0,05$ )

Phänotypische Korrelationen	Bonitur 2	Läuse Gesamtpflanze	Läuse Einzelblatt
Bonitur 1	0,88*	0,68*	0,61*
Bonitur 2		0,87*	0,80*
Läuse Gesamt-pflanze			0,84*

Für die Hopfensorten mit langjährigen Beobachtungen zur Blattlausanfälligkeit im Feld konnten die Ergebnisse aus dem Blattlaustests in der Klimakammer die jeweiligen Einstufungen bestätigen. Die Sorten Spalter Select, Boadicea und 3W zeigten keinen bis sehr geringen Blattlausbefall, die Sorten Hallertauer Magnum, Herkules und Tango wiesen eine starke Blattlausvermehrung während des Versuchs auf.

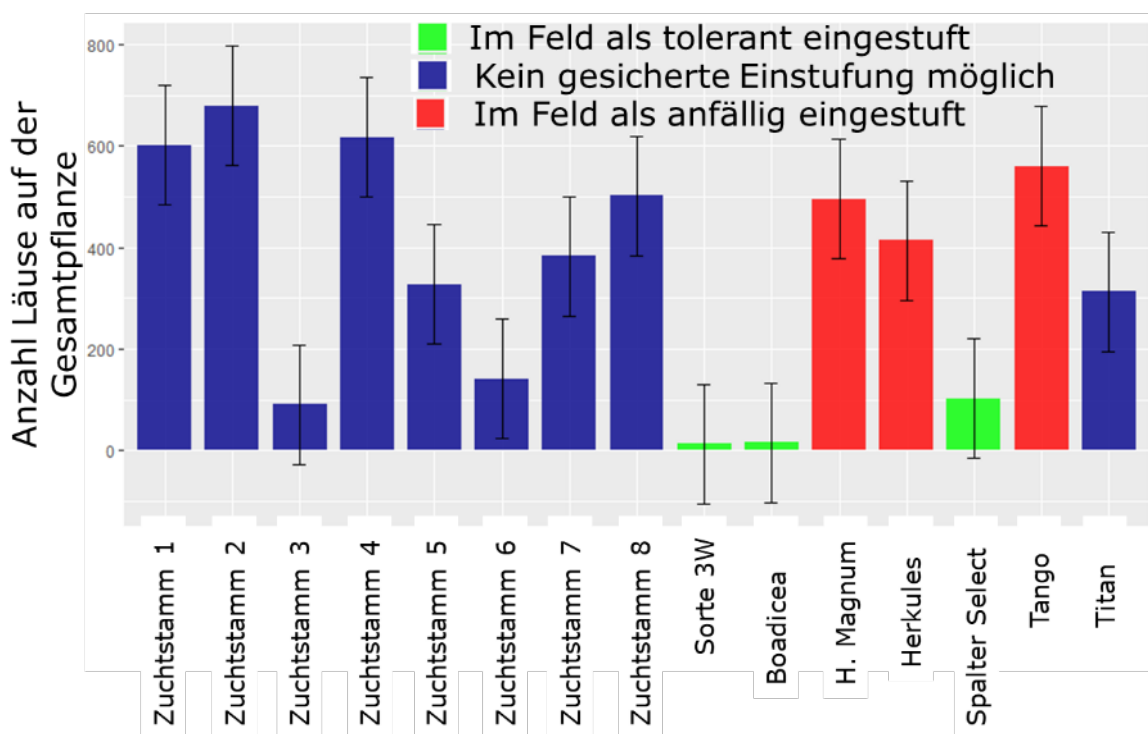


Abb. 42: Anzahl gezählter Läuse an der Gesamtpflanze für die 15 geprüften Hopfenstämme

Das Merkmal „geschätzte Läuse“, welches durch das zuvor trainierte statistische Modell ermittelt wurde, zeigte eine signifikante Korrelation mit der unter dem Binokular gezählten Anzahl an Blattläusen auf dem jeweiligen Einzelblatt.

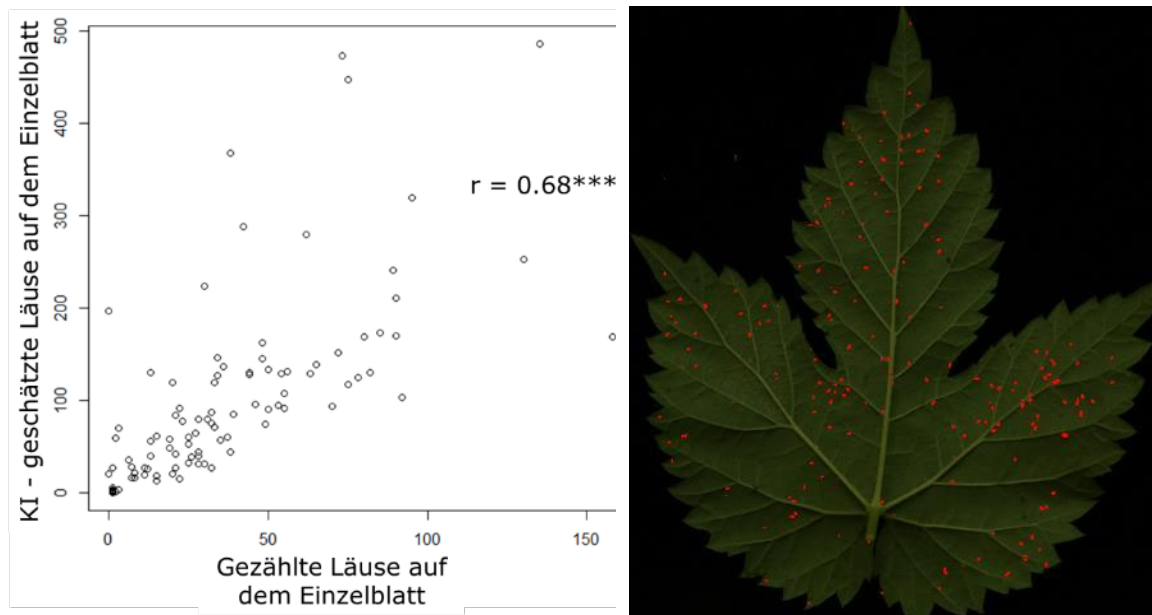


Abb. 43: Links - Statistischer Zusammenhang zwischen der Anzahl unter dem Binokular gezählter Läuse je Blatt und der statistisch geschätzten Anzahl an Läusen je Blatt ( $r$ ; Korrelationskoeffizient, \*\*\*;  $p < 0,01$ )  
Rechts - von dem statistischen Modell detektierte Läuse auf einem Blatt (rot).

Zusammenfassung und Ausblick:

Auf Grund der bisher vorliegenden Ergebnisse lässt sich zusammenfassen:

- Die in der Klimakammer gefundenen Unterschiede zwischen Hopfenstämmen hinsichtlich der Blattlausanfälligkeit stimmen mit Beobachtungen aus dem Feld überein.
- Die gefundenen hohen Wiederholbarkeiten in den unterschiedlichen Merkmalen für die Blattlausanfälligkeit lassen eine Halbierung der notwendigen Wiederholungen und eine Verdoppelung der Stämme zu. Da der Versuch mehrmals in einem Jahr durchführbar ist, kann ein für quantitativ genetische Analysen notwendiger Durchsatz erreicht werden.
- Die visuelle Bonitur erwies sich als die schnellste und auch wiederholbarste Methode zur Bewertung der Blattlausanfälligkeit und ist daher für die Selektion im Zuchtprozess vorzuziehen.
- Für die Detektion der den unterschiedlichen Blattlausanfälligkeiten zugrundeliegenden genetischen Strukturen und deren Nutzung in der Entwicklung neuer blattlaustoleranter Hopfensorten ist eine quantitative Erfassung der Blattlausanfälligkeit nötig. Das entwickelte statistische Modell kann Blattläuse auf Hopfenblättern erkennen und ausreichend genau zählen. Diese Methode steht daher zukünftig anstelle der teuren und langwierigen Zählung unter dem Binokular zu Verfügung.

Um eine möglicherweise noch aussagekräftigere und schnellere Quantifizierung des Blattlausbefalls an Hopfen zu ermöglichen, versuchen wir momentan die Blattläuse anhand ihrer DNA zu quantifizieren.

Dafür muss eine DNA-Isolationsmethode etabliert werden, die parallel die DNA aus der Blattlaus und der Hopfenpflanze gewinnen kann. Im nächsten Schritt wird die Blattlaus-DNA im Verhältnis zur Hopfen-DNA mittels qPCR quantifiziert und daraus Rückschlüsse auf den Befall gezogen.



Eine Herausforderung bei der DNA-Isolation ist die Menge an Material, die verarbeitet werden muss. Da die Läuse nicht gleichmäßig auf der Pflanze sitzen, muss die ganze Pflanze (ca. 30 cm mit Blättern und Stängel) aufgearbeitet werden. Dazu wurde die Pflanze im Ganzen getrocknet und wir konnten aus fünf getesteten Verfahren eine Methode zum Vermahlen der Pflanze mit anschließender DNA-Isolation etablieren. Im nächsten Schritt wird jetzt überprüft, ob wir mit dieser Methode auch die Blattläuse aufschließen und DNA aus ihnen isolieren können.

Parallel zur Etablierung der DNA-Isolation wird an der Entwicklung der qPCR gearbeitet, bei der in einem Lauf die Hopfen- und die Blattlaus-DNA nachgewiesen werden soll. Im ersten Schritt wurden in der Literatur beschriebene Primerpaare für Blattläuse getestet. Keines der getesteten 7 Primerpaare ist spezifisch für die Hopfenblattlaus, es konnten aber mit 2 Paaren DNA aus der Hopfenblattlaus vermehrt werden. Der nächste Schritt ist jetzt die Etablierung der Duplex-PCR für die gleichzeitige Detektion von Hopfen- und Blattlaus-DNA.

Literatur:

Smith A.G., Han E., Petersen J., Olsen N.A.F., Giese C., Athmann M., Dresboll D.B., Thorup-Kristensen K. (2022) RootPainter: deep learning segmentation of biological images with corrective annotation. *New Phytol*, 236: 774 – 791

## 6.4 Etablierung eines Hopfenzuchtgartens unter Anbaubedingungen eines Öko-Verbandes

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

**Finanzierung:** BarthHaas, Nürnberg

**Bearbeitung:** D. Ismann, J. Kneidl, A. Lutz, Dr. S. Gresset, Dr. K. Kamhuber, Dr. F. Weihrauch

**Kooperation:** GfH, IPZ 5d, 5e

**Laufzeit:** ab 2024

Ökologischer Hopfenbau kann trotz des in Deutschland wahrnehmbaren Trends hin zu mehr Bio noch immer als „Nische in der Nische“ bezeichnet werden und ist innerhalb der Sonderkultur Hopfen global gesehen kein wirtschaftlich wichtiger Faktor. Politische Forderungen nach einer Erhöhung des Öko-Produktionsflächenanteils auf 30 % bis zum Ende des Jahrzehnts werden im Hopfen nicht umsetzbar sein, obwohl in den letzten Jahren ein deutlicher Trend zu verzeichnen ist, der jedoch auf sehr niedrigem Niveau begann: Handelte es sich 2010 noch um 76 ha ökologisch bewirtschaftete Hopfenanbaufläche, so wurde 2024 bereits auf 261 ha Bio-Hopfen in Deutschland angebaut. Zudem gibt es aktuell noch 41 ha Umstellungsfläche. Bei Fortsetzung des Trends der letzten 10 Jahre kann es bis 2030 in Deutschland etwa 400-500 ha (2 bis 2,5% der Gesamtfläche) Bio-Hopfenanbaufläche geben.

Für die Wissenschaft ist der Öko-Hopfen allerdings eine wichtige Spielwiese, um insbesondere beim Pflanzenschutz neue, umweltschonende Methoden zu entwickeln. In intensivem Austausch zwischen innovativer Forschungsarbeit und aufgeschlossenen Praktikern werden mit thermischen, mechanischen und biologischen Anwendungen verschiedenste Ansätze untersucht. Durch die Herausforderungen der Zukunft (Resistenzbildung, Wegfall von

Pflanzenschutzmitteln, ...) gelangen die für den Öko-Anbau entwickelten Wege zur Gesunderhaltung der Pflanze auch in den Fokus konventionell wirtschaftender Hopfenpflanzer und bereichern das Portfolio an Möglichkeiten. Die maschinelle Ausbringung von Raubmilben zur Bekämpfung der Gemeinen Spinnmilbe ist mittlerweile praxisreif und wirtschaftlich. 2024 wurden bereits knapp 100 ha Praxisflächen von 19 Betrieben mit gutem Erfolg so geschützt.

Neben diesen technischen Lösungen ist die Hopfenzüchtung schon seit Langem auf die Themen Nachhaltigkeit, Umwelt- und Ressourcenschutz fokussiert. Dadurch sollen Sorten entwickelt werden, die auch für den ökologischen Anbau optimal angepasst sind. Das aktuelle Zuchtprogramm steht unter dem Motto „Low Input – High Output“. In den Zuchtgärten werden die Zuchtstämme und Sorten unter Berücksichtigung künftiger Rahmenbedingungen getestet:

- Reduktion der N-Düngung um mindestens 50 kg/ha gegenüber der Düngeempfehlung
- Minimaler Einsatz von Pflanzenschutzmitteln
- Verzicht auf Bewässerung

Große Bedeutung wird zudem auf ein günstiges Dolden-/ Restpflanzenverhältnis (Harvest-Index) gelegt. Durch die Verringerung der Gesamtbiomasse bei gleichbleibendem oder gesteigertem Ertrag kann der Bedarf an Dünger, Pflanzenschutzmittel und Wasser weiter reduziert werden. Zudem sinkt der CO<sub>2</sub>-Footprint deutlich.

In einem kleinen isoliert gelegenen Zuchtgarten werden seit 2007 Sorten, Zuchtstämme und Wildhopfen unter Verzicht auf jeglichen Pflanzenschutz auf ihre Resistenz gegenüber Krankheiten und Schädlingen getestet. In Kombination mit den Erfahrungen aus Zuchtgärten, Gewächshaus- und Labortests ergibt sich ein aussagekräftiges Gesamtbild.

Abgerundet wird die Testung besonders erfolgversprechender Zuchtstämme durch Reihen- und Großparzellenanbauversuche in den deutschen Hopfenanbaugebieten unter Praxisbedingungen.

2024 wurde nun ein langjähriger Ökobetrieb aus der Hallertau in dieses Versuchsprogramm aufgenommen. Aktuell werden zwei Aromazuchtstämme und ein Hochalphazuchtstamm im Vergleich zu den bewährten Sorten Spalter Select und Tango angebaut. Ab der Ernte 2025 sind aussagekräftige Ergebnisse zu erwarten. Damit ist gewährleistet, dass Biobetriebe hinsichtlich der Anbaueignung neuer Sorten mit entsprechenden Informationen versorgt werden können.

## 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 Arbeiten durch, deshalb nimmt sie eine zentrale Rolle ein. Alle anderen Arbeitsgruppen sind auf die analytischen Daten zur Unterstützung ihrer Versuchsfragen angewiesen. Hopfenzüchtung ist ohne Hopfenanalytik nicht möglich.

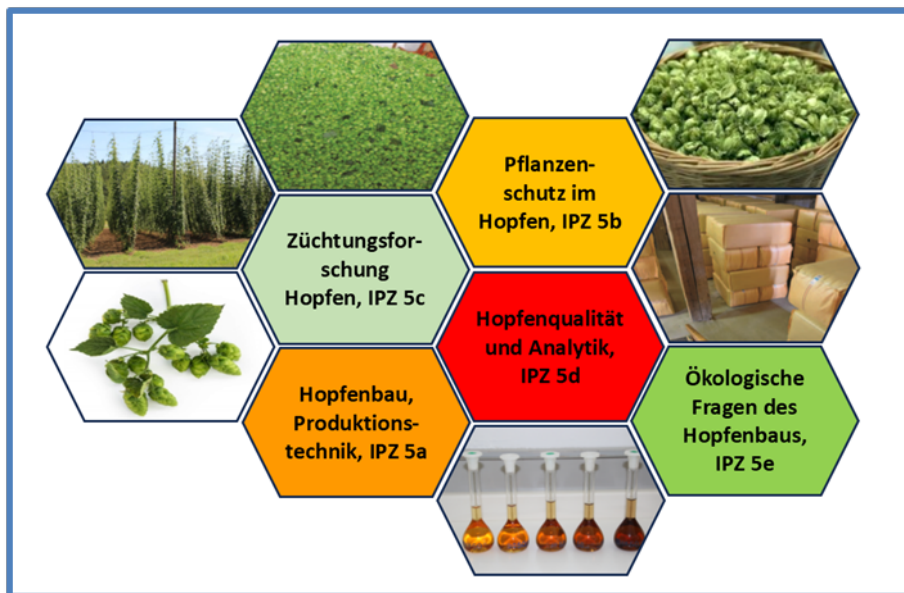


Abb. 44: Die zentrale Bedeutung der Arbeitsgruppe IPZ 5d

Hopfen wird wegen seiner wertvollen Inhaltsstoffe angebaut. Der Hopfen hat drei Gruppen von wertgebenden Inhaltsstoffen. Dies sind in der Reihenfolge ihrer Bedeutung die Bitterstoffe, die ätherischen Öle und die Polyphenole.



Abb. 45: 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.

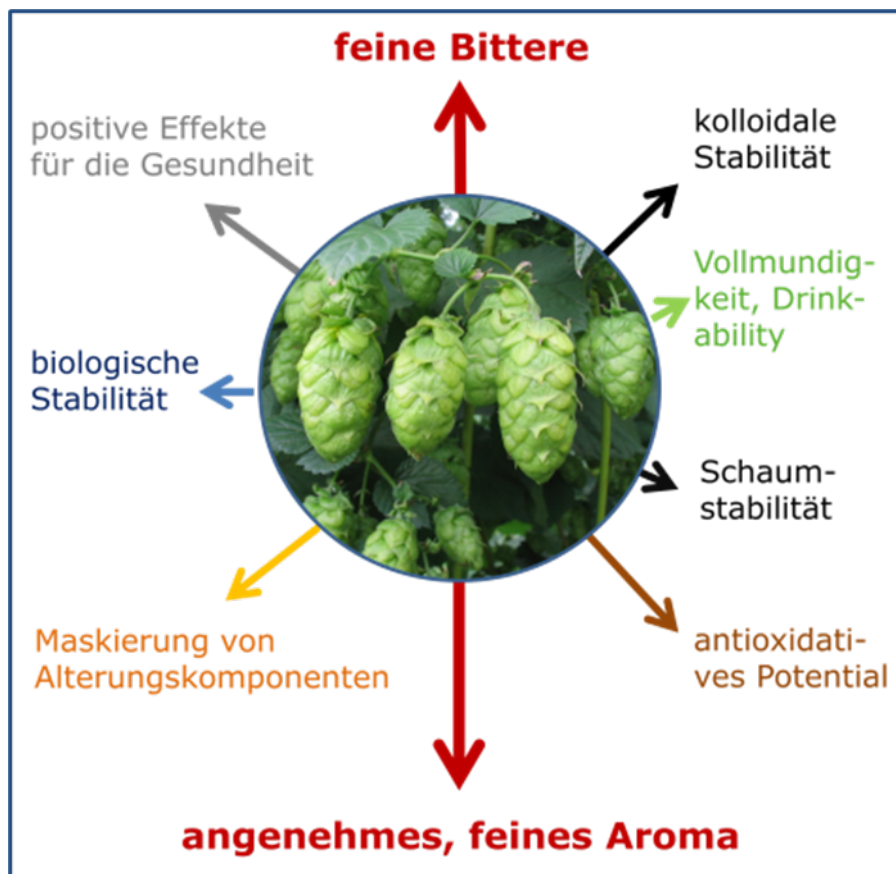


Abb. 46: Was bewirkt der Hopfen im Bier

## 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.

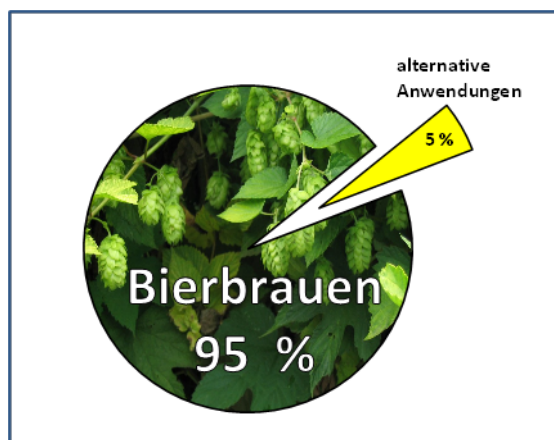


Abb. 47: Verwendung von Hopfen

### 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, dazwischen gibt es fließende Übergänge.

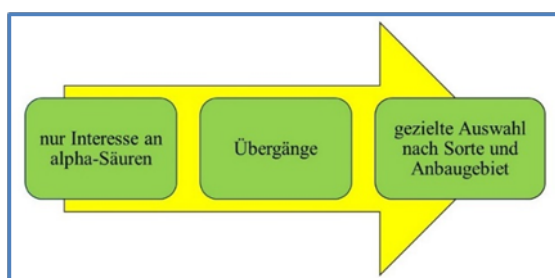


Abb. 48: Unterschiedliche Philosophien bezüglich des Einsatzes von Hopfen

Einig ist man sich jedoch darüber, dass Hopfensorten mit möglichst hohem  $\alpha$ -Säuregehalt und hoher  $\alpha$ -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 hohem 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 Gesamt Bierumsatz 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 „Aromasorten mit speziellen Eigenschaften“ 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.

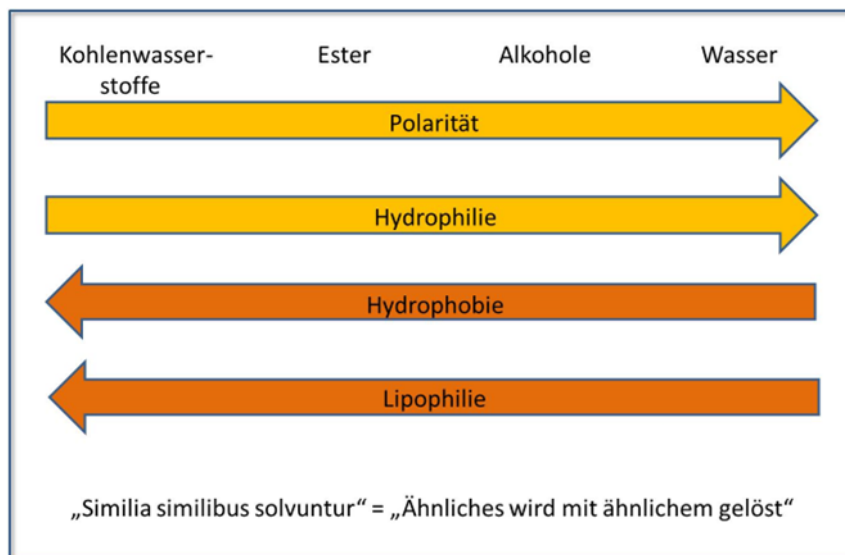


Abb. 49: Das Löslichkeitsverhalten von Hopfeninhaltsstoffen basiert auf der Polarität

Alpha-Säuren gehen nur in geringem Umfang in Lösung, da sie nicht isomerisiert werden. Niedermolekulare Ester sind einigermaßen und Alkohole wie Linalool oder Geraniol gut löslich. Dies ist der Grund, warum kalt gehopfte Biere fruchtige und blumige Aromen bekommen. Unpolare Substanzen wie Myrcen werden in Spuren gelöst (maximal 1mg/l).

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. Die chemischen Eigenschaften von Pestiziden sind z.B in der GESTIS-Stoffdatenbank (Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung) <https://gestis.dguv.de> gut dargestellt. Auch findet man viel Information in der „Pesticide Properties DataBase“ der Universität Hertfordshire <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/>.

Die meisten im Hopfen zugelassenen Pflanzenschutzmittel sind nicht gut löslich bis auf zwei Ausnahmen. Fosetyl-Al ist mit 120g/ l Wasser gut löslich, zersetzt sich aber sofort zu Phosphonsäure. Metalaxyl-M ist mit 8,4 g/l auch gut löslich, aber hier ist die zugelassene Höchstmenge mit 15 ppm sehr gering.

## 7.2.2 Alternative Anwendungsmöglichkeiten

Für alternative Anwendungen können von der Hopfenpflanze sowohl die Dolden als auch die Restpflanze verwertet werden. Ein Projekt über die Gewinnung und Eignungsprüfung von Fasern zur Vliesstoffherstellung wurde bei der Arbeitsgruppe IPZ 5a bearbeitet. Im Jahresbericht 2023 wird auf den Seiten 32-42 ausführlich darüber berichtet. Aber auch die Schäben, darunter versteht man die herausgelösten inneren holzigen Teile der Hopfenrebe können genutzt werden. Diese eignen sich wegen ihrer guten Isolationseigenschaften und hoher mechanischer Festigkeit als Material für Schüttisolationen und auch gebunden für Isoliermatten. Sie können auch zu Fasern für Formteile wie z.B. Kfz-Türverkleidungen verarbeitet werden. Bis jetzt gibt es aber noch keine nennenswerten technischen Anwendungen.

Bei den Dolden sind 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- $\alpha$ -Säuren,  $\alpha$ -Säuren und  $\beta$ -Säuren.

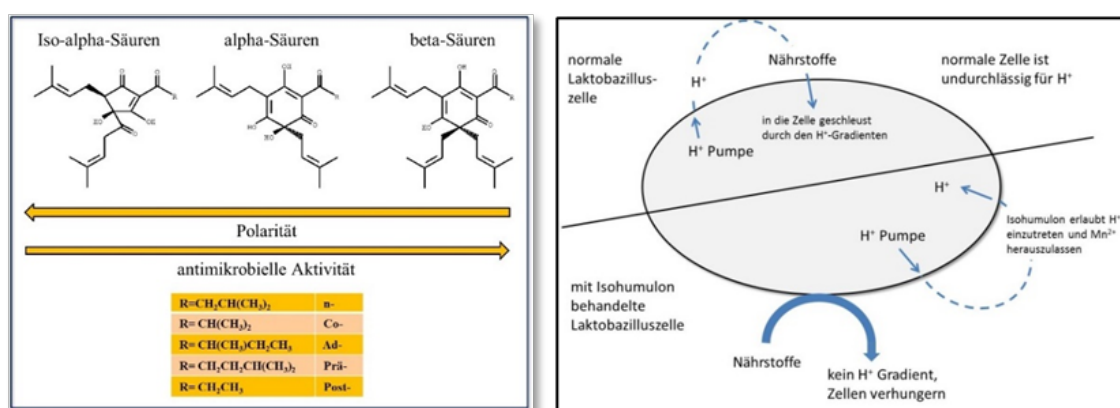


Abb. 50: Reihenfolge der antimikrobiellen Aktivität von Iso- $\alpha$ -Säuren,  $\alpha$ -Säuren und  $\beta$ -Säuren und deren Wirkungsweise

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

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



Tab. 19: 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 zum UV-Schutz 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, Atherosklerose, 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. 20: 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
● Polyphenole schützen das Immunsystem
● Polyphenole beugen neurodegenerativen Krankheiten wie Alzheimer vor

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.

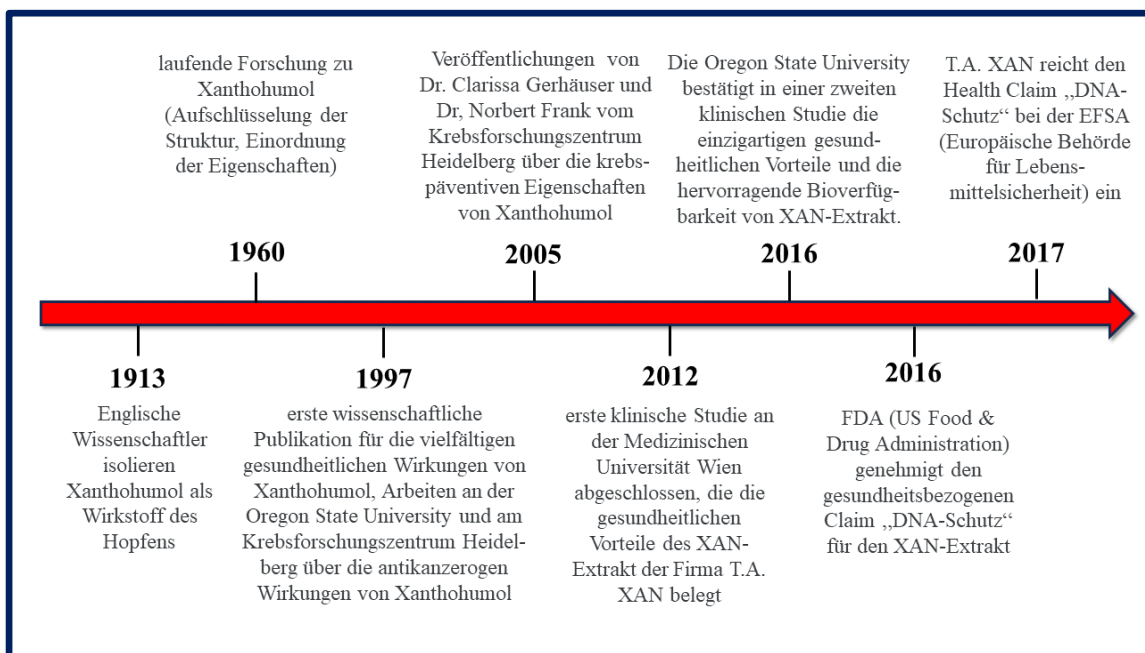


Abb. 51: Historie der Xanthohumolforschung

Bei der EFSA (European Food Security Authority) wurde der Status "Health Claim" beantragt, aber noch nicht gewährt. Xanthohumol hilft beinahe gegen alles (Abb. 52), am bedeutendsten ist jedoch die antikanzerogene Wirkung von Xanthohumol.

Während des Brauprozesses findet eine ständige Umwandlung der prenylierten Flavonoide statt (Abb. 52). Xanthohumol wird beim Würzekochen zu Iso-Xanthohumol isomerisiert und Demethylxanthohumol zu 8- und 6-Prenylnaringenin. Deshalb ist Demethylxanthohumol auch nicht im Bier zu finden und die Konzentrationen der prenylierten Naringenine sind im Bier deutlich höher als im Hopfen

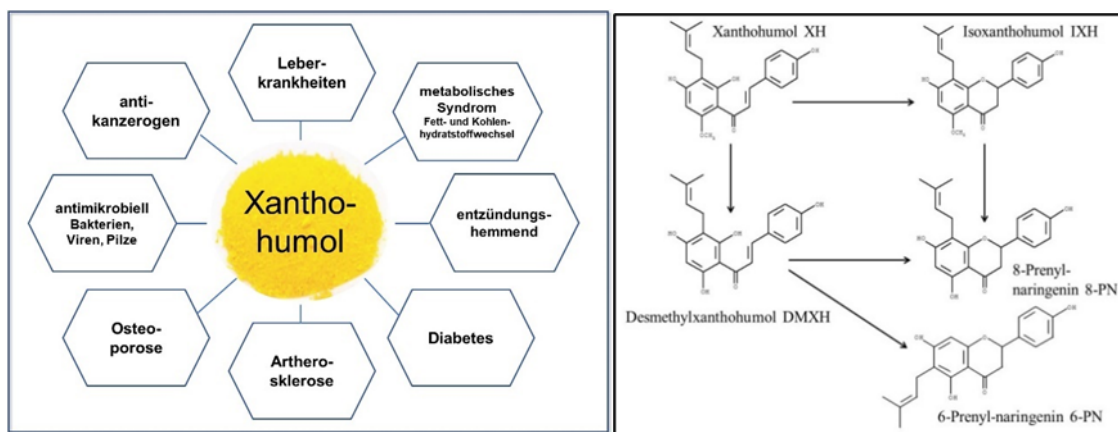


Abb. 52: Effekte von Xanthohumol und Transformationen im Brauprozess

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- $\beta$ -Östradiol aufweist.

Eine weitere Stoffgruppe, die im Hopfen mit bis zu 0,2 % vorkommt, sind die Multifidole (siehe folgende Abb.). 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.

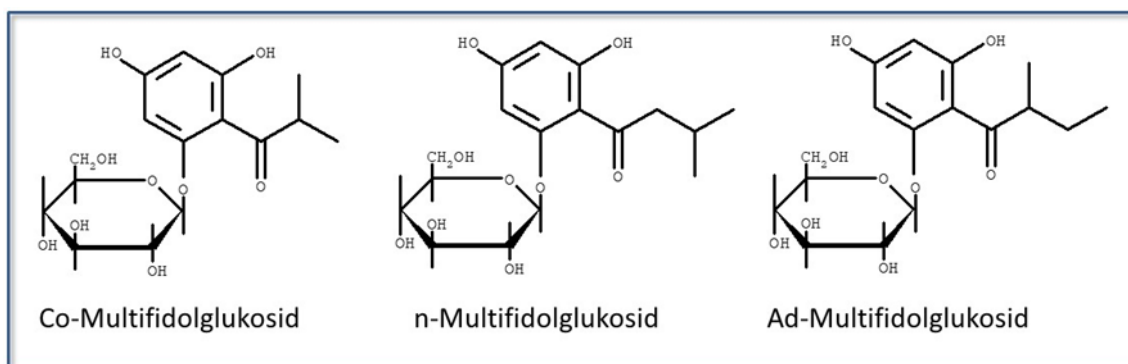


Abb. 53: Chemische Strukturen der Multifidole

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 ätherischen Öle des Hopfens sind für sein Aroma verantwortlich. In der Literatur wird meistens von 200-300 Einzelsubstanzen gesprochen (Eri, S., Khoo, B., K., Lech, J., Hartman, T., G., Direct thermal desorption – gas chromatography and gas chromatography – mass spectrometry profiling of hop (*Humulus lupulus* L.) essential oils in support of varietal characterization, J. Agric. Food Chem. 2000, 48, 1140 -1149). Der Gesamtölgehalt wird mit der Wasserdampfdestillation bestimmt und Einzelkomponenten mit der Gaschromatographie - Massenspektroskopie. Das Hüller Labor kann 120 Substanzen qualitativ identifizieren und quantitativ solche messen, von denen Standards vorhanden sind. 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?

Hopfen muss sortenrein abgeliefert werden, nur zwei Prozent Fremdanteil sind erlaubt. Das Labor in Hüll hat auch die Aufgabe die Sortenreinheit zu überprüfen.

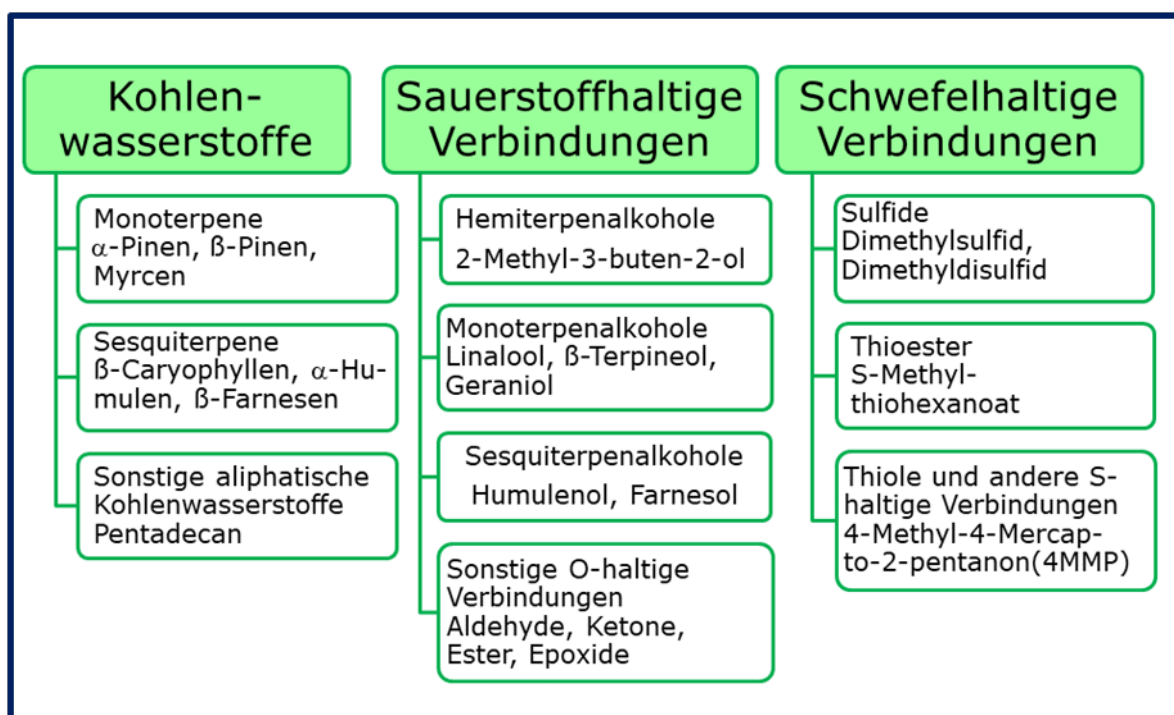


Abb. 54: Systematik der ätherischen Hopfenöle

Zur Sortenunterscheidung sind Sesquiterpene wie  $\beta$ -Caryophyllen, Humulen,  $\beta$ -Farnesen,  $\beta$ - und  $\alpha$ -Selenen gut geeignet.  $\beta$ -Farnesem ist das typische Merkmal des Saazer Formenkreises. Diese Verbindungen gehen aber schlecht ins Bier über und sind nicht aromaaktiv. Nach S. Brendel et al. (Brendel, S., Hofmann, T., Granvogl, M., Characterization of Key Aroma Compounds in Pellets of Different Hop Varieties (*Humulus lupulus* L.) by Means of the Sensomics Approach, J. Agric. Food Chem. 2019, 67, 12044 - 12053) wird das Hopfenaroma vor allen durch Myrcen und Linalool geprägt. Myrcen vermittelt einen erdigen süßlichen Geruchseindruck ähnlich Gewürznelken. Die Löslichkeit von Myrcen in Wasser ist mit 1 mg/l gering. Da Myrcen jedoch der Hauptbestandteil des Hopfenöls ist, wird Myrcen auch im Bier gefunden. Linalool gilt schlechthin als die Indikatorsubstanz für ein

angenehmes Hopfenaroma. Es ist sehr gut löslich und besitzt frische, blumige Geruchsnoten. Bei Aromasorten mit speziellen Eigenschaften spielen auch Schwefelverbindungen wie das 4-Mercapto-4-Methyl-2-pentanon (4-MMP) eine Rolle. 4-MMP ist eine der geruchsinintensivsten Verbindungen überhaupt. In konzentrierter Form riecht 4-MMP fast unerträglich, in sehr verdünnter Form hat es den Geruch von schwarzen Johannisbeeren, den die Craft Brewer so sehr mögen. 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. In einem Artikel von Dr. Kiyoshi Takoi (Sapporo Breweries) in der Brauwelt International, 2019/II, Seite 130 - 136 sind diese Biotransformationen ausführlich beschrieben.

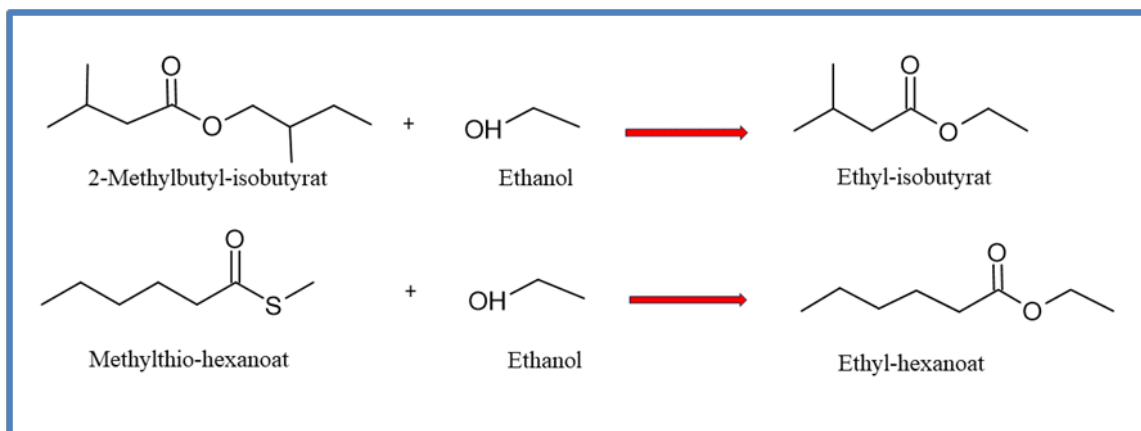


Abb. 55: Umesterung von Estern und Thioestern zu Ethylestern

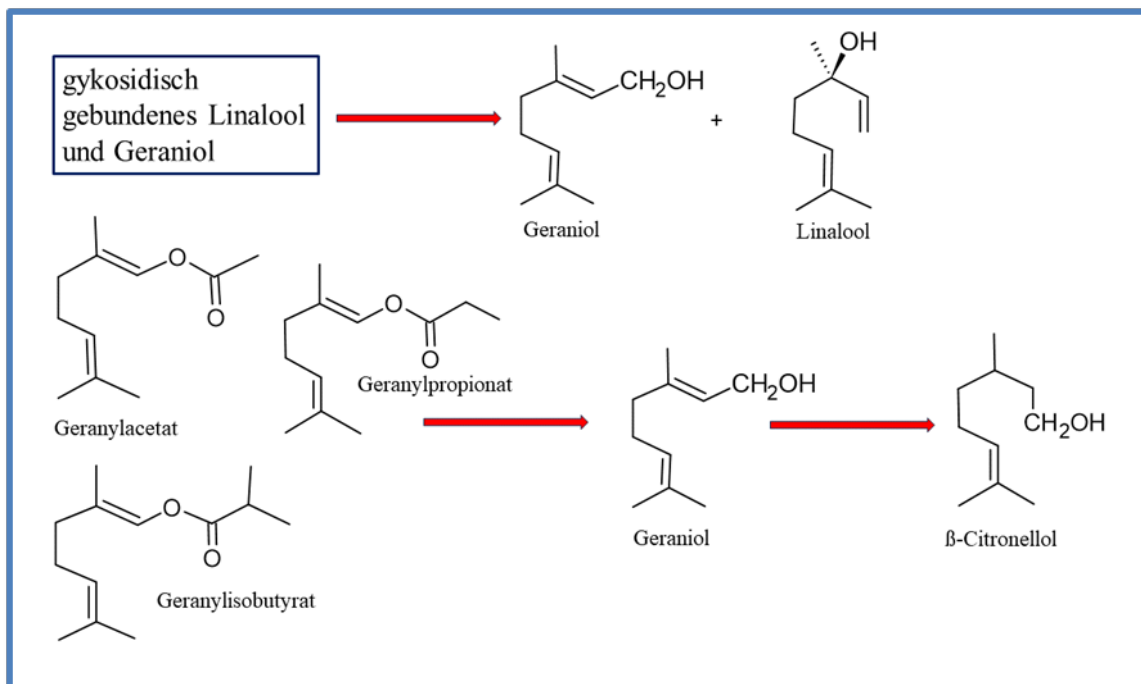


Abb. 56: Freisetzung von glykosidisch gebundene Linalool und Geraniol, Freisetzung von Geraniol aus Geranylestern, Reduktion von Geraniol zu  $\beta$ -Citronellol

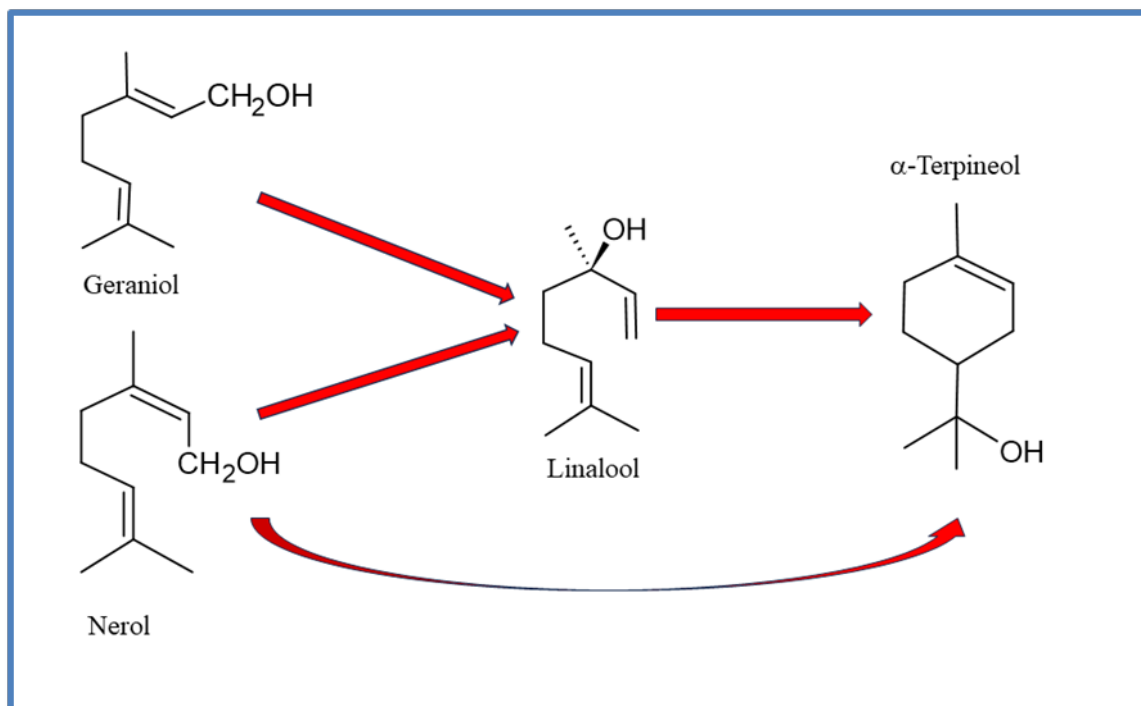


Abb. 57: Biotransformation von Geraniol und Nerol zu Linalool und  $\alpha$ -Terpineol

#### 7.4 Welthopfensortiment (Ernte 2023)

Vom Welthopfensortiment werden jedes Jahr die ätherischen Öle mit Headspace- Gaschromatographie und die Bitterstoffe mit HPLC analysiert. Die folgende Tabelle (Tab. 21) zeigt die Ergebnisse des Erntejahres 2023. 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. 58: Die Morphologie und das Metabolom des Hopfens werden durch viele exogene Faktoren festgelegt

Tab. 21: Welthopfensortiment (Ernte 2023)

Sorte	Myrcen	2-Methylbutylisobutyrat	Methylisoheptanoat	$\beta$ -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	$\beta$ -Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	$\beta/\gamma$ -Cadinen	3,7-Selinadien	Geraniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/\alpha$	Cohumulon	Colupulon
Admiral	1939	557	0	173	91	0	11	354	10	19	2	4	45	0	0	12,2	5,8	0,48	37,8	66,5
Agnus	1029	98	4	30	21	0	5	174	0	18	4	7	36	0	3	7,8	5,1	0,65	35,9	58,9
Ahil	2170	381	69	30	55	0	25	244	130	15	5	9	37	0	13	6,8	4,9	0,72	27,5	5w9,4
Alliance	670	152	0	9	43	0	9	222	5	18	2	3	44	0	0	4,5	4,4	0,98	26,9	47,4
Ariana	2148	472	184	358	51	0	37	392	0	19	17	32	44	0	4	7,4	5,4	0,73	34,1	56,9
Atlas	2076	437	78	98	43	0	3	246	149	14	6	11	33	0	14	6,3	4,9	0,78	31,1	60,9
Backa	1433	391	1	141	68	0	11	266	35	20	2	3	41	0	1	4,8	4,7	0,98	36,6	69,7
Belgisch Spalter	964	188	0	87	46	2	8	207	0	21	19	37	38	56	0	3,5	4,3	1,23	25,7	51,0
Blisk	1391	212	85	42	61	0	3	200	145	16	4	7	34	0	13	7,2	4,8	0,67	29,4	61,5
Bobek	3098	324	14	260	102	0	25	359	50	14	2	3	35	0	3	3,3	4,4	1,33	28,5	50,6
Bor	1000	128	2	198	21	0	16	263	0	14	2	4	37	0	4	7,1	5,1	0,72	24,2	50,0
Bramling Cross	1646	364	2	121	71	0	22	329	0	12	8	16	28	8	2	2,3	3,9	1,70	27,1	66,2
Braustern	727	132	2	157	18	0	9	195	0	18	2	3	40	0	0	6,4	5,5	0,86	27,8	49,9
Brewers Gold	1932	349	36	143	33	0	2	265	0	17	6	10	40	0	14	6,1	3,3	0,54	35,7	64,1
Callista	3497	434	136	112	113	0	22	517	0	21	27	52	48	0	1	4,6	6,1	1,33	18,9	39,1
Cascade	3478	318	88	135	43	0	8	381	59	18	8	15	42	2	5	7,9	5,8	0,73	32,8	50,8
Challenger	2179	420	10	168	49	0	28	395	7	17	27	54	40	0	1	4,8	3,6	0,75	27,6	47,3
Chang bei 1	1409	90	11	23	74	0	37	257	40	21	14	27	45	46	1	4,7	4,9	1,04	22,6	39,4
Chang bei 2	1441	6	10	19	76	0	40	284	41	20	12	24	41	45	0	4,4	4,7	1,07	21,4	37,6
Chinook	1326	360	34	35	20	0	5	270	0	55	11	17	115	32	10	10,6	3,2	0,30	29,9	54,5
Columbus	1740	266	67	70	25	0	3	260	0	41	7	12	82	22	4	16,2	4,8	0,30	31,0	56,4
Comet	914	107	14	199	29	0	5	14	0	4	26	50	8	27	5	8,6	5,0	0,58	33,6	65,5
Crystal	945	99	1	90	51	16	4	228	0	23	21	41	33	67	1	1,9	5,4	2,84	15,2	44,5
Density	1652	296	0	47	80	0	16	406	0	14	3	6	35	0	0	2,0	4,0	2,00	28,9	63,6
Dr. Rudi (Super Alpha)	1833	421	52	171	102	0	35	348	0	18	3	5	38	0	1	7,6	5,0	0,66	37,4	69,8

Sorte	Myrcen	2-Methylbutylisobutytrat	Methylisoheptanoat	$\beta$ -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	$\beta$ -Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	$\beta/\gamma$ -Cadinen	3,7-Selinadien	Geraniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/\alpha$	Cohumulon	Colupulon
Early Choice	1273	273	1	142	18	0	8	325	0	13	33	65	32	0	0	3,2	3,6	1,13	35,8	91,7
Emerald	882	153	9	149	21	0	27	263	0	17	4	7	43	0	2	6,2	4,9	0,79	28,6	52,1
Galena	2729	770	101	681	39	0	25	372	4	15	5	9	31	1	4	5,0	4,1	0,82	41,9	67,1
Ging Dao Do Hua	2039	575	0	34	62	0	18	296	1	42	25	48	86	1	8	5,0	4,6	0,92	40,0	73,4
Golden Star	2098	622	0	28	64	0	20	333	1	53	30	54	113	0	7	5,2	4,6	0,88	42,9	75,7
Granit	1168	158	13	126	22	0	32	217	0	13	7	13	32	0	3	7,8	5,1	0,65	25,2	42,8
Hallertau Blanc	8514	1144	391	61	107	0	24	405	1	21	247	475	55	0	7	9,2	5,6	0,61	20,7	37,8
Hall. Magnum	2026	196	126	108	20	0	10	368	0	15	2	4	38	0	1	10,6	5,5	0,52	22,5	40,6
Hall. Merkur	1579	275	61	37	44	0	11	351	0	19	2	3	46	0	1	12,7	6,6	0,52	15,0	38,2
Hallertauer Mfr.	1001	152	4	25	41	0	14	312	0	24	2	3	48	0	0	3,3	4,5	1,36	19,4	37,8
Hall. Taurus	3095	236	61	159	105	0	27	408	0	18	41	79	46	0	2	12,0	3,9	0,33	19,1	43,1
Hall. Tradition	2106	325	23	78	79	0	12	433	0	18	2	3	38	0	0	4,1	3,7	0,90	25,5	48,0
Harmony	1323	162	12	89	68	0	20	273	0	17	42	82	40	0	2	4,7	5,6	1,19	23,1	47,2
Herkules	2520	489	188	440	28	0	19	435	0	16	2	3	41	0	6	14,0	5,6	0,40	32,3	52,7
Hersbrucker Pure	2411	326	0	84	71	1	10	392	0	22	21	43	41	80	1	4,3	1,7	0,40	24,3	46,6
Hersbrucker Spät	1771	173	16	124	54	27	1	312	0	25	22	43	44	69	2	4,7	4,7	1,00	21,4	37,0
Huell Melon	7309	1887	3	514	64	1	56	125	203	49	215	398	103	168	17	7,0	7,3	1,04	29,2	49,7
Hüller Anfang	651	151	20	3	44	0	12	222	0	23	2	3	42	0	0	2,0	5,1	2,55	24,8	45,9
Hüller Aroma	873	170	3	3	68	0	17	273	0	22	2	3	48	0	0	3,0	4,8	1,60	31,1	54,9
Hüller Fortschritt	1050	126	28	9	74	0	18	297	0	20	2	3	42	0	0	2,5	5,0	2,00	27,1	48,9
Hüller Start	907	113	2	32	28	0	18	291	0	21	2	3	41	0	0	2,0	4,3	2,15	34,3	58,6
Jap. C 730	1126	109	32	271	33	0	21	212	126	10	6	10	23	0	4	4,0	4,1	1,03	30,5	49,7
Jap. C 845	986	90	42	171	20	0	11	189	37	20	2	4	44	0	3	11,0	5,4	0,49	24,0	41,9
Kirin 1	1846	499	1	36	54	0	17	306	3	37	23	18	84	0	6	5,3	4,9	0,92	42,1	67,6
Kirin 2	1960	528	0	21	56	0	19	306	0	52	31	59	104	0	6	4,7	4,4	0,94	43,8	78,2
Kitamidori	895	91	32	160	16	0	9	189	24	21	2	3	46	0	3	9,8	5,2	0,53	23,2	39,9
Kumir	1142	202	2	168	70	0	18	280	0	17	2	3	40	0	2	7,1	5,2	0,73	25,0	44,6

Sorte	Myrcen	2-Methylbutylisobutyrat	Methylisoheptanoat	$\beta$ -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	$\beta$ -Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	$\beta/\gamma$ -Cadinen	3,7-Selinadien	Geraniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/\alpha$	Cohumulon	Colupulon
Lubelski	1943	71	2	57	69	0	31	421	103	17	15	30	37	0	1	3,2	4,9	1,53	30,6	48,8
Mandarina Bavaria	5433	1112	20	185	74	0	32	613	15	30	69	20	66	0	31	10,5	5,9	0,56	37,3	57,3
Mt. Hood	1238	114	32	21	46	0	10	303	0	25	7	12	51	0	2	3,9	4,9	1,26	20,2	41,4
Neoplanta	651	136	0	143	10	0	6	144	20	17	2	3	40	0	0	4,2	4,7	1,12	31,2	62,8
Neptun	1112	190	106	27	44	0	4	214	0	20	2	2	45	0	1	9,9	4,5	0,45	22,5	44,8
Northdown	877	153	2	99	44	0	6	204	0	18	2	2	41	0	1	6,1	5,2	0,85	26,4	50,1
Northern Brewer	1609	259	1	217	19	0	10	342	0	15	1	2	38	0	1	6,4	4,1	0,64	25,5	47,9
Nugget	1863	296	5	151	54	0	11	307	0	13	6	10	33	0	1	12,6	3,9	0,31	25,1	50,6
Olympic	1105	169	10	133	55	0	17	196	0	13	9	17	32	0	1	13,1	5,2	0,40	26,0	48,5
Opal	1605	129	35	209	57	0	10	285	0	18	2	0	35	0	4	6,4	5,5	0,86	11,9	29,6
Orion	606	155	10	71	44	0	17	171	0	22	2	3	47	0	1	6,0	4,9	0,82	28,8	53,2
Perle	899	139	2	157	13	0	7	255	0	17	2	3	40	0	1	5,1	3,6	0,71	29,6	51,5
Polaris	1315	180	86	178	12	0	10	251	0	18	2	3	46	0	2	18,4	5,4	0,29	20,7	41,9
Premiant	1364	159	4	99	45	0	16	330	0	17	2	4	42	0	1	6,1	3,7	0,61	19,9	41,8
Pride of Ringwood	809	126	0	3	15	0	23	50	0	20	46	89	39	0	1	6,9	5,3	0,77	28,9	50,9
Record	1673	51	1	6	71	0	18	473	0	17	2	4	36	0	0	3,3	5,0	1,52	34,3	51,8
Relax	1689	134	10	37	14	0	19	422	0	22	4	6	39	0	4	0,4	9,3	23,25	36,7	27,0
Rottenburger	1189	144	1	11	58	0	28	308	0	20	2	3	46	0	0	4,2	5,6	1,33	26,5	42,3
Rubin	1338	247	84	102	38	0	8	271	0	21	42	81	46	0	8	9,3	4,7	0,51	28,8	58,3
Rubin	2313	241	88	117	32	0	7	345	0	21	43	82	47	0	10	10,8	3,6	0,33	31,8	54,2
Saazer	3561	26	3	65	77	0	35	611	123	20	2	3	39	1	1	2,4	3,7	1,54	24,3	41,7
Saphir	1738	121	13	259	67	1	21	278	0	18	11	21	35	34	2	2,3	4,3	1,87	13,1	39,6
Serebrianker	984	168	1	38	58	0	7	227	6	28	24	40	45	0	2	1,7	4,9	2,88	30,8	48,4
Sladek	966	139	3	109	56	0	17	254	7	17	2	3	43	0	2	6,6	5,3	0,80	18,1	40,1
Smaragd	2380	41	32	182	70	0	15	406	7	16	3	1	38	0	4	5,3	3,3	0,62	15,6	34,4
Sorachi Ace	1168	119	0	160	27	0	18	174	18	20	2	4	43	0	5	8,2	5,8	0,71	26,5	48,8
Southern Promise	522	178	14	64	2	0	39	243	0	23	12	23	42	44	0	7,1	4,5	0,63	28,2	50,5



Sorte	Myrcen	2-Methylbutylisobutyrat	Methylisoheptanoat	$\beta$ -Ocimen	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	$\beta$ -Farnesen	$\gamma$ -Muurolen	$\beta$ -Selinen	$\alpha$ -Selinen	$\beta/\gamma$ -Cadinen	3,7-Selinadien	Geraniol	$\alpha$ -Säuren	$\beta$ -Säuren	$\beta/\alpha$	Cohumulon	Colupulon
Southern Star	771	215	8	14	12	0	22	207	28	25	2	4	51	0	2	9,6	4,9	0,51	28,9	54,4
Spalter	4657	15	4	74	100	0	34	639	172	17	2	2	35	0	3	1,7	4,6	2,71	24,8	42,4
Spalter Select	5293	340	61	99	186	1	33	485	206	21	21	42	37	74	1	5,5	3,6	0,65	22,2	43,4
Sterling	1288	303	14	171	59	0	12	225	0	14	6	11	34	0	1	11,4	5,1	0,45	25,6	47,2
Strisselspalter	1955	137	6	86	64	27	1	331	0	25	24	46	40	70	1	3,1	5,7	1,84	17,4	33,5
Südafrika	670	74	1	7	8	0	17	264	0	27	41	77	48	0	2	5,7	4,4	0,77	28,0	58,1
Tango	6026	177	9	50	126	8	15	209	245	30	72	131	43	123	11	5,3	6,0	1,13	27,6	45,5
Target	2534	541	1	174	69	0	34	326	2	25	6	11	60	14	1	9,4	4,4	0,47	36,3	60,4
Tettnanger	3323	32	2	52	63	0	24	528	137	17	1	3	36	0	2	1,5	3,6	2,40	26,3	42,9
Titan	1696	136	183	322	28	0	16	361	0	14	2	3	37	0	1	10,1	4,6	0,46	23,9	40,4
USDA 21055	993	282	6	313	19	0	5	141	46	15	8	16	37	0	2	10,5	5,3	0,50	39,9	69,6
Viking	2119	380	9	379	51	0	37	335	107	16	25	45	38	0	1	6,0	4,6	0,77	26,7	51,7
Vital	1858	129	18	133	92	0	84	54	18	9	48	87	23	0	4	12,3	6,2	0,50	23,5	46,5
Vojvodina	1273	214	1	195	23	0	18	252	4	14	2	3	36	0	2	5,7	4,9	0,86	27,0	50,7
WFG	2638	38	3	33	76	0	31	524	126	16	2	3	37	0	1	2,3	4,5	1,96	21,8	44,0
Willamette	805	133	4	52	40	0	6	160	17	19	3	5	44	0	1	3,3	2,4	0,73	30,7	51,5
Xantia	2303	324	46	349	32	0	21	298	155	15	17	32	35	0	4	13,9	3,7	0,27	23,8	41,7
Yeoman	677	164	38	90	21	0	9	180	0	17	27	52	46	0	4	9,4	5,4	0,57	26,0	46,0
Zenith	1051	179	11	168	63	0	21	245	0	16	45	88	43	0	3	7,7	4,7	0,61	25,7	50,4
Zeus	1684	296	69	42	24	0	2	266	0	44	7	13	86	24	3	15,0	4,2	0,28	30,6	56,2
Zitic	1023	3	2	97	26	0	18	287	0	17	2	3	44	0	5	5,0	5,0	1,00	26,2	46,8

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

## 7.5 Qualitätssicherung bei der alpha-Säurenanalytik für Hopfenlieferungsverträge

### 7.5.1 Ringanalysen zur Ernte 2024

Seit dem Jahr 2000 gibt es bei den Hopfenlieferverträgen eine Zusatzvereinbarung, in der die  $\alpha$ -Säuregehalte Berücksichtigung finden. Der im Vertrag vereinbarte Preis gilt, wenn der  $\alpha$ -Säuregehalt in einem sogenannten Neutralbereich liegt. Wird dieser Neutralbereich über- bzw. unterschritten, gibt es einen Zu- oder Abschlag. Im Pflichtenheft der Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik ist genau festgelegt, wie mit den Proben verfahren wird (Probenteilung, Lagerung), welche Laboratorien die Nachuntersuchungen durchführen und welche Toleranzbereiche für die Analysenergebnisse zugelassen sind. Auch im Jahr 2024 hatte die Arbeitsgruppe IPZ 5d wieder die Aufgabe, Ringanalysen zu organisieren und auszuwerten, um die Qualität der  $\alpha$ -Säurenanalytik sicherzustellen.

Im Jahr 2024 haben sich folgende Laboratorien an dem Ringversuch beteiligt (alphabetisch geordnet).

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

Der Ringversuch startete im Jahr 2024 am 10. September und endete am 8. November, da in dieser Zeit der Großteil der Hopfenpartien in den Laboratorien untersucht wurde. Insgesamt wurde der Ringversuch neunmal (9 Wochen) durchgeführt. Das Probenmaterial wurde dankenswerterweise vom Hopfenring Hallertau zur Verfügung gestellt. Jede Probe wurde immer nur aus einem Ballen gezogen, um eine größtmögliche Homogenität zu gewährleisten. Jeweils am Montag wurden die Proben in Hüll mit einer Hammermühle vermahlen, mit einem Probenteiler geteilt (Abb. 59), 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 2024 wurden insgesamt 34 Proben analysiert.



Abb. 59: Hammermühle und Probenteiler

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

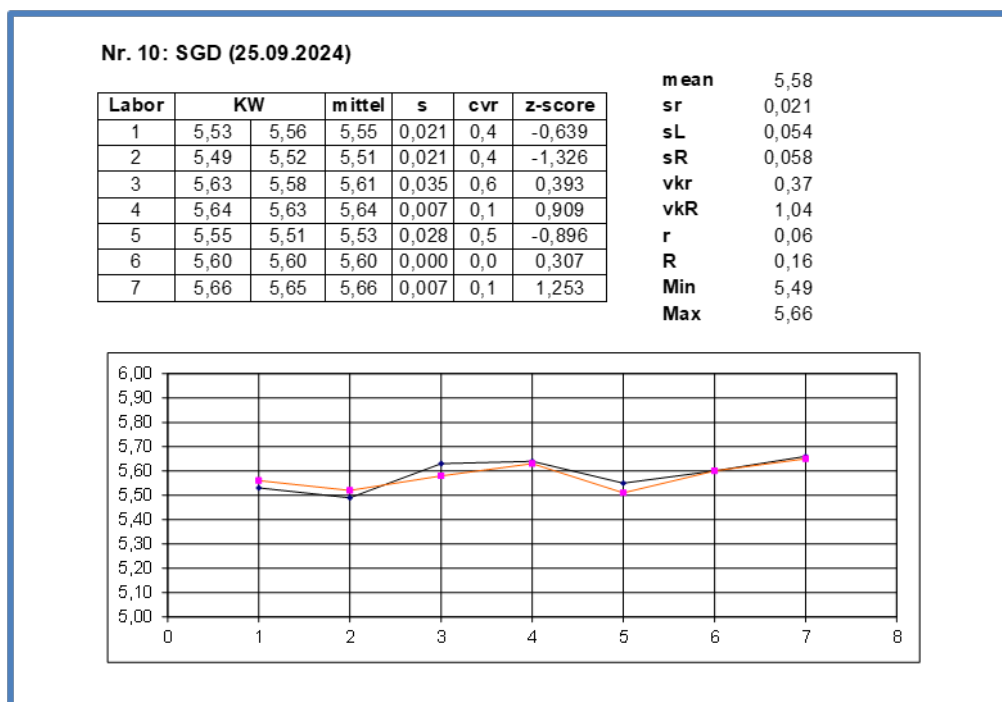


Abb. 60: Auswertung einer Ringanalyse als Beispiel

Seit dem Jahr 2023 wurde auch noch zusätzlich der z-Score in die Auswertung mitaufgenommen. Der z-Score berechnet sich nach folgender Formel:

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

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. Im Jahr 2024 gab es gar keine Ausreißer.

Die Toleranzgrenze  $d_{krit.}$ , 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).

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

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 Tabelle 7.4 zeigt die neue Einteilung und die Überschreitungen des Jahres 2024.

Tab. 22: aktualisierte alpha-Säurenklassen und Toleranzgrenzen sowie deren Überschreitungen im Jahr 2024

	< 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 2024 gab es keine Überschreitungen der zugelassenen Toleranzgrenzen.

In der Abb. 61 sind alle Analysenergebnisse für jedes Labor als relative Abweichungen zum Mittelwert (= 100 %) differenziert nach  $\alpha$ -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.

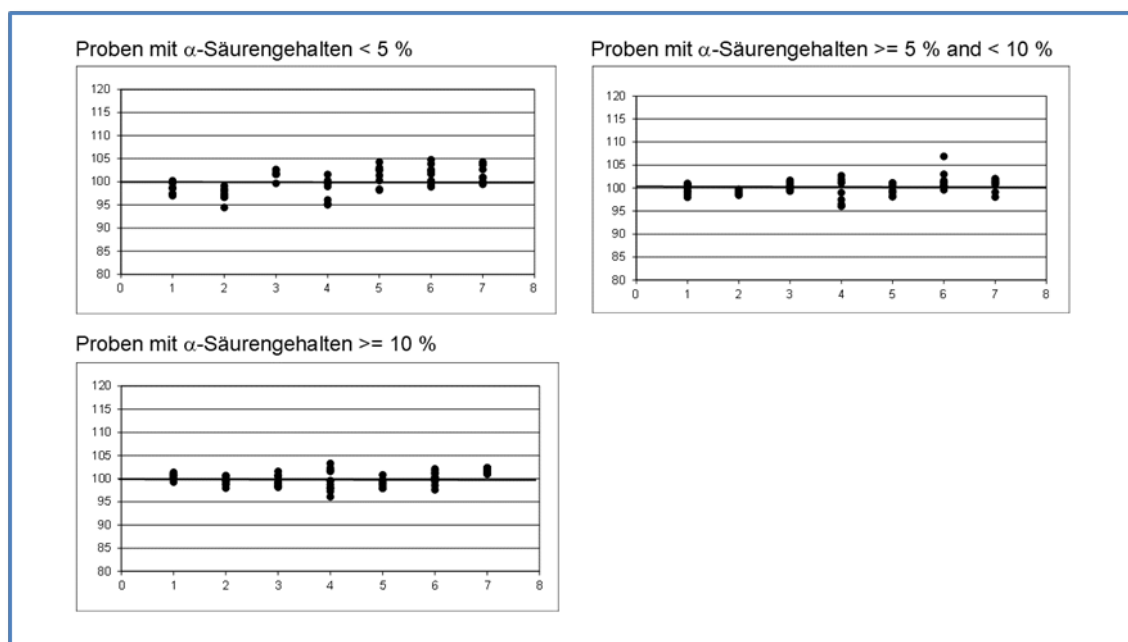


Abb. 61: Analysenergebnisse der Laboratorien relativ zum Mittelwert

Das Hüller Labor hat die Nummer 5. Im Jahr 2024 waren die  $\alpha$ -Säuregehalte sehr niedrig, deshalb gab es wieder mehr Proben mit niedrigeren  $\alpha$ -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. 22) liegen. Die Tab. 23 zeigt die Ergebnisse des Jahres 2024. In allen Fällen wurden die Erstuntersuchungswerte bestätigt. Seit der Ernte 2020 ist auch das Labor der BayWa Tettang ein Erstuntersuchungslabor.

Tab. 23: Kontrolluntersuchungen des Jahres 2024

Probenbezeichnung	Erstuntersuchungslabor	Erstuntersuchung	Nachuntersuchung			Mittelwert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
55397 NBR	AGROLAB	7,6	7,4	7,5	7,7	7,53	ja
55424 SSE	AGROLAB	3,7	3,5	3,6	3,6	3,57	ja
54626 HTR	AGROLAB	5,0	4,8	4,8	4,9	4,83	ja
Probennr. 184 TET	BayWa	3,2	3,0	3,0	3,1	3,03	ja
Probennr. 169 OPL	BayWa	7,9	7,8	7,8	7,9	7,83	ja
Probennr. 115 PLA	BayWa	21,5	20,6	21,0	21,6	21,07	ja
DEH-TTN, 54375	HVG Mainburg	18,2	18,1	18,5	18,7	18,43	ja

Probenbezeichnung	Erstuntersuchungslabor	Erstuntersuchung	Nachuntersuchung			Mittelwert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
DEH-TTN, 55726	HVG Mainburg	19,1	19,0	19,3	19,7	19,33	ja
DEH-HMG, 55722	HVG Mainburg	14,0	14,0	14,1	14,6	14,23	ja
Nr. 62562, HKS	HV St. Johann	13,7	13,7	13,7	13,9	13,77	ja
Nr. 62527, PER	HV St. Johann	5,5	5,2	5,3	5,4	5,30	ja
Nr. 62160, HMG	HV St. Johann	12,8	12,3	12,5	12,7	12,50	ja
KW41-HMG	HHV Au	11,9	11,8	11,9	12,1	11,93	ja
KW41-HKS1	HHV Au	18,7	18,5	18,5	18,6	18,53	ja
KW41-HKS2	HHV Au	17,0	16,6	16,6	17,0	16,73	ja
KW42-67650, MBA	AGROLAB	9,5	9,4	9,5	9,5	9,47	ja
KW42-67213, HKS	AGROLAB	15,3	15,4	15,7	15,8	15,63	ja
KW42-67368, HAL	AGROLAB	4,4	4,3	4,3	4,4	4,33	ja
KW43, Probennr. 187, HBC	BayWa	11,2	11,2	11,2	11,3	11,23	ja
KW43, Probennr. 205, HKS	BayWa	17,0	16,5	16,6	16,7	16,60	ja
KW43, Probennr. 222, HTR	BayWa	5,6	5,6	5,8	5,8	5,73	ja
DEH-TTN, KW44, 65107	HVG Mainburg	16,3	16,4	16,7	17,0	16,70	ja
DEH-PLA, KW44, 64932	HVG Mainburg	18,8	18,4	19,0	19,1	18,83	ja
DEH-HKS, KW44, 64839	HVG Mainburg	17,3	17,6	17,7	17,7	17,67	ja
DEH-PER-Agrolab Nr. 60006	HV St. Johann	6,1	5,7	5,7	5,9	5,77	ja
DEH-NUG-Agrolab Nr. 67911	HV St. Johann	12,2	11,7	11,8	12,3	11,93	ja
DEH-HKS-Agrolab Nr. 67917	HV St. Johann	16,6	16,2	16,5	16,5	16,40	ja
KW46-PER	HHV Au	7,6	7,6	7,7	7,8	7,70	ja
KW46-HKS1	HHV Au	14,5	14,4	14,5	14,7	14,53	ja
KW46-HKS2	HHV Au	15,1	15,0	15,0	15,3	15,10	ja

### 7.5.3 Nachuntersuchungen der Ernte 2024

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 Tettang als Untersuchungslabor zugelassen.

Tab. 24: Verteilungsschlüssel Nachuntersuchungslabore

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

Die Auswertung der Nachuntersuchung wird als LfL Nachuntersuchungsbericht innerhalb von drei Werktagen nach Eingang der Nachuntersuchungsergebnisse an das Erstuntersuchungslabor übermittelt, das umgehend eine Weiterleitung an den Auftraggeber der Nachuntersuchung veranlasst. Im Jahr 2024 gab es insgesamt 38 Nachuntersuchungen. In drei Fällen wurde der Erstuntersuchungswert nicht bestätigt (gelbe Markierung). Die Tab. 25 zeigt die Nachuntersuchungsergebnisse in aufsteigender zeitlicher Reihenfolge. 14 Nachuntersuchungen wurden im Auftrag der HV St. Johann durchgeführt, 10 von der HVG Mainburg und jeweils 7 von der AGROLAB GmbH und der HHV Au. Von den Sorten lag die Sorte Herkules mit 30 Nachuntersuchungen an erster Stelle, gefolgt von Perle mit 4, Hall. Tradition mit zwei, Titan und Hall. Magnum mit jeweils einer Nachuntersuchung.

Tab. 25: Nachuntersuchungen des Jahres 2024

<b>Probenbezeichnung</b>	<b>Erstuntersuchungslabor</b>	<b>Erstuntersuchung</b>	<b>Nachuntersuchung</b>			<b>Mittelwert</b>	<b>Ergebnis bestätigt</b>
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
HTR, Agrolab Nr. 56098	AGROLAB	5,6	5,3	5,5	5,5	5,43	ja
DEH-TTN, Analysen Nr. Agrolab 58090	HVG Mainburg	12,9	12,9	12,9	13,3	13,03	Ja
DEH-HKS, Analysen Nr. Agrolab 60930	HVG Mainburg	14,9	14,8	14,9	15,0	14,90	ja
DEH-PER Nr. Agrolab 57255	HV St. Johann	8,0	8,0	8,0	8,1	8,03	ja
PER Agrolab Nr. 58750	AGROLAB	4,8	4,5	4,6	4,6	4,57	ja
PER Agrolab Nr 59013	AGROLAB	7,5	7,1	7,1	7,1	7,10	ja
HHKS, Nr. 60160	HV St. Johann	15,4	15,4	15,6	15,9	15,63	ja
Perle AN 58030	AGROLAB	8,3	7,7	7,8	8,0	7,83	ja
HKS, AN 61727	AGROLAB	11,4	11,0	11,2	11,3	11,17	ja



Probenbezeichnung	Erstuntersuchungslabor	Erstuntersuchung	Nachuntersuchung			Mittelwert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
DEH-HKS, Analysen Nr. Agrolab 62579	HVG Mainburg	15,7	16,8	17,0	17,1	16,97	nein
Agrolab-Analysennr. 62288, Partiennummer, 2339216, Sorte	HHV Au	14,6	14,4	14,6	14,7	14,57	ja
Nr. 61089 - HKS	HV St. Johann	16,6	16,3	16,6	16,8	16,57	ja
Nr. 55085 - HKS	HV St. Johann	15,9	15,7	15,8	16,1	15,87	ja
Nr. 56263 - HTR	HV St. Johann	5,1	5,1	5,2	5,2	5,17	ja
DEH-HKS, Analysen Nr. Agrolab 62289, HVG Nr. 3423	HVG Mainburg	14,6	14,7	14,8	14,9	14,80	ja
Agrolab-Analysennr. 62288, Sorte HKS	HHV Au	14,6	14,4	14,6	14,7	14,57	ja
Agrolab-Analysennr. 62632, Partiennummer 23999416,	HHV Au	13,7	13,6	13,6	13,7	13,63	ja
DEH-HKS, Analysen Nr. Agrolab 60988	HVG Mainburg	13,0	12,7	12,8	13,2	12,90	ja
DEH-HKS, Analysen Nr. Agrolab 60589	HVG Mainburg	13,4	13,1	13,2	13,8	13,37	ja
Agrolab-Analysennr. 64927, Partiennummer 2010016, Sorte	HHV Au	15,9	15,9	15,9	16,4	16,07	ja
Agrolab-Analysennr. 63815, Partiennummer 2032743, Sorte	HHV Au	14,4	14,2	14,2	14,5	14,30	ja
Agrolab Nr. 63098, Sorte DEH HKS	HV St. Johann	14,9	14,4	14,4	14,8	14,53	ja
Agrolab Nr. 61230, Sorte DEH HKS	HV St. Johann	14,2	14,1	14,1	14,5	14,23	ja
Agrolab Nr. 61845, Sorte DEH HKS	HV St. Johann	14,2	13,0	13,4	13,7	13,37	nein
Agrolab Nr. 63861, Sorte DEH HKS	HV St. Johann	15,5	14,9	15,0	15,2	15,03	Ja
Agrolab Nr. 65715, Sorte DEH HKS	HV St. Johann	14,8	14,8	15,5	15,6	15,30	ja
Agrolab Nr. 65982, Sorte DEH HKS	HV St. Johann	15,1	15,2	15,5	15,9	15,53	ja
DET-HKS, Analysen Nr. Agrolab 66786	HVG Mainburg	17,1	16,8	17,2	17,4	17,13	ja
Partiennummer 2916911, Sorte HMG	HHV Au	13,0	12,8	12,8	13,0	12,87	ja
Agrolab Nr. 66651, Sorte HKS	AGROLAB	11,6	12,2	12,3	12,5	12,33	nein
DEH-HKS, Analysen Nr. Agrolab 62478	HVG Mainburg	13,1	13,1	13,3	13,4	13,27	ja
DEH-HKS, Analysen Nr. Agrolab 66649	HVG Mainburg	15,4	15,3	15,6	15,7	15,53	ja

Probenbezeichnung	Erstuntersuchungslabor	Erstuntersuchung	Nachuntersuchung			Mittelwert	Ergebnis bestätigt
			1	2	3		
Agrolab Analysennr. 62591, Sorte HKS	HHV Au	13,6	13,3	13,4	13,4	13,37	ja
DEH-HKS, Analysen Nr. Agrolab 62829	HV St. Johann	14,3	14,2	14,4	14,4	14,33	ja
DEH-HKS, Analysen Nr. Agrolab 66517	HV St. Johann	12,4	12,4	12,8	12,8	12,67	ja
DEH-HKS, Analysen Nr. Agrolab 67250	HVG Mainburg	15,8	16,2	16,2	16,4	16,27	ja
HKS, Analysen Nr. Agrolab 65315	AGROLAB	12,0	12,3	12,4	12,7	12,47	ja
DE-HKS, Analysen Nr. Agrolab 68223	HV St. Johann	11,5	11,2	11,2	11,3	11,23	ja

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








Tab. 26: Anzahl der Nachuntersuchungen und Beanstandungen von 2019 - 2024

Nachuntersuchungen	Anzahl	Beanstandungen
2019	47	1
2020	42	1
2021	33	0
2022	42	1
2023	36	3
2024	38	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. Folgende Tabelle zeigt die Erntezeitpunkte, wobei über die verschiedenen Jahre leichte Verschiebungen der Erntetermine möglich sind.

Tab. 27: Erntezeitpunkte der Biogeneseversuche

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

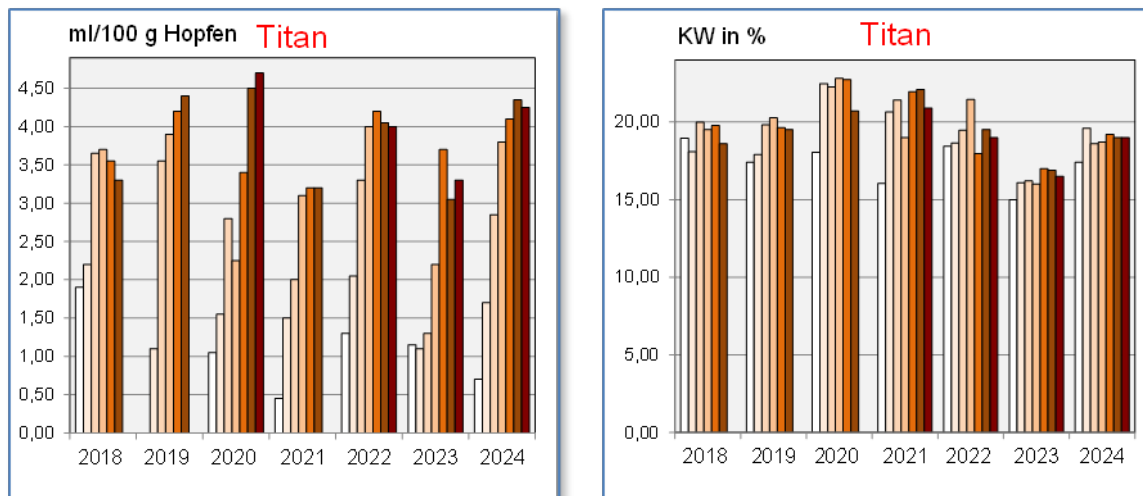


Abb. 62: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe bei der Sorte Titan am Standort Stadelhof

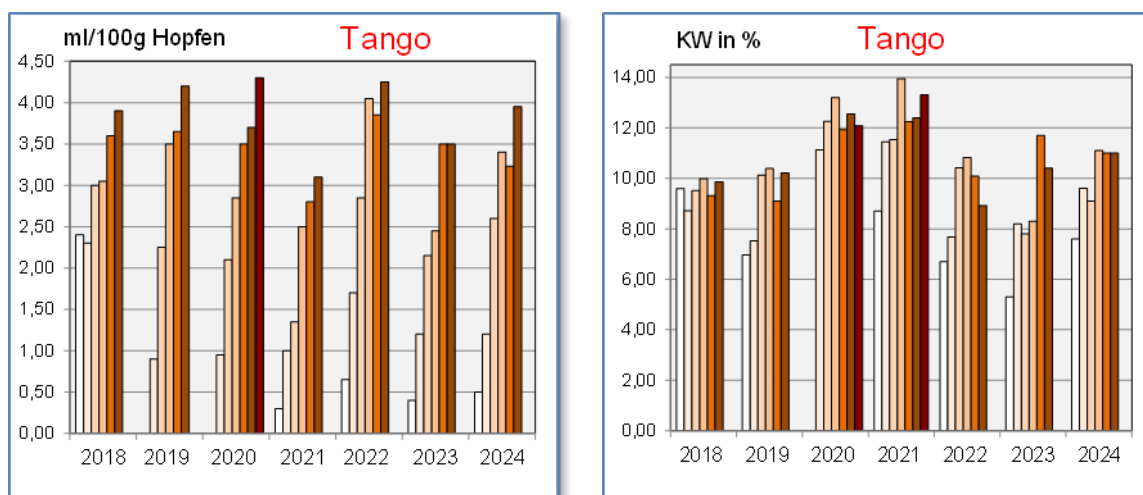


Abb. 63: Biogenese der Öle und der Bitterstoffe bei der Sorte Tango am Standort Stadelhof

Aus den Grafiken (Abb. 62 und Abb. 63) ist gut erkennbar, dass der Ölgehalt wesentlich stärker vom Erntezeitpunkt abhängig ist als der Gehalt der Bitterstoffe. Bei späteren Erntezeitpunkten steigt der Ölgehalt noch einmal stark an, was vor allem auf die Zunahme von Myrcen zurückzuführen ist.

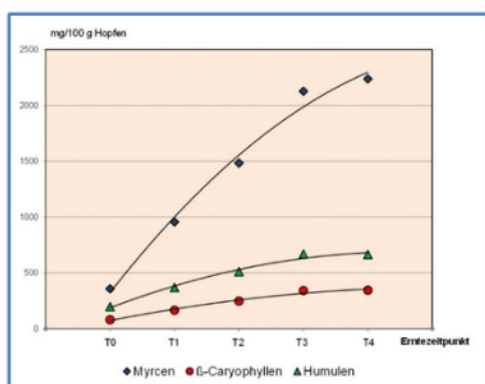


Abb. 64: Zunahme von Myrcen während der Biogenese

Auch Schwefelverbindungen werden erst später gebildet. 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  $\alpha$ -Säuren. In diesem Jahr gab es Rekord- $\alpha$ -Säurergebnisse, aber die Ölgehalte waren geringer. Das Jahr 2023 war das schlechteste alpha-Säurenjahr, die Ölgehalte waren aber durchschnittlich. Im Jahr 2024 waren die alpha-Säuregehalte durchschnittlich und auch die Ölgehalte lagen im durchschnittlichen Bereich.

## 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.

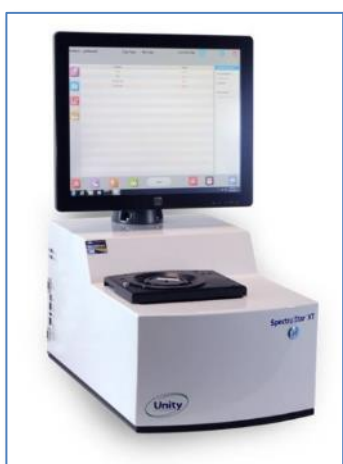
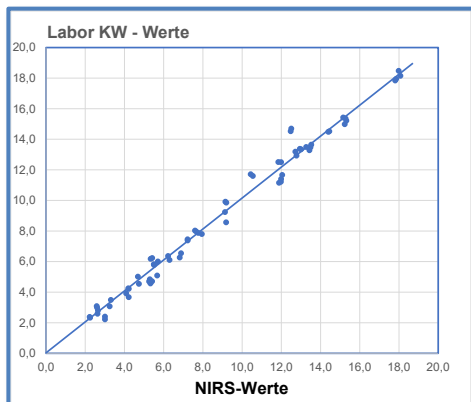


Abb. 65: NIRS-Gerät der Firma Unity Scientific

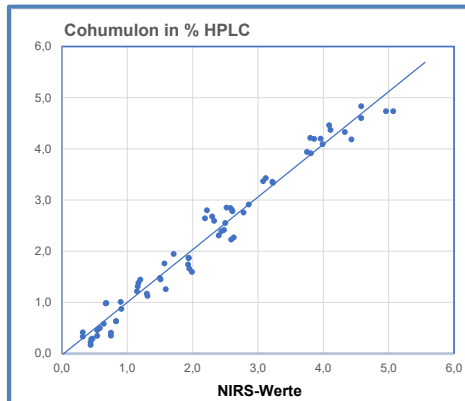
Das Gerät ist mit den Geräten bei AQU in Freising kompatibel. Die alte Kalibrierung vom Foss-Gerät konnte mit Hilfe einer mathematischen Transformation an das neue Gerät angepasst werden.

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 folgenden Abbildungen zeigen die Korrelationen der einzelnen Parameter zwischen Labor-Werten und NIRS-Werten (Stand Ernte 2024).

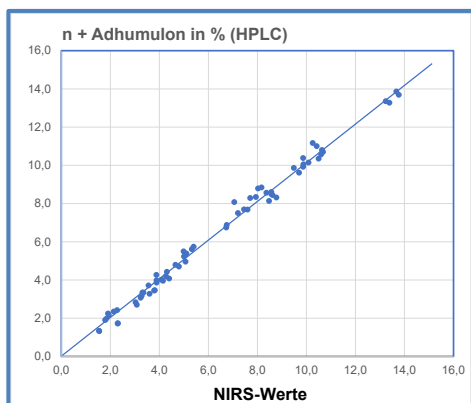
## Konduktometerwerte in %



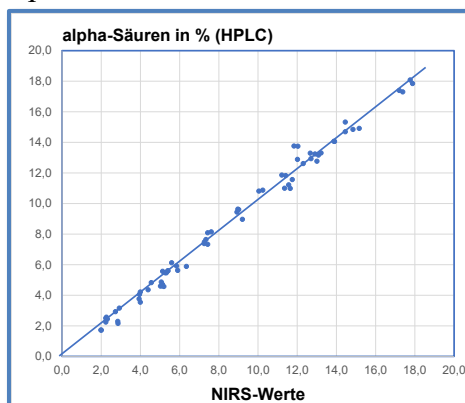
## Cohumulon in %



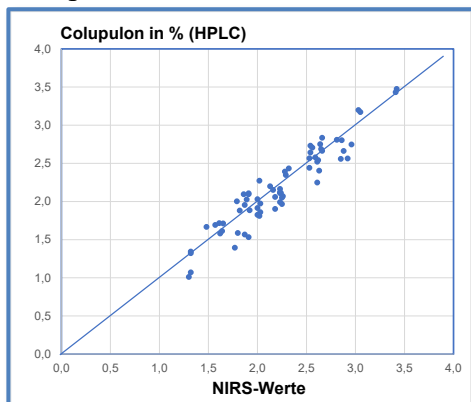
## n + Adhumulon in %



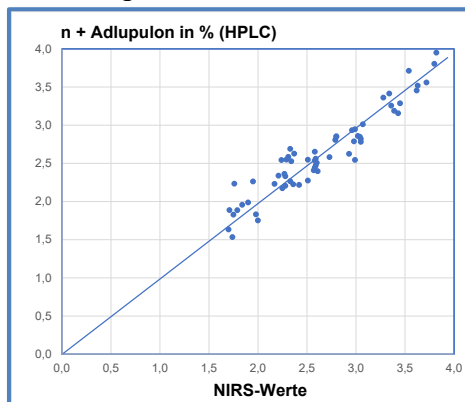
## alpha-Säuren in %



## Colupulon in %



## n + Adlupulon



## beta-Säuren in %

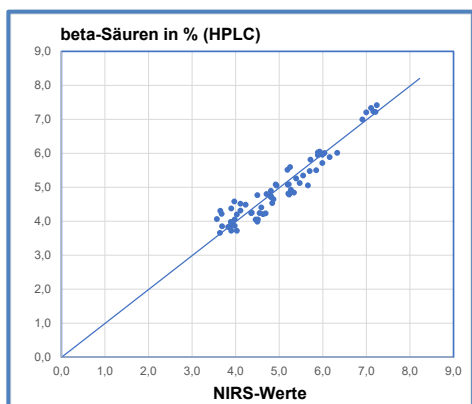


Abb. 66: Korrelationen zwischen Laborwerten und NIRS-Werten (2024)

In der Tab. 28 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. 28: statistische Parameter zur Präzisionsbewertung der NIRS-Methoden (2024)

Method	Bias	SEP	SEP(C)	$R^2$
Konduktometerwert	-0,108	0,580	0,570	0,986
Cohumulon (HPLC)	-0,027	0,238	0,237	0,973
n + Adhumulon (HPLC)	-0,080	0,330	0,320	0,992
alpha-Säuren (HPLC)	-0,151	0,501	0,478	0,990
Colupulon (HPLC)	0,044	0,175	0,169	0,893
n + Adlupulon (HPLC)	0,037	0,186	0,182	0,934
beta-Säuren (HPLC)	0,036	0,290	0,288	0,916

Besonders die Konduktometerwerte und die HPLC alpha-Säurenwerte sind mit den NIRS-Werten schon ganz gut korreliert. Zur Bestimmung der  $\beta$ -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 2024 vorhanden und können mit Hilfe von Box-Plot Darstellungen sehr schön visualisiert werden. In der Abb. 67 ist die Darstellung einer Box-Plot Auswertung kurz erläutert.

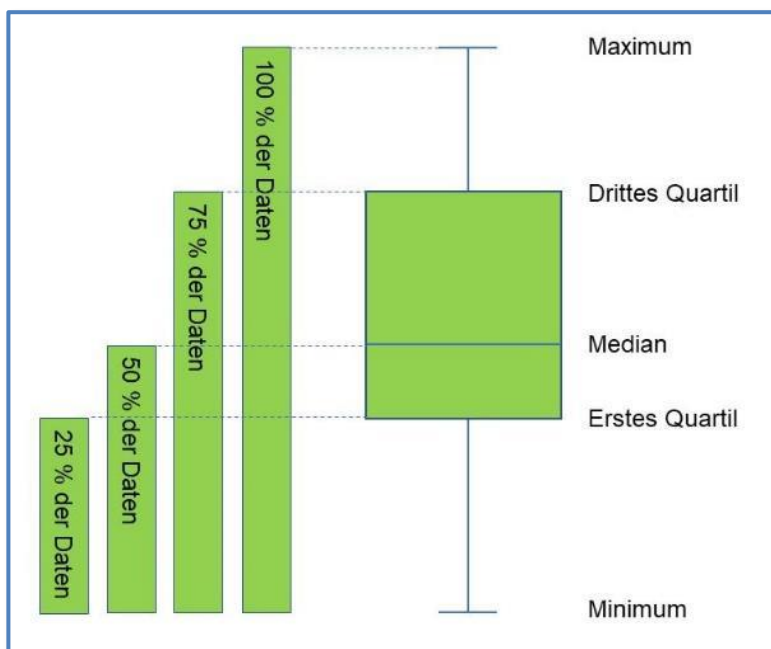


Abb. 67: Erläuterung einer Box-Plot Darstellung

Die Abb. 68 und Abb. 69 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.



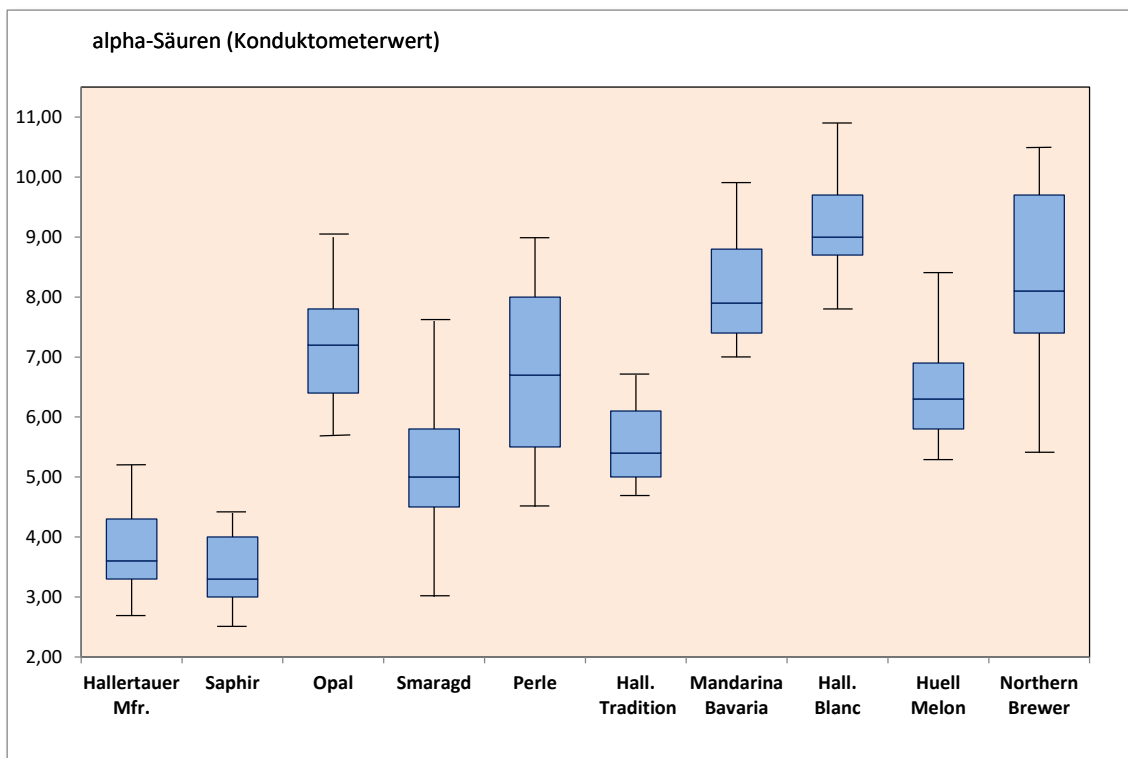


Abb. 68: Box-Plot Auswertung Aromasorten (2012 - 2024)

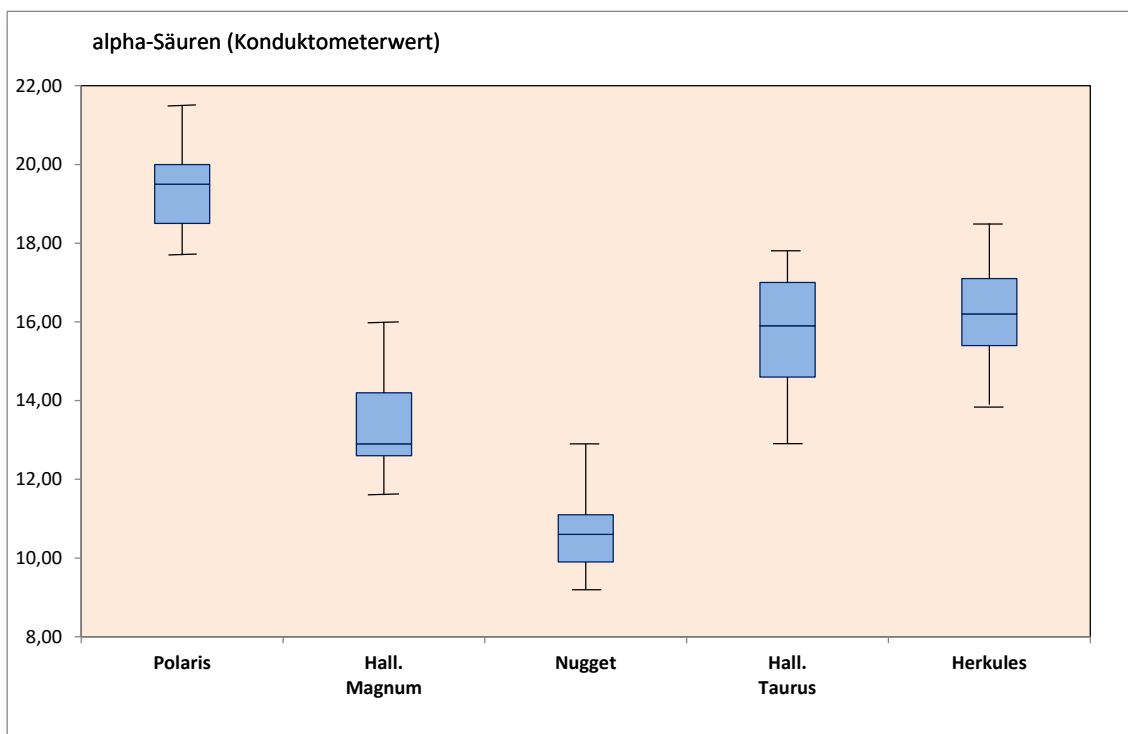


Abb. 69: Box-Plot Auswertung Bittersorten (2012 - 2024)

## 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.

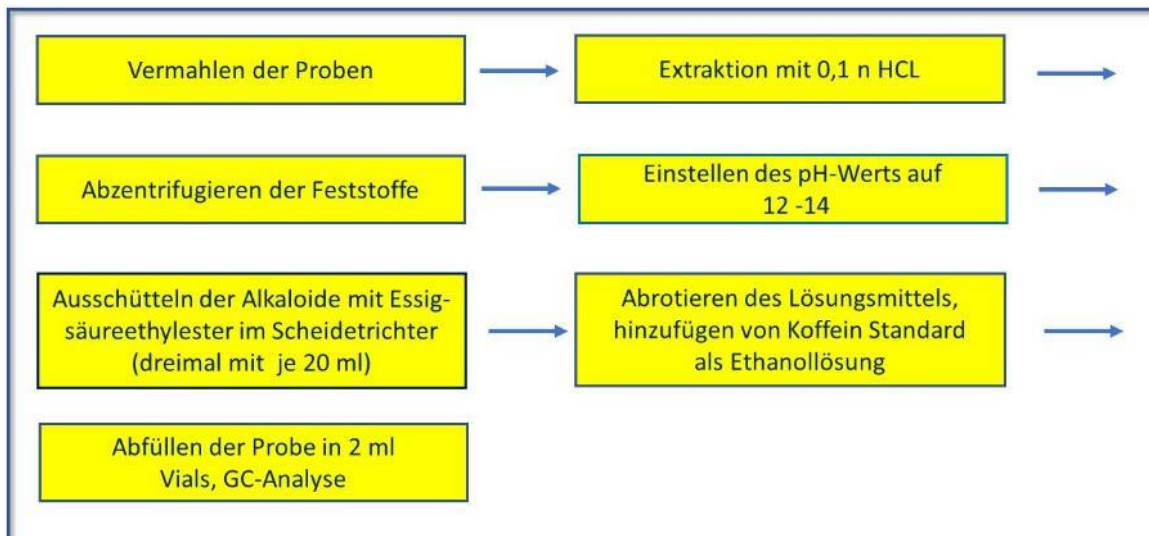


Abb. 70: Probenvorbereitung Alkaloidanalytik

Die Abb. 71 veranschaulicht die GC-Analyse.

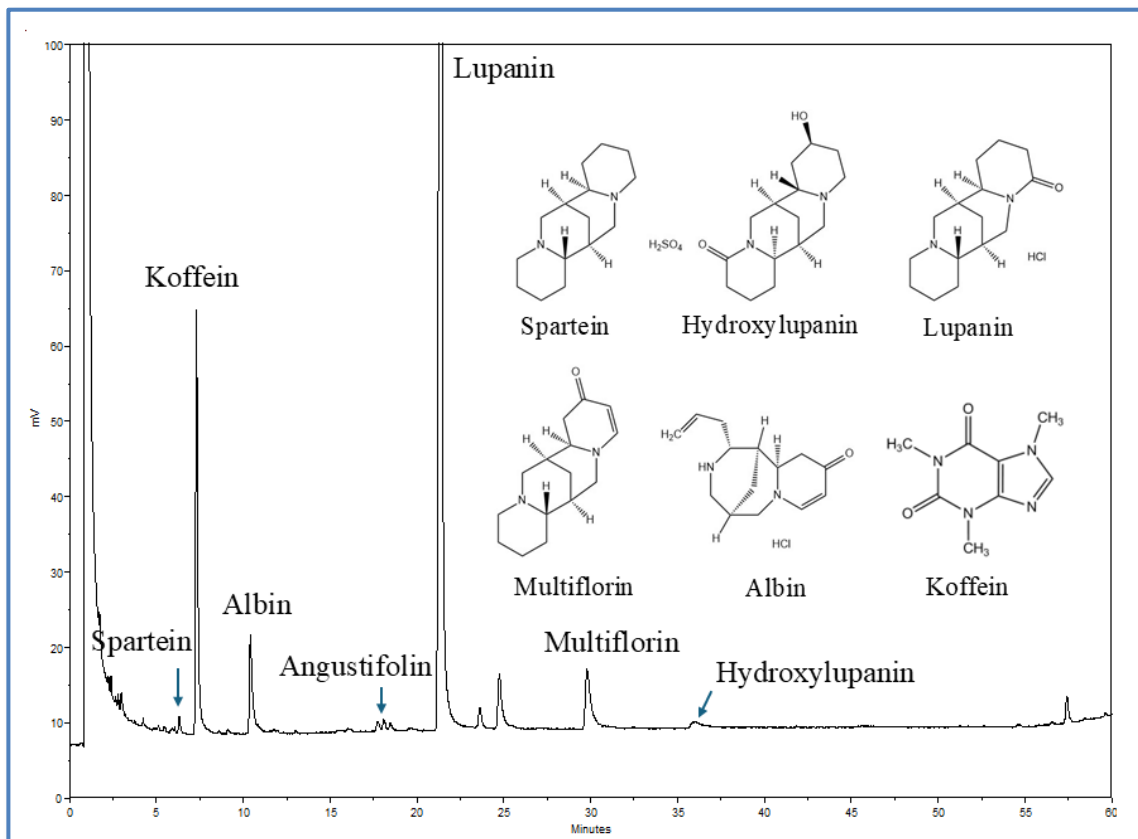


Abb. 71: Gaschromatogramm von Alkaloiden in Lupinen

Hauptverbindung ist das Lupanin. Es konnten auch noch Spartein, Hydroxylupanin, Multiflorin und Albin mit Standards identifiziert werden. Die quantitative Auswertung erfolgt über Koffein als internen Standard. Es sind noch einige unbekannte Peaks vorhanden, diese sollten noch überprüft werden. Im Jahr 2024 wurden insgesamt 100 Proben gemessen. Für Futtermittel darf in Deutschland der Gesamtalkaloidgehalt nicht mehr als 0,05 % betragen und für Lebensmittel nicht mehr als 0,02 %.

### 7.10 Kontrolle der Sortenechtheit im Jahr 2024

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

Sortenüberprüfungen für die Lebensmittelüberwachungsbehörden (Landratsämter) für das Jahr 2024: 7  
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, nicht zuletzt als essenzielle Bausteine für einen ‚gelebten‘ integrierten Pflanzenschutz. Die Arbeitsgruppe basiert vorwiegend auf der Einwerbung von Forschungsmitteln für ökologische Fragestellungen im Hopfenbau.

### 8.1 Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Förderung der Biodiversität im Hopfenbau

**Träger:** Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)  
**Finanzierung:** Erzeugerorganisation Hopfen HVG e.G.  
**Projektleitung:** Dr. F. Weihrauch  
**Bearbeitung:** Dr. F. Weihrauch, Dr. I. Lusebrink, M. Kremer  
**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 gehörten 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 der Umsetzung in die Hopfenbaupraxis. Grundsätzlich war und 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. 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 Nützlingsförderung (Abb. 72). 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. 73).



Abb. 72: Im linken Hopfengarten in Eichelberg (Sorte HKS) wurde der abgebildete Bereich bereits vier Jahre lang nicht mehr mit Akarizid behandelt und lediglich Maßnahmen zur Nützlingsförderung durchgeführt (Foto vom 3. August 2023)

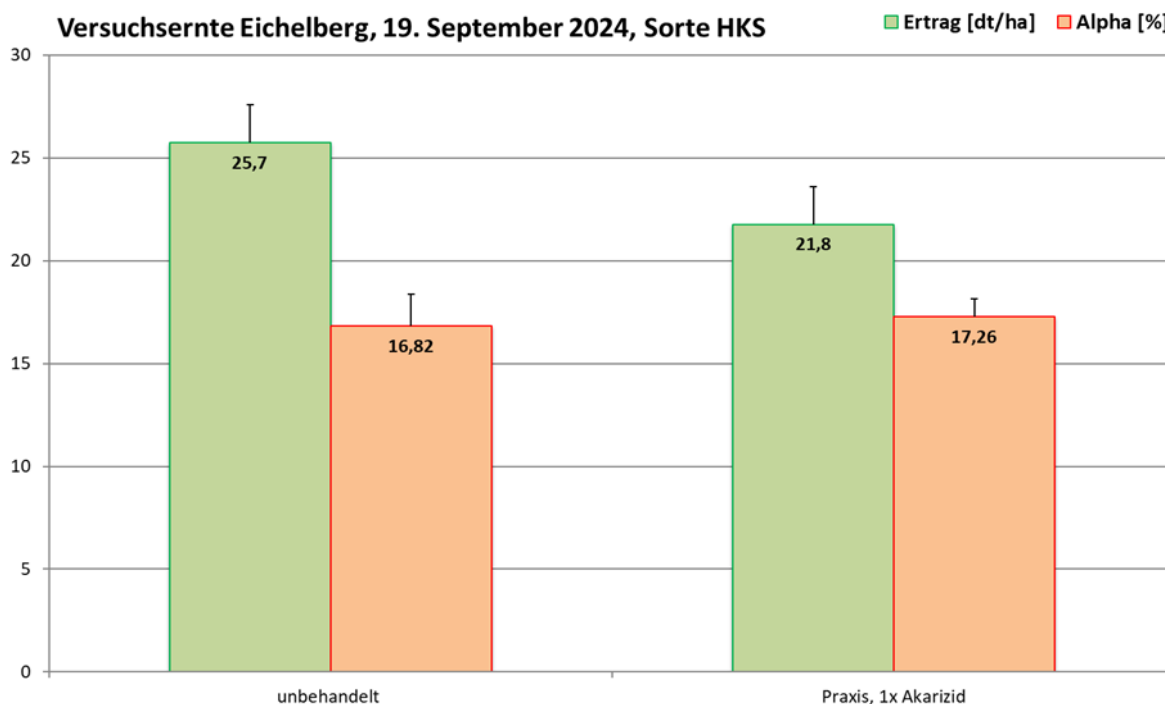


Abb. 73: Versuchsernte 2024 in diesem Hopfengarten in Eichelberg (Sorte HKS) Vergleich des Bereiches, der alljährlich mit Akarizid behandelt wurde mit dem direkt angrenzenden, in dem lediglich Maßnahmen zur Nützlingsförderung durchgeführt werden



Ein weiterer wichtiger Teilbereich des Projekts betrifft die Öffentlichkeitsarbeit. So entstand in Eichelberg ein 2,5 km langer Rundweg für Spaziergänger zum Thema ‚Hopfen und Artenvielfalt‘, an dem 16 Informationstafeln aufgestellt wurden. 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 und im Juli 2023 eingeweiht. Im Jahr 2024 erfolgten auf Anfrage neun jeweils zweistündige Führungen entlang des Themenpfades durch die Biodiversitätskulisse, in dem die einzelnen Strukturen und Maßnahmen vorgestellt und erläutert wurden (Abb. 74). Diese Führungen wurden von den unterschiedlichsten Besuchergruppen wahrgenommen, von Hopfenorganisationen wie dem ‚Ring junger Hopfenpflanzer‘ bis hin zu interessierten Politikern. Die 16 Tafeln informieren anschaulich zu Themen wie ‚Die Heidelerche‘ (Abb. 8.4), ‚Rohbodenflächen‘, ‚Spinnmilbenkontrolle mit Nützlingen‘ oder ‚Ameisenlöwen‘.



*Abb. 74: Im Sommer 2024 wurden zu neun Terminen etwa zweistündige Führungen für Besuchergruppen entlang des Themenpfades in Eichelberg durchgeführt.*



Abb. 75: Infotafel zum Thema ‚Die Heidelerche‘ am Themenpfad ‚Hopfen und Artenvielfalt‘ in Eichelberg

## 8.2 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. Kremer, A. Baumgartner, M. Felsl
- Kooperation:** Betrieb Blüml GbR, Dürnwind; Betrieb Kürzinger, Eichelberg; Koppert Biological Systems
- Laufzeit:** 05/2021 - 10/2025

### 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 und vierten Versuchsjahr (2023 und 2024) eine sehr ähnliche technische Lösung und mit dem 15. bzw. 16. Mai zu einem vergleichbar frühen Zeitpunkt angewendet (Abb. 76). 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. 77).



Abb. 76: Raubmilbenausbringung im Versuchsgarten Dürnwind, direkt nach dem ersten Ackern am 15. Mai 2024 im Band auf frisch angeleitete Pflanzen

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 13. Juni 2024), die sich über die Jahre in allen Versuchen als besonders erfolgreiche Methode erwies.



*Abb. 77: Mit Sägemehl als Trägersubstanz werden die Raubmilben bei der technischen Applikation sanft an die jungen Hopfenreben geblasen*

### **Ergebnisse 2024**

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 Großteil der Hallertau und Tettngangs war 2024 auch an beiden Versuchstandorten überhaupt kein Spinnmilbendruck zu verzeichnen. Ein signifikanter Unterschied bei den Spinnmilbenzahlen zwischen den Varianten war in keinem Fall erkennbar.

Am 19. September 2024 wurde an beiden Standorten trotzdem wieder eine Versuchsernte durchgeführt. Die nicht vorhandenen Unterschiede im Spinnmilbenbefall zwischen den Varianten spiegeln sich entsprechend im Ertrag oder Alphasäuregehalt der Ernte wider (Abb. 78, Abb. 79). Alle Raubmilbenparzellen und die unbehandelte Kontrolle zeigten keine Verluste verglichen mit dem konventionellen Pflanzenschutz; am Standort Dürnwind ergab sich für die Praxis-Parzelle mit Akarizideinsatz sogar ein signifikant niedrigerer Ertrag (Abb. 78). Irgendwelche Schäden, die auf fehlendem Akarizideinsatz beruhen, können wie in den Vorjahren ausgeschlossen werden.

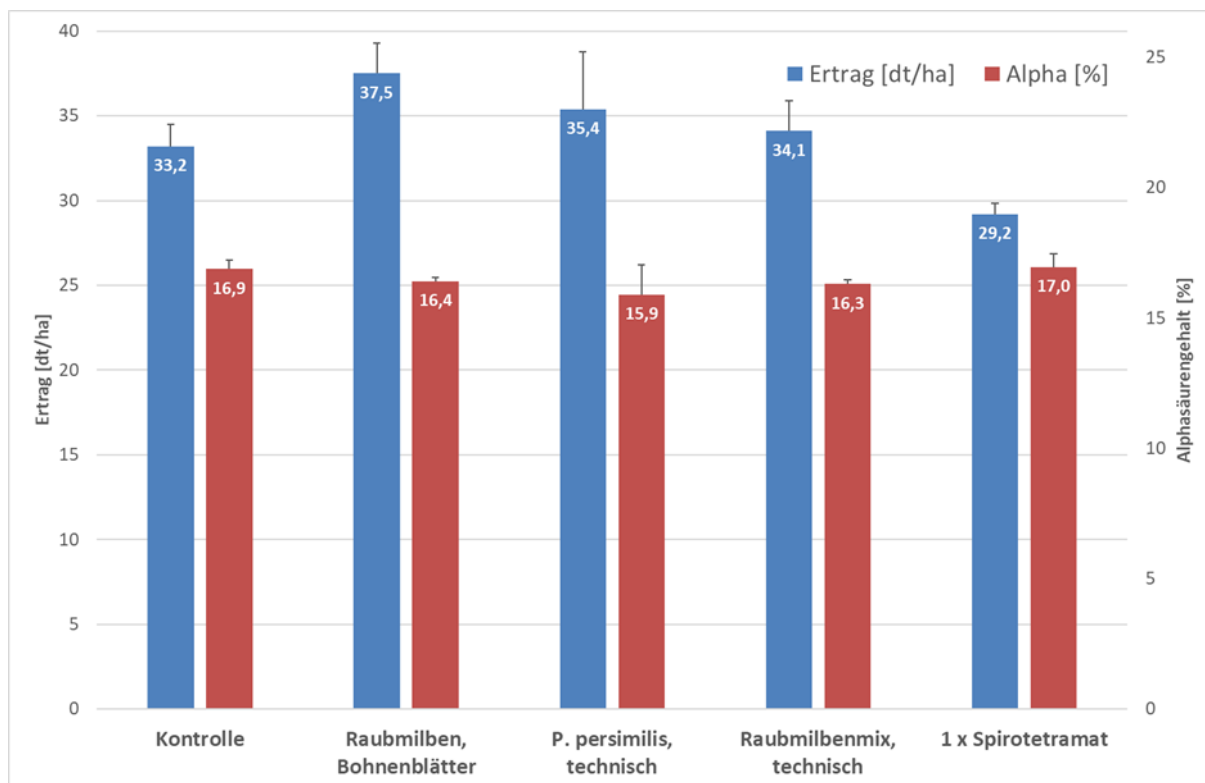


Abb. 78: Ergebnisse der Versuchsernte am 19.09.2024 zum Raubmilbeneinsatz in Dürnwind (Sorte HKS), verglichen mit unbehandelter Kontrolle und Akarizid-Einsatz.

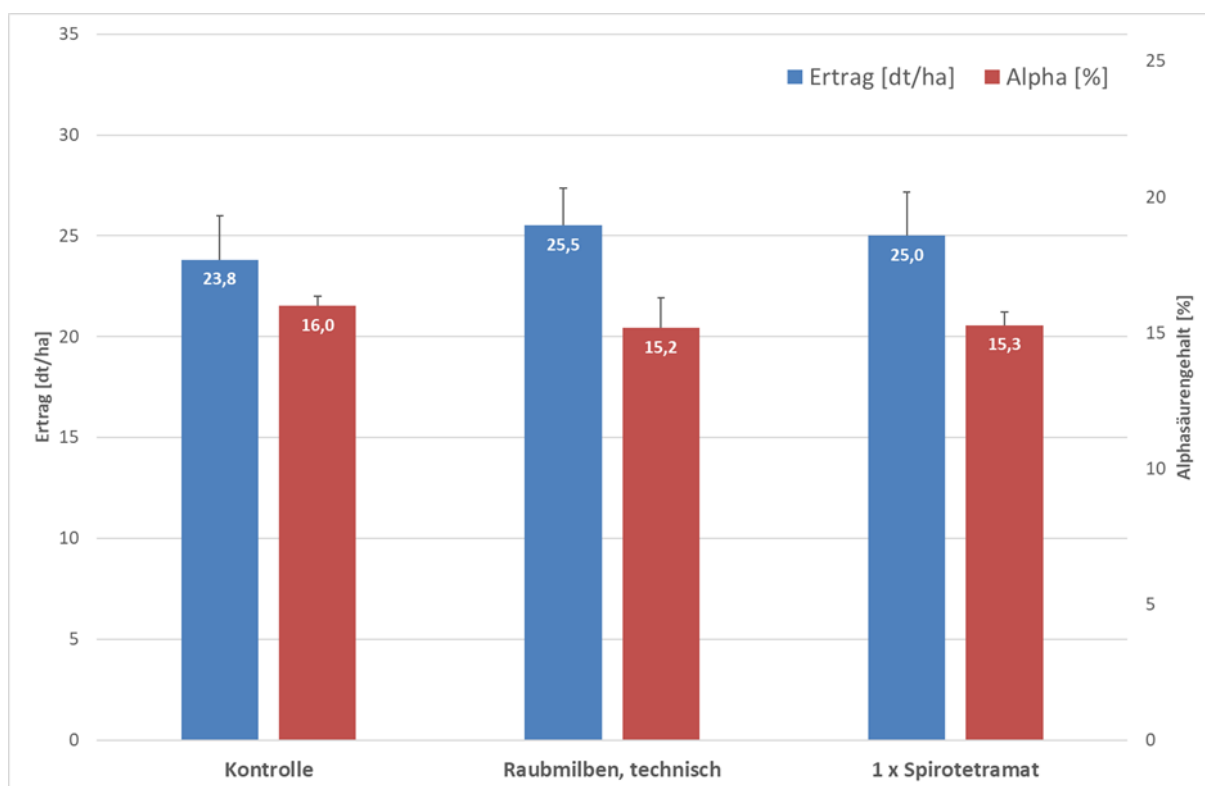


Abb. 79: Ergebnisse der Versuchsernte am 19.09.2024 zum Raubmilbeneinsatz in Eichelberg (Sorte HKS), verglichen mit unbehandelter Kontrolle und Akarizid-Einsatz.

## Ausblick



Für eine technische Raubmilbenausbringung, die konkurrenzfähig zum Einsatz chemisch-synthetischer Akarizide gegen Spinnmilben ist, müssen lediglich noch einige kleine Stell-schrauben gedreht werden; so wird noch am optimalen Zeitpunkt für die Ausbringung gearbeitet und es ist die Frage zu klären, ob und ggf. wann eine zweite Raubmilbenausbringung Sinn ergibt. Nachdem die Methode mit Unterstützung durch den Hopfenring bereits bei 19 Betrieben auf knapp 100 ha getestet wurde, sind im kommenden Jahr 2025 weitere Einsätze bei Praxisbetrieben geplant und es wird erneut ein großer Exaktversuch angelegt. Die Ergebnisse aus 2024 lassen allerdings wie im Vorjahr 2023 aufgrund des geringen Spinnmilbenbefalls leider keine belastbaren Rückschlüsse zu.

### 8.3 Induzierte Resistenz gegen Spinnmilben im Hopfen

<b>Träger:</b>	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, AG Hopfenökologie (IPZ 5e)
<b>Finanzierung:</b>	Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Förderinitiative 'Vermeidung und Verminderung von Pestiziden in der Umwelt', Förderkennzeichen: AZ 35937/01-34/0
<b>Projektleiter:</b>	Dr. F. Weihrauch
<b>Bearbeitung:</b>	Dr. I. Lusebrink, M. Kremer, A. Baumgartner, M. Felsl, J. Klepmair
<b>Kooperation:</b>	20 Praxisbetriebe aus dem integrierten Hopfenbau; Arbeitsgruppe IPZ 5d, Hopfenanalytik
<b>Laufzeit:</b>	06/2021 - 05/2026

#### Hintergrund und Ziel

Die Gemeine Spinnmilbe kann in trockenen, heißen Sommern in kurzer Zeit sehr große Populationen aufbauen und dadurch in manchen Jahren teils enorme Qualitäts- und Ertrags-einbußen 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 Bayern in der Hallertau und in Baden-Württemberg im Anbau-gebiet Tettngang 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 Praxisparzelle von jeweils 550 m<sup>2</sup>. 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 Tettang 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 Qualitätsverlust bei den Dolden.

Das zweite Projektjahr **2022** war ein ideales Jahr für Spinnmilben. Aufgrund der anhaltenden Trockenheit und Hitze konnten sich die Schädlinge 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 Tettang 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 Tettang. 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.

Das Jahr **2023** wies nur sehr geringen Spinnmilbendruck auf. 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 beerntet 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 beerntet worden waren. Einzige Ausnahme war Tettang, da dort der Garten, der die Vorjahre geerntet worden ist, keinerlei Spinnmilbenbefall aufwies. Bei keiner der Versuchsernten konnte ein Ertragsverlust durch Spinnmilben festgestellt werden.

Ähnlich wie das Vorjahr war auch 2024 bis in den Spätsommer von extrem niedrigem Spinnmilbendruck geprägt. Lediglich in den späten Sorten wie v.a. HKS konnte sich im

September teilweise noch ein gewisser Befall aufbauen. Dem entsprechend konnten auch 2024 bei den Bonituren kaum aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden und die Versuchsernten ergaben in keinem Fall signifikante Verluste in der unbehandelten Kontrolle, weder beim Ertrag noch bei den Alpha-Säuren. In einem Fall (HTR, Standort Einthal) kam es sogar zu signifikantem Mehrertrag in der Kontrollparzelle (Abb. 80).

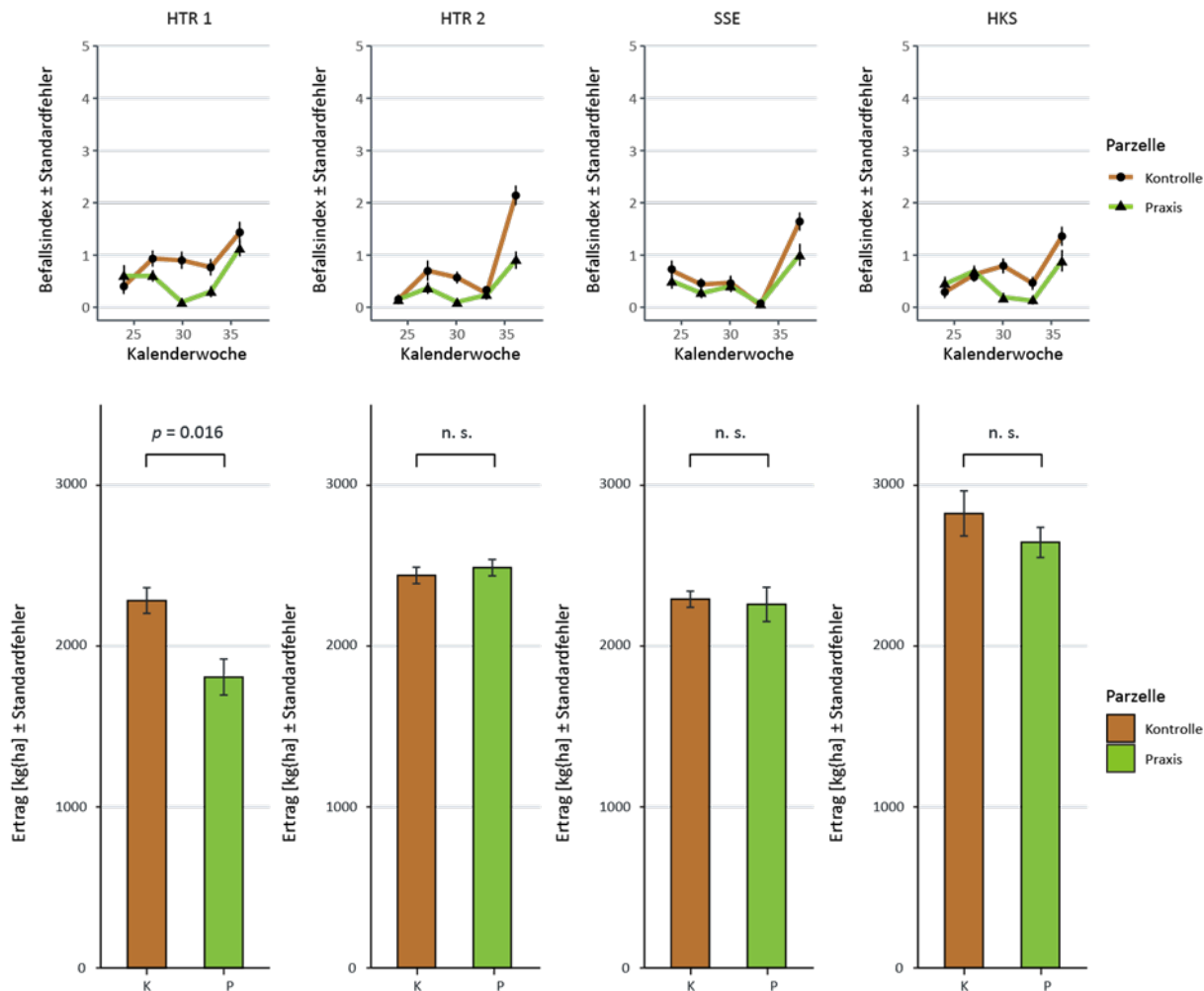


Abb. 80: Ergebnisse der Versuchsernten 2024 in den Sorten HTR (2), HKS und SSE. Die Entwicklung des Befallsindex über die Vegetationsperiode 2024 wird oberhalb dargestellt. Grün steht für die Praxisfläche (mit Akarizid behandelt), braun für die unbehandelte Kontrollparzelle.

Nachdem in einem der Versuchsgärten (Oberulrain, HTR) mittlerweile in allen vier bisherigen Projektjahren – bei relativ hohen Spinnmilbenzahlen in der Kontrollparzelle – eine Versuchsernte durchgeführt wurde, kann ein belastbarer Vergleich zur Spinnmilbenentwicklung ohne Akarizideinsatz angestellt werden. Die Daten zeigen dabei deutlich, dass ein erhöhter Spinnmilbenbefall eines Bestandes in einem Jahr nicht bedeutet, dass man im Folgejahr einen hohen Ausgangsbefall durch die Spinnmilbe zu befürchten hat (Abb. 81).

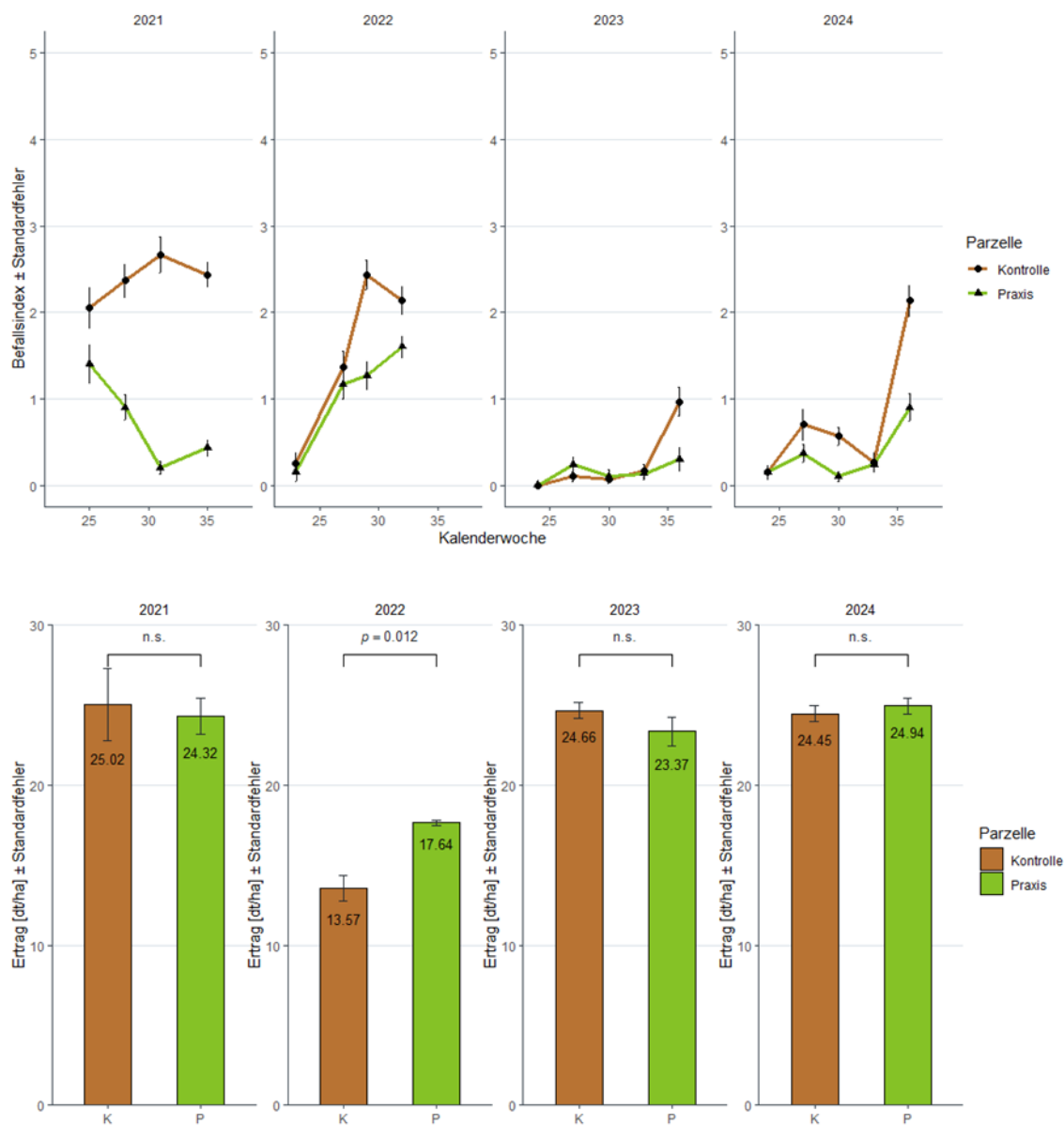


Abb. 81: Ergebnisse der Versuchsernten und Verlauf des Befallsindex über vier Jahre (2021 - 2024) in demselben Versuchsgarten (Oberulrain, HTR 2). Grün steht für die Praxisfläche (mit Akarizid behandelt), braun für die unbehandelte Kontrollparzelle.



## 9 Veröffentlichungen und Fachinformationen

### 9.1 Übersicht zur Öffentlichkeitsarbeit

	Anzahl		Anzahl
Internet-Beiträge	1	Mitgliedschaften	43
Praktika	7	Vorträge	76
Führungen, Exkursionen	31	Veröffentlichungen	35
Gutachten und Stellungnahmen	4		

### 9.2 Veröffentlichungen

#### 9.2.1 Führungen, Exkursionen

Datum	Name	Thema/Titel	Gäste	TZ
24.07.2024	AG Leiter des Hopfenforschungszentrums Hüll	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	Fachexkursion QE 3+4	40
23.09.2024	AG-Leiter des Hopfenforschungszentrums Hüll	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	Agrarsprecher CDU/CSU der Bundesländer	30
11.10.2024	Dr. Gresset, A.; Lutz, A.; Dr. Kammhuber, K.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	TUM Agrarsystemtechnik	20
27.09.2024	Dr. Gresset, S.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	BayWa, Hopfen	10
19.09.2024	Dr. Gresset, S.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	HVG Polar Brauerei	5
18.07.2024	Dr. Gresset, S.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	HVG, neue Mitarbeiter	12
01.10.2024	Dr. Gresset, S.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	Kirin	4
20.08.2024	Dr. Gresset, S.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	Medienvertreter RTL, SAT 1	3
26.07.2024	Dr. Gresset, S.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	US Team Steiner	4
10.06.2024	Dr. Gresset, S.; Dr. Kammhuber, K.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	Beer Guides	2
10.07.2024	Dr. Gresset, S.; Dr. Kammhuber, K.; Lutz, A.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	TUM Braustudenten	30
26.07.2024	Dr. Gresset, S.; Dr. Weihrauch, F.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	HVG, Besucher aus Japan	6
25.07.2024	Dr. Gresset, S.; Fuß, S.	Führung durch das Hopfenforschungszentrum	LWS PAF	20

20.09.2024	Dr. Gresset, S.; Lutz, A.; Portner, J.; Münsterer, J.; Stampfl, R.; Dr. Weihrauch, F.; Dr. Kammhuber, K."	Führung durch das Hopfen- forschungszentrum	AB InBev Brewmaster	44
23.09.2024	Dr. Gresset, S.; Lutz, A.; Portner, J.; Stampfl, R.; Dr. Weihrauch, F.; Dr. Kammhuber, K.	Führung durch das Hopfen- forschungszentrum	Agrarsprechertag- ung CDU/CSU	30
24.07.2024	Dr. Gresset, S.; Lutz, A.; Stampfl, R.; Kaindl, K.	Führung durch das Hopfen- forschungszentrum	LW Verwaltung Referendare	40
23.07.2024	Dr. Kammhuber, K.; Lutz A.	Führung durch das Hopfen- forschungszentrum	Landwirtschafts- schule	20
03.09.2024	Dr. Kammhuber, K.; Lutz, A.	Führung durch das Hopfen- forschungszentrums	Professoren der Aarhus Univer- sity	2
17.07.2024	Dr. Weihrauch, F.; Lutz, A.	Führung durch den Zucht- garten Stadelhof	AK Ökohopfen	25
14.08.2024	Lutz, A.	Alles rund um die Hopfen- ernte 2024	QM Hopfen	100
02.09.2024	Lutz, A.	Hopfenaromabonitierung	Biersommeliere	20
14.10.2024	Lutz, A.	Neue Hüller Zuchtstämme	Dan Carey, New Glarus Brewery	1
25.06.2024	Lutz, A.; Stampfl, R.	Führung durch das Hopfen- forschungszentrum, Vor- stellung der Forschungs- schwerpunkte	Bundesanstalt für Landwirt- schaft und Er- nährung	5
06.06.2024	Lutz, A.; Kammhuber, K.	Führung durch das Hopfen- forschungszentrum	AG Öffentlich- keitsarbeit	10
16.07.2024	Lutz, A.; Dr. Kammhuber, K.	Führung durch das Hopfen- forschungszentrum	HVG US Ver- triebspartner	5
27.05.2024	Lutz, A.; Dr. Kammhuber, K.	Führung durch das Hopfen- forschungszentrum	Studenten der Missouri State University	15
07.05.2024	Lutz, A.; Dr. Kammhuber, K.	Führung durch das Hopfen- forschungszentrum und Hopfenbonitierung	Braustudenten der Doemens Akademie	30
25.01.2024	Lutz, A.; König, W.; Dr. Kammhuber, K.	Hopfenzüchtung und Hop- fenbonitierung	Braustudenten der TUM	20
11.04.2024	Münsterer, J.	Ablauf Peronospora-Warn- dienst	Landwirtsch. Berufsschule	21
17.09.2024	Münsterer, J.	Entwicklungen und techni- sche Neuerungen bei Bandtrocknern für Hopfen	Tschechische Hopfenpflanzer	30
17.09.2024	Stampfl, R.; Euringer, S.	Nachfolgearbeiten im Hop- fenbau	BASF OPEX Abordnung	2

### 9.2.2 Internetbeiträge

Fuß, S.	Trockensubstanz- und Alphasäurenmonitoring bei den wichtigsten Hopfensorten	Hopfenpflanzer
---------	---	----------------

### 9.2.3 Veröffentlichungen (Peer-Review)

Albrecht, T., Büttner B., Carey SB, Seidenberger R., Lutz A., Harkess A., Gresset S. (2024): Independent validation of molecular markers for sex determination on diverse sex chromosomes in hops ( <i>Humulus lupulus</i> L.). <i>BrewingScience</i> , 77, BrewingScience, Hrsg.: BrewingScience, 172 - 183
Hagemann, M. H., Treiber, C.; Sprich, E.; Born, U.; Lutz, K.; Stampfl, J.; Radišek, S. (2024): Composting and fermentation: mitigating hop latent viroid infection risk in hop residues. <i>European Journal of Plant Pathology</i> , European Journal of Plant Pathology

### 9.2.4 Veröffentlichungen (nicht Peer-Review)

Fuß, S. (2024): Pflanzenstandsbericht August 2024. <i>Hopfen-Rundschau</i> , 75. Jahrgang; Ausgabe 09/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 293
Fuß, S. (2024): Pflanzenstandsbericht Juli 2024. <i>Hopfen-Rundschau</i> , 75. Jahrgang; Ausgabe 08/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 252
Fuß, S. (2024): Pflanzenstandsbericht Juni 2024, 75. Jahrgang; Ausgabe 07/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 213
Fuß, S. (2024): Pflanzenstandsbericht Mai 2024. <i>Hopfen-Rundschau</i> , 75. Jahrgang; Ausgabe 06/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 181
Fuß, S., Arnold, S. (2024): Pflanzenstandsbericht April 2024. <i>Hopfen-Rundschau</i> , 75. Jahrgang; Ausgabe 05/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 151
Gresset S., Lutz A. (2024): Kreuzungen 2023 und Weiterentwicklung von erfolgversprechenden Zuchtstämmen. <i>LfL-Information. Jahresbericht Sonderkultur Hopfen, Jahresbericht Sonderkultur Hopfen</i> , Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 72 - 72
Gresset S., Lutz A.; Albrecht T., Büttner B. (2024): Entwicklung und Validierung geschlechtsspezifischer DNA-Marker für die Hopfenzüchtung. <i>Jahresbericht Sonderkultur Hopfen, Jahresbericht Sonderkultur Hopfen</i> , Hrsg.: LfL, 72 - 74
Gresset S., Lutz A.; Albrecht T., Büttner B. (2024): Verbesserung des Hopfenzuchtprozesses durch die Etablierung der genom weiten Vorhersage in Hopfen. <i>Jahresbericht Sonderkultur Hopfen, Jahresbericht Sonderkultur Hopfen</i> , Hrsg.: LfL, 75 - 78
Holzappel, S., Weinberger, M.; Riedel, C.; Kammhuber, K.; Deyerler, M.; Schwertfirm, G.; Schweizer, G.; Winterling, A. (2024): BitterSweet - Stabilisierung der Alkaloidarmut auf niedrigem Niveau zur Sicherung eines zukunftsfähigen Anbaus der Weißen Lupin. <i>LfL-Schriftenreihe. Öko-Landbautag 2024, 5/2024, Angewandte Forschung und Entwicklung für den ökologischen Landbau in Bayern</i> , Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 38 - 40

Kammhuber, K. (2024): Ergebnisse von Kontroll- und Nachuntersuchungen für Alpha-verträge der Ernte, Hopfen Rundschau, Ausgabe 08/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 242 - 245
Kammhuber, K.: Welche Faktoren haben am meisten Einfluss auf das Hopfenaroma ?, Hopfenrundschau International, 2024/2025, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 84 -89
Kammhuber, K.: 142. Treffen der Arbeitsgruppe für Hopfenanalytik (AHA), Hopfen-Rundschau, 75. Jahrgang; Ausgabe 09/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 292-293
Krönauer, C. (2024): Ergebnisbericht zum CBCVd-Monitoring 2024. Hopfen-Rundschau, 11/2024, 352 - 353
Krönauer, C., Weiß, F., Lutz, K.; Euringer, S. (2024): Citrus bark cracking viroid (CBCVd) - Feldhygiene im Hopfenbau. LfL-Merkblätter, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Lutz K., Lutz A.; Gresset S. (2024): Kreuzungen 2023 und Weiterentwicklung von erfolgversprechenden Zuchtstämmen. Jahresbericht Sonderkultur Hopfen, Jahresbericht Sonderkultur Hopfen, Hrsg.: LfL, 72 - 74
Lutz, K. (2024): Sanieren lohnt sich. Hopfen-Rundschau, 75/2024, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 290 - 292
Lutz, K. (2024): Selektionsgarten: Testen der neuen Zuchtstämmen auf ihre Welke-Toleranz, GfH Newsletter, 2024/04, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 1 - 2
Portner, J. (2024): "Grünes Heft" Hopfen 2024. LfL-Information, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Portner, J. (2024): Bekämpfung von Peronospora-Sekundärinfektionen. Hopfen-Rundschau, 75. Jahrgang; Ausgabe 06/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 178
Portner, J. (2024): Innovativ genutzt: Hopfenfasern als Dämmmaterial - Gewinnung und Eignungsprüfung der Fasern aus der Hopfenpflanze zur Vliesstoffherstellung. Hopfenrundschau International, 2024/2025, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 60 - 65
Portner, J. (2024): Kostenfreie Rücknahme von Pflanzenschutzverpackungen PAMIRA 2024. Hopfen-Rundschau, 75. Jahrgang; Ausgabe 08/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 246
Portner, J. (2024): Rebenhäckselausbringung im Herbst planen. Hopfen-Rundschau, 75. Jahrgang; Ausgabe 08/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 247
Portner, J. (2024): Rückblick auf das Hopfenjahr 2024 in der Hallertau. Hopfen-Rundschau, 75. Jahrgang; Ausgabe 11/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 354 - 357
Portner, J. (2024): Wirtschaftsdüngeruntersuchung als zusätzliche Anforderung in den "roten Gebieten". Hopfen-Rundschau, 75. Jahrgang; Ausgabe 08/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 248
Portner, J. (2024): Zwischenfruchteinsaat im Hopfen planen, 75. Jahrgang; Ausgabe 06/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 179
Portner, J. (2024): Übermittlung von Angaben im Hopfensektor. Hopfen-Rundschau, 75. Jahrgang; Ausgabe 05/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 143 - 144

Portner, J., Arnold, S. (2024): Modell- und Demonstrationsvorhaben "Humusaufbau im Hopfenanbau" - Demonstrationsbetriebe für die Modellregionen Hallertau, Spalt, Tettwang und Elbe-Saale gesucht. Hopfen-Rundschau, 75. Jahrgang; Ausgabe 07/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 202 - 206
Portner, J., Arnold, S. (2024): Modell- und Demonstrationsvorhaben "Humusaufbau im Hopfenanbau" - Erstes Infotreffen der Demo-Betriebe im Haus des Hopfens. Hopfen-Rundschau, 75. Jahrgang; Ausgabe 12/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 405 - 406
Portner, J., Arnold, S. (2024): Modell- und Demonstrationsvorhaben "Humusaufbau im Hopfenanbau". Hopfen-Rundschau, 75. Jahrgang; Ausgabe 06/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 177
Portner, J., Arnold, S. (2024): Modell- und Demonstrationsvorhaben "Humusaufbau im Hopfenanbau". Hopfenrundschau International, 2024/2025, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 66 - 69
Portner, J., Arnold, S. (2024): Nmin-Untersuchung 2024 und endgültige Nmin-Werte in Bayern. Hopfen-Rundschau, 75. Jahrgang; Ausgabe 05/2024, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e. V., 145 - 146
Smith-Weißmann, K., Barbi, M.; Beny, B.; Dejas, R.; Dettweiler, R.; Dreyer, W.; Kienzle, J.; Puffert, M.; Schulz, H.; Struß, J.; Tewes, S.; Vogt-Kaute, W.; Weihrauch, F. (2024): Weiterentwicklung kulturspezifischer Strategien für die Gesunderhaltung von Pflanzen im Öko-Landbau mit Hilfe von Sparten-Netzwerken - Schlussbericht des BÖL-Projekts (FKZ 2815OE095)
Weihrauch, F. (2024): Hüller Wissenschaftler auf der „Woche der Umwelt“ des Bundespräsidenten auf Schloss Bellevue in Berlin. Hopfen-Rundschau, 75(07), Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 206 - 207
Weihrauch, F. (2024): Internationales Hopfenbaubüro (IHB): Aktualisierung der IHB-Sortenliste für das Anbaujahr 2023. Hopfen-Rundschau, 75(02), Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 46 - 55
Weihrauch, F. (2024): Technische Lösung für die Applikation von Raubmilben zur Spinnmilbenbekämpfung – Timing, Aufwandmenge, Effizienz. Hopfenrundschau International, 2024/2025, Hrsg.: Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 70 - 74

## 10 Unser Team

**Für die Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Hüll / Wolnzach / Freising waren im Jahre 2024 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

LR Jakob Münsterer

Andreas Schlagenhauer B.Sc.

### IPZ 5b

**AG Pflanzenschutz im Hopfenbau**

**Leitung: Simon Euringer M.Sc.**

Dipl. Ing. agr. Anna Baumgartner

Maria Felsl

Korbinian Kaindl

Dr. rer. nat. Christina Krönauer

Kathrin Lutz M.Sc.

Sara Robin

LAfrau Regina Stampfl

Johann Weiher (bis 31.12.2024)

Florian Weiß M.Sc.

### IPZ 5c

**AG Züchtungsforschung Hopfen**

**Leitung: LOR Dr. Sebastian Gresset**

Brigitte Brummer

Brigitte Forster

Petra Hager

Anton Hartung

Brigitte Haugg

Daniel Ismann

Jutta Kneidl

LR Anton Lutz

Katja Merkl

Martina Nieder (18.03.-31.07.2024)

Sonja Ostermeier

Ursula Pflügl (bis 29.02.2024)

Andreas Roßmeier

Maximilian Schleibinger

### IPZ 5d

**AG Hopfenqualität und -analytik**

**Leitung: RD Dr. Klaus Kammhuber**

CL Sandra Beck

MTLA Magdalena Hainzlmaier

CTA Silvia Weihrauch

CTA Birgit Wyszkon

### IPZ 5e

**AG Ökologische Fragen des Hopfenbaus**

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

Dr. Inka Lusebrink (bis 31.10.2024)

Maria Kremer M.Sc.