

KABB Projekt Sortenversuche Winterspeisehafer Zwischenbericht 2024



**Katrin Carrel, Adrian Lustenberger, Ivraina Brändle, Nina Lamprecht,
Andrea Wiget, Mathias Christen**

Datum: 30.01.2025



Inhaltsverzeichnis

1. Beschrieb Sortenversuche Winterspeisehafer (KABB Projekt).....	4
2. Material und Methoden.....	6
3. Resultate	10
3.1 Bodenbedeckung	10
3.2 Krankheiten / Schädlinge	12
<i>Schädlinge</i>	14
3.3 Pflanzenhöhe.....	15
3.4 Lager.....	16
3.5 Ertrag.....	17
3.6 Hektolitergewicht.....	21
3.7 Mykotoxine T-2 / HT-2 auf Winterhafersorten	22
3.8 Eignung der Sorten für die Herstellung von Haferdrink	25
4. Beratungstätigkeit.....	26
5. Schlussfolgerungen	27
6. Dank	29
7. Literatur.....	30
8. Anhang.....	31
1. Allgemeines	40
2. Probenvorbereitung.....	40
3. Bestimmung der T-2 und HT-2 Toxine	40
3.1 Testprinzip	40
3.2 Extraktion	41
3.3 Testdurchführung	41
3.4 Berechnung der Konzentrationen	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Versuchsstandorte KABB Winterhafersorten Projekt	6
Tabelle 2: Liste der geprüften Sorten 2024 (Eigenschaften Züchterangaben).....	7
Tabelle 3: Erhebungsparameter.....	9
Tabelle 4: Bandbreite der Anbaumassnahmen.	17
Tabelle 5: Gereinigte Erträge im Jahr 2024 in kg/ha bei 14.5% Feuchtigkeit.....	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bodenbedeckung der einzelnen Hafersorten in Prozent.....	11
Abbildung 2: Zusammenfassende Bonitur der Blattfleckenkrankheiten.....	13
Abbildung 3: Pflanzenhöhe der Winterhafersorten zur Reife	15
Abbildung 4: Lagerung der Hafersorten.	16
Abbildung 5: Felderträge von Winterhafer nach Sorte und Standort	18
Abbildung 6: Hektolitergewicht der Winterhafer in kg/hl.....	21

Abbildung 7: Mykotoxin-Gehalte der Winterhafersorten.....	23
Abbildung 8: Mittlere Mykotoxin-Gehalte an den einzelnen Standorten.....	24

I. Beschrieb Sortenversuche Winterspeisehafer (KABB Projekt)

Hafer wurde bis anhin vorwiegend für Futterzwecke angebaut. Der Anbau für die menschliche Ernährung dient primär der Herstellung von Haferflocken und ist in seinem Ausmass bescheiden. Alternative Milchprodukte wie Haferdrinks sind zunehmend gefragt und werden bisher fast ausschliesslich importiert. Die Milchverarbeiterin Emmi produziert seit Kurzem einen konventionellen Haferdrink. Auch im Biosektor soll ein Schweizer Knospe-Haferdrink lanciert werden. Die Bio-Abnehmer sind vermehrt auf der Suche nach qualitativ gutem Speisehafer mit einer hellen Farbe und ohne bitteren Geschmack.

Für die Herstellung von Speisehafer gelten spezielle Anforderungen an die Sortenwahl. Die zwei wichtigsten Qualitätsparameter sind die Spelzenfarbe und das Hektolitergewicht (HLG); die Spelzenfarbe ist eine Sorteneigenschaft. Die Spelzenfarbe muss weiss oder gelb sein. Das Hektolitergewicht wird stark durch die Sorteneigenschaften beeinflusst; für die Speisennutzung von Hafer sollte das HLG 54 kg/hl betragen und wird gemäss Fachliteratur neben der Sortenwahl auch stark durch die Umweltbedingungen (Boden, Klima, Krankheitsdruck) beeinflusst.

Aufgrund der geringen Winterhärte von Hafer wurden bisher primär Sommerhaferformen angeboten. Im Biolandbau lässt sich jedoch die Winterform besser in die Fruchtfolge integrieren und ist daher beliebter. Mit der Winterform wird in der Regel auch ein höheres HLG erzielt, was für die Verwendung als Speisehafer äusserst wichtig ist. Zurzeit ist lediglich noch die Sorte Eagle auf der Bio-Sortenliste aufgeführt, welche sich für Speisezwecke eignet. Die bisherige Standardsorte (Wiland) wird nicht mehr vermehrt.

Die Hafer-Mykotoxine HT-2 und T-2 können in klimatisch schwierigen Anbaujahren zum limitierenden Faktor werden für den erfolgreichen Anbau von Speisehafer. Die Wetterbedingungen während einer Anbausaison sind dabei grundsätzlich der wichtigste Einflussfaktor. Untersuchungen aus England zeigen, dass auch die Anfälligkeit der einzelnen Winterhafersorten auf den Pilz *Fusarium langsethiae* die Belastung mit Mykotoxinen beeinflusst; deshalb ist die Wahl robuster Sorten eine wichtige und nachhaltige Bekämpfungsstrategie (Edwards et al., 2022). Die Krankheit ist auf den Haferrispen im Feld nur schwer erkennbar. Um die Krankheitstoleranz der einzelnen Hafersorten zu beurteilen, wird das Erntegut auf die Belastung mit HT-2 und T-2-Mykotoxinen im Labor analysiert.

Eine genügende Vielfalt an verfügbaren Hafersorten bildet die Grundlage für eine standortangepasste Sortenwahl. Resistenzen können im Laufe der Zeit durchbrochen werden. Kranke Haferbestände liefern ungenügende Qualität (HLG, Mykotoxin-Problematik) und verminderte Erträge. Deshalb bildet die Selektion neuer Sorten auf Bio-Praxisbetrieben mittels Sortenprüfung die Grundlage für einen etablierten Winterhaferanbau. Auf

dem europäischen Markt sind diverse Winterhafersorten vorhanden. Ihre Verfügbarkeit und ihre Eignung in der Schweiz sollen im Rahmen des vorliegenden Projekts geprüft werden.

Mit den geeigneten Sorten werden drei Exaktversuche und vier Streifenversuche durchgeführt. Es werden der Feldaufgang, die Überwinterung, die Bodenbedeckung, die Wuchshöhe, Blattkrankheiten, der Schädlingsbefall und der Ertrag bonitiert. Die Sorten sollen nach der Ernte auf ihre Eignung für die Herstellung eines Haferdrinks getestet werden. Dabei sollen die sortenspezifischen Qualitätsparameter erhoben werden.

Die Sortenversuche werden über eine Dauer von 3 Jahren durchgeführt. So können neue Sorten und klimatische Jahresverhältnisse mitberücksichtigt werden. Die Erkenntnisse aus den Sortenversuchen garantieren die notwendige Versorgung mit neuen, empfohlenen Sorten für die Humanernährung, die an die Umweltbedingungen in der Schweiz und an die veränderten Anforderungen des Marktes angepasst sind.

Das aufgebaute Versuchsnetz soll für Infoveranstaltungen und Flurgänge dienen.

2. Material und Methoden

An sieben Standorten in der Schweiz werden sieben Winterhafersorten geprüft. An vier dieser Standorte handelt es sich um Praxisstreifen-Versuche, an den übrigen drei Standorten wurden die Sorten in Exaktversuchen mit drei Wiederholungen angesät und ausgewertet (siehe Tabelle 1). Die beiden Sorten Eagle und KWS Snowbird sind bereits für den Bioanbau zugelassen, die anderen fünf Sorten sollen als mögliche Kandidaten auf ihre Eignung geprüft werden und bei positiven Resultaten die Sortenliste ergänzen.

Für die 10 - 20 a grossen Streifen und die Exaktversuche zusammen braucht es für sieben Standorte ungefähr 150 kg Saatgut pro Sorte. Der Hafer wird mit einer Basissaatdichte von 400 Körnern pro Quadratmeter und einer Saattiefe von 3-5 cm ausgesät. Diese Empfehlungswerte werden von den Versuchspartnern an den einzelnen Standorten situativ angepasst je nach Saatzeitpunkt, Bodeneigenschaften und Erfahrung. Je nach Keimfähigkeit und Tausendkorngewicht der Sorten ergibt dies Saatmengen zwischen 1.4 und 2 Kilo pro Are.

Tabelle 1: Versuchsstandorte KABB Winterhafersorten Projekt (* Standorte mit Exaktversuchen)

Name	Adresse	PLZ Ort
Bruno Graf	Grand-Rue 38	1530 Payerne VD
Yvan Chollet	Route de Bellebouche 45	1252 Meinier GE
Andreas Huber	Stiegen 2	8425 Oberembrach ZH
Andreas Brunner	Mattenhof	5722 Gränichen AG
FiBL-Hof*	Ackerstrasse 113	5070 Frick AG
Stefan Rindisbacher*	Fislisbach	5453 Remetschwil AG
Michael Locher (GZPK)*	Seestrasse 6	8714 Feldbach ZH

Tabelle 2: Liste der geprüften Sorten 2024 (Eigenschaften Züchterangaben)

Sorte	Züchter Herkunft	Aufnahme- jahr ESL	Eigenschaften	Reife
Eagle	Die Saat, AT	2019	Speisehafer, weiss HLG +, grosses Korn; robust gegen Mehltau, für milde Lagen	mittelspät bis mittelfrüh
KWS Snowbird	KWS, DE	2022	Speisehafer, weiss für milde Lagen	früh
Gerald	Urspr. GB Senova Ltd., FR	-	Speisehafer, weiss Ertrag etwas tiefer; standfest, gute Resis- tenzen	spät
Vodka	KWS, FR	-	Speisehafer, weiss Ertragsstark, HLG + Etwas anfällig für Mehltau	mittelspät bis mittelfrüh
Fleuron	Hauptsaaen, DE	-	Gelbhafer Ertragsstark, standfest, HLG ++	früh
Dalguise	Sem Partners, FR	-	Speisehafer, weiss etwas anfällig für Kro- nenrost	mittelspät bis mittelfrüh
Rhapsody	Hauptsaaen DE	-	Gelbhafer Ertragsstark, HLG mit- tel, grosses Korn; kurz und standfest robust gegen Mehltau	mittelspät bis spät

Agronomischen Eigenschaften und Hektolitergewicht

Für die Beurteilung der Sorten wurden durch das FiBL und seine Versuchspartner die agronomischen Eigenschaften erhoben. Für die Parameter Bodenbedeckung und Pflanzhöhe wurden je Standort und Sorte der Mittelwert aus 3 Messungen erhoben. Die Lagerung wurde optisch, nach flächenmässigem Anteil erfasst. Die Krankheitssituation wurde an sechs von sieben Standorten mit einer Boniturnote für die verschiedenen Blattkrankheiten von Hafer nach dem Boniturschema von Swissgranum bewertet.

Bei der Ernte wurde jeweils der ganze Sortenstreifen gedroschen, abgesackt und gewogen. Das Erntegut wurde gereinigt und die Feuchtigkeit bestimmt. Anschliessend wurden die gereinigten Erträge pro Hektare bei einem normierten Feuchtegehalt von 14.5% berechnet.

Bei Hafer, der für die menschliche Ernährung bestimmt ist, werden bei der Annahme die Feuchtigkeit, das Hektolitergewicht und der Besatz bestimmt. Der Zielwert für das Hektolitergewicht liegt bei 54 kg/hl. Ernteposten, die ein Hektolitergewicht zwischen 50 und 54 Kilo erreichen, können aufgereinigt werden, bis das Zielgewicht erreicht wird. Kleine Körner werden dabei durch ein Schlitzsieb von 1.8mm (Untersieb) herausgereinigt, was jedoch zu einem Gewichtsverlust in der Abrechnung der Erntemenge für den Produzenten führt. Je nach Anbauvertrag werden diese Reinigungskosten vom Abnehmer übernommen (2 CHF pro Dezitonne). Posten mit einem Fremdkornbesatz von mehr als 3 Prozent werden zu Futterhafer deklassiert; für Schwarzbesatz, Bruchkorn und Gesamtbesatz gelten die empfohlenen Übernahmebedingungen von Swiss Granum. Das Hektolitergewicht wurde am FiBL mit der Hohlmassmethode bestimmt und anhand der Analyse-Resultate der Sammelstellen normiert.

Untersuchung auf Mykotoxine T-2 / HT-2

Ein Fokus der Sortenprüfung im Winterhafer liegt auf der Resistenz der Sorten gegenüber der Bildung der Mykotoxine T-2 / HT-2. Die Mykotoxin-Gehalte der Proben wurde am FiBL im Labor bestimmt. Von allen Standorten und Sorten wurden Muster von 1-2 kg Erntegut genommen und Proben daraus mittels Testkit im FiBL-Labor in Frick analysiert.

Für den Nachweis der Toxine wurde eine Enzymimmunoassay der Firma R-Biopharm (RIDASCREEN® T-2 / HT-2 Toxin Art. Nr. R3805) bestellt. In diesem Testkit sind alle Reagenzien zur Extraktion, Kalibration und Bestimmung der Toxine enthalten.

Der Test basiert auf einer Antigen-Antikörper Reaktion. Die Kavitäten der Mikrotiterplatte sind mit Fänger-Antikörper beschichtet. T-2 Toxin an ein Enzym gebunden, ein sogenanntes T-2 Enzymkonjugat konkurrenziert mit freiem T2-Toxin um Antikörper-Bindungsstellen. Nicht gebundene, noch in Lösung befindende Toxine werden in einem

zweiten Schritt gewaschen. Anschliessend wird ein Substrat mit Farbstoff zugegeben. Das Substrat bindet an das Enzymkonjugat und bildet ein blaues Endprodukt. Durch Zugabe einer Stopplösung wechselt die Farbe von blau nach gelb. Je mehr T2- und HT2-Toxine sich in der Probelösung befinden, desto weniger Enzymkonjugate binden an die Antikörper und desto geringer ist die Farbreaktion.

Eine detaillierte Beschreibung der Methodik befindet sich im Anhang.

Eignung der Sorten zur Herstellung von Haferdrink

In einem letzten Schritt werden die Sorten auf ihre Eignung für die Herstellung eines Haferdrinks beurteilt. Aus den besten Erntemustern jeder Sorte wird eine Probe entspelzt und anschliessend in einem Vorstufen-Versuch zur einem sortenreinen Haferdrink verarbeitet. Die im FiBL Labor hergestellten Haferdrinks werden in einer Blind-Degustation beurteilt und mit einem handelsüblichen Produkt verglichen.

Tabelle 3: Erhebungsparameter

Agronomische Eigenschaften	Qualitätsparameter	Verarbeitungsparameter
<ul style="list-style-type: none"> • Bodenbedeckung 	<ul style="list-style-type: none"> • Hektolitergewicht 	<ul style="list-style-type: none"> • Eignung für die Herstellung von Haferdrink
<ul style="list-style-type: none"> • Krankheiten • Schädlinge 	<ul style="list-style-type: none"> • Mykotoxine 	
<ul style="list-style-type: none"> • Pflanzenhöhe 		
<ul style="list-style-type: none"> • Lagerung 		
<ul style="list-style-type: none"> • Ertrag 		

3. Resultate

Winterhafer stellt grundsätzlich keine großen Ansprüche an den Standort; er ist auch auf nährstoffarmen Böden eine dankbare Kultur. Aufgrund des erhöhten Wasserbedarfs von Hafer sind allerdings sandige und trockene Standorte nur mässig geeignet. Je geringer die Wasserkapazität des Bodens ist, desto gleichmässiger muss die Niederschlagsverteilung sein. Sofern eine genügende Wasserversorgung sichergestellt ist, ist Hafer auch für den Anbau auf sandigen und leicht sauren Böden geeignet.

Lagen mit Kahl- und Spätfrösten sollten vermieden werden. Winterhafer zeigt eine eher langsame Jugendentwicklung und sollte gut bestockt und kräftig durch den Winter gehen. Durch den Entwicklungsvorsprung wird Winterhafer früher als Sommerhafer geerntet. Der Ertrag übertrifft den Sommerhafer um bis zu 15 Prozent.



Die Winterhafersorten am Standort Oberembrach Mitte Juni 2024 (Foto: K. Carrel).

3.1 Bodenbedeckung

Hafer eignet sich gut für Fruchtfolgen von Biobetrieben. Dank seinem Wuchs mit einer guten Bodenbedeckung und dank seinen Wurzelausscheidungen unterdrückt Hafer das Unkraut effizient. Diese Fähigkeit zur Unkrautunterdrückung durch Wurzelausscheidungen (Allelopathie) ist in den einzelnen Hafersorten unterschiedlich stark ausgeprägt (Carraro-Lemes, 2019).

Die Auflaufrate und die Bestockung der Haferpflanzen hat einen besonders wichtigen Einfluss auf die Konkurrenzkraft eines Bestandes gegenüber Unkraut und beeinflusst den Ertrag durch die Anzahl rispentragender Halme pro Quadratmeter.

Der Bodenbedeckungsgrad der Hafersorten wurde während der Schossphase, im Stadium BBCH 32-39 (2-Knoten bis Ligula-Stadium) visuell bewertet.

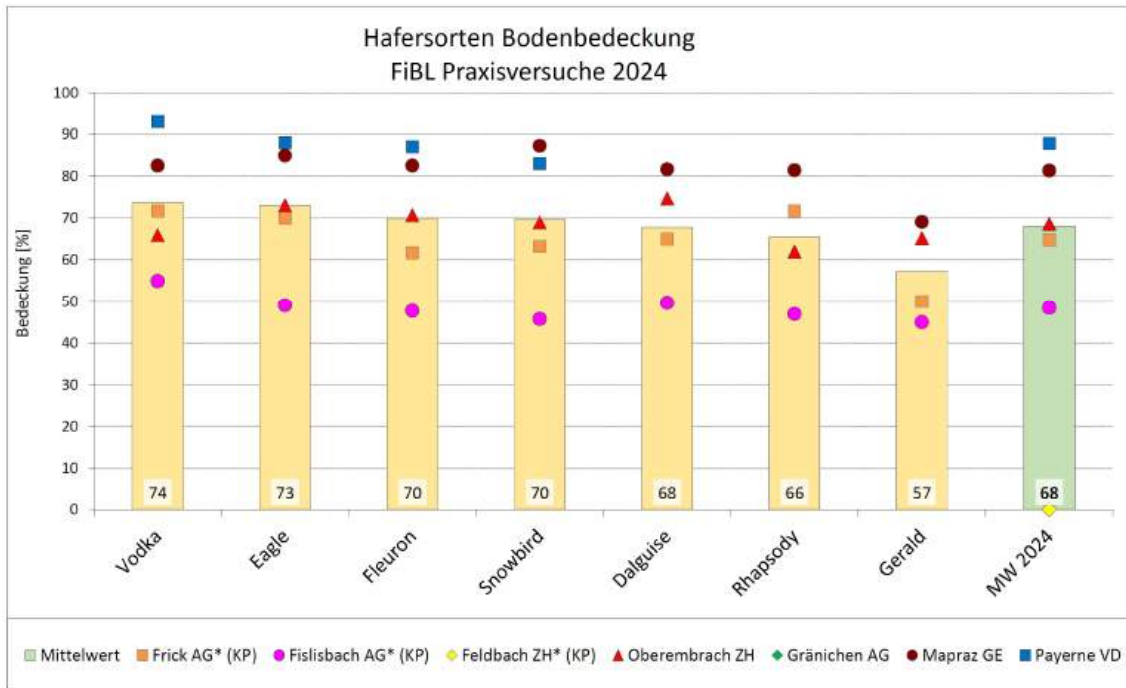


Abbildung I: Bodenbedeckung der einzelnen Hafersorten in Prozent an fünf bzw. vier Standorten im Versuchsjahr 2024 (* Standort mit Exaktversuch in Kleinparzellen)

Die Haferbestände erreichten im Versuchsjahr 2024 eine mittlere Bodenbedeckung von 68 Prozent. Die höchsten Werte erreichten die beiden Sorten VODKA und EAGLE mit 73-74 Prozent; dieses Resultat bestätigt die Beobachtungen aus dem ersten Versuchsjahr. Die schwächste Bodenbedeckung zeigte die Sorte GERALD. Das Resultat der Sorte RHAPSODY muss mit Vorsicht interpretiert werden. Aufgrund einer Lieferverzögerung beim Saatgutimport, musste Saatgut vom Vorjahr verwendet werden, bei dem von einer reduzierten Keimfähigkeit ausgegangen werden muss, die aus zeitlichen Gründen nicht mehr näher bestimmt werden konnte. Dementsprechend liegt die Ursache der eher geringen Bodenbedeckung wahrscheinlich am leicht reduzierten Feldaufgang aufgrund der Saatgutqualität.

3.2 Krankheiten / Schädlinge

Wichtige Krankheiten des Hafers

Die wichtigsten Krankheitserreger des Hafers in der Schweiz sind Mehltau (*Blumeria graminis*, f.sp. *avenae*), Streifenkrankheit (*Drechslera avenae*, *Pyrenophora graminea*), Haferkronenrost (*Puccinia coronata* var. *avenae*) und Ährenfusarien. Haferkronenrost kann die höchsten Ertragseinbussen verursachen (10-40 Prozent), tritt in der Schweiz in der Regel erst Anfang Juli, kurz vor der Ernte auf; der wärmeliebende Pilz könnte in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen. Sonnige Tage mit Temperaturen um 20-25°C, gefolgt von kühlen Nächten mit Taubildung fördern den Befall (Blattnassdauer). Fusarien, insbesondere *Fusarium langsethiae*, sind für die Bildung der unerwünschten haferspezifischen Mykotoxine T-2/HT-2 verantwortlich. Wie im Kapitel 1 erwähnt, kann ein Befall mit dieser Ährenfusarien-Art auf den Haferrispen visuell nicht festgestellt werden.



Kombinierter Befall mit Blattkrankheiten auf Winterhafer im Juni 2024. Septoria, Kronenrost und Streifenkrankheit gehören in der Schweiz zu den wichtigsten Schaderregern (Bild: K. Carrel, FiBL)

Im Versuchsjahr 2024 wurden die Blattkrankheiten an sechs Versuchsstandorten nach dem Schema von Swissgranum bonitiert. Während Mehltau an keinem Standort beobachtet wurde (Boniturnote = 1), war Kronenrost die dominierende Blattkrankheit. Die Unterscheidung von Septoriablattflecken und Streifenkrankheit war aufgrund der

kombinierten Krankheitssymptome erschwert. Aus diesem Grund wurde in der untenstehenden Grafik eine kombinierte Note für den Gesundheitszustand des Fahnenblattes dargestellt. Sie fasst den gesamten Blattflächenverlust aufgrund aller Blattkrankheiten auf dem Fahnenblatt (F1) zusammen. Dabei bedeutet die Boniturnote 1, dass der Bestand vollständig gesund ist, die Boniturnote 9 beschreibt ein zu 100% befallenes Fahnenblatt, das keine Photosyntheseleistung mehr erbringen kann. Dazwischen liegen abgestufte Werte (BN 6 = 15% der Blattfläche befallen, BN 7 = 25%, BN 8 = 50%, BN 9 = 75%).

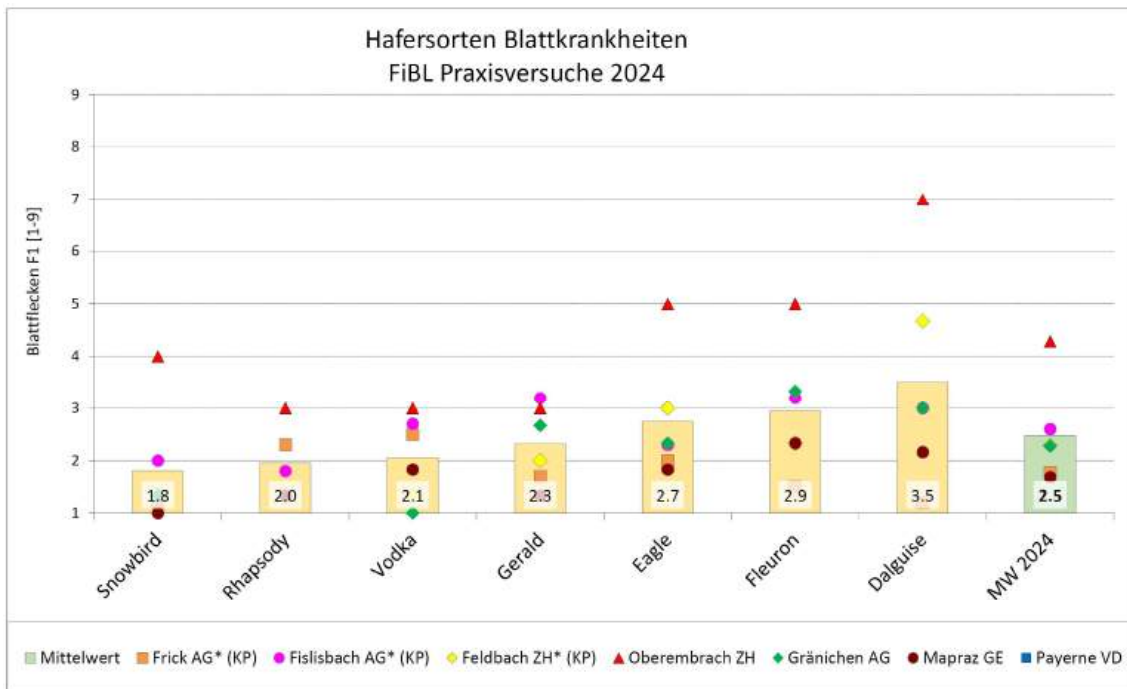


Abbildung 2: Zusammenfassende Bewertung der Blattflecken auf Winterhafer. Kronenrost und Septoria waren die dominierenden Krankheiten im Versuchsjahr 2024.

Der durchschnittliche Krankheitsbefall aller Sorten wurde mit der Boniturnote 2.5 bewertet. Die Sorten SNOWBIRD, RAHPSODY, VODKA und GERALD erwiesen sich dabei als besonders robust. Die Sorte DALGUISE zeigte insgesamt den grössten Blattflächenverlust aufgrund verschiedener Krankheiten, insbesondere durch Haferkronenrost.

Der Krankheitsdruck ist stark abhängig von der Tag-/Nachttemperatur und der Taubildung. Dementsprechend hatte der Standort einen grossen Einfluss auf den Krankheitsbefall. Im Versuchsjahr 2024 verzeichnete der Standort Oberembrach den grössten Befallsdruck. An diesem Standort erreichte die Sorte Dalguise einen Befall von 50% der Blattfläche des Fahnenblatts (Boniturnote 7). RHAPSODY, VODKA und GERALD erwiesen sich unter diesen Bedingungen als besonders robust und wurden mit der Boniturnote 3 bewertet; die Blattflecken bleiben auf den unteren Blattetagen, das Fahnenblatt war zum Boniturzeitpunkt noch vollständig gesund.



Starker Befallsdruck am Standort Oberembrach ZH am 19. Juni 2024: Während die Sorte RHAPSODY (*links*) relativ gesund blieb, zeigte DALGUISE (*rechts*) bereits starke Befallssymptome auf dem Fahnenblatt. (Bild: K. Carrel, FiBL)

Schädlinge

In den Haferbeständen wurden keine nennenswerten Schädlinge beobachtet. Ab Mitte Juni wurden an einigen Standorten Getreideblattläuse (*Sitobion avenae*) beobachtet. Am Standort Frick litten die Kleinparzellen aufgrund der feuchten Witterung unter aussergewöhnlich hohem Schneckendruck; Dabei diente der Hafer eher als Unterschlupf, von dem aus die Schnecken die daneben liegende Ackerbohnen-Kultur aufsuchten.



Schnecken in Hafer-Kleinparzellen am Standort Frick, Aufnahme vom 02. Juli (Bild: K. Carrel, FiBL)

3.3 Pflanzenhöhe

Die Pflanzenhöhe hat einen wichtigen Einfluss auf die Konkurrenzkraft von Biogetreide gegenüber Unkraut. Gleichzeitig bedeuten lange Halme ein grösseres Risiko für Lagerung der Bestände. Für Winterhafer wird zusätzlich davon ausgegangen, dass kurzstrohige Sorten anfälliger sind auf Fusarium-Befall als Sorten mit längeren Halmen¹. Die Pflanzenhöhe wurde in den Kleinparzellen und im Streifenversuch am Standort Gränichen während der Kornreife erhoben. Es wurde jeweils der oberste Punkt der Rispe gemessen.

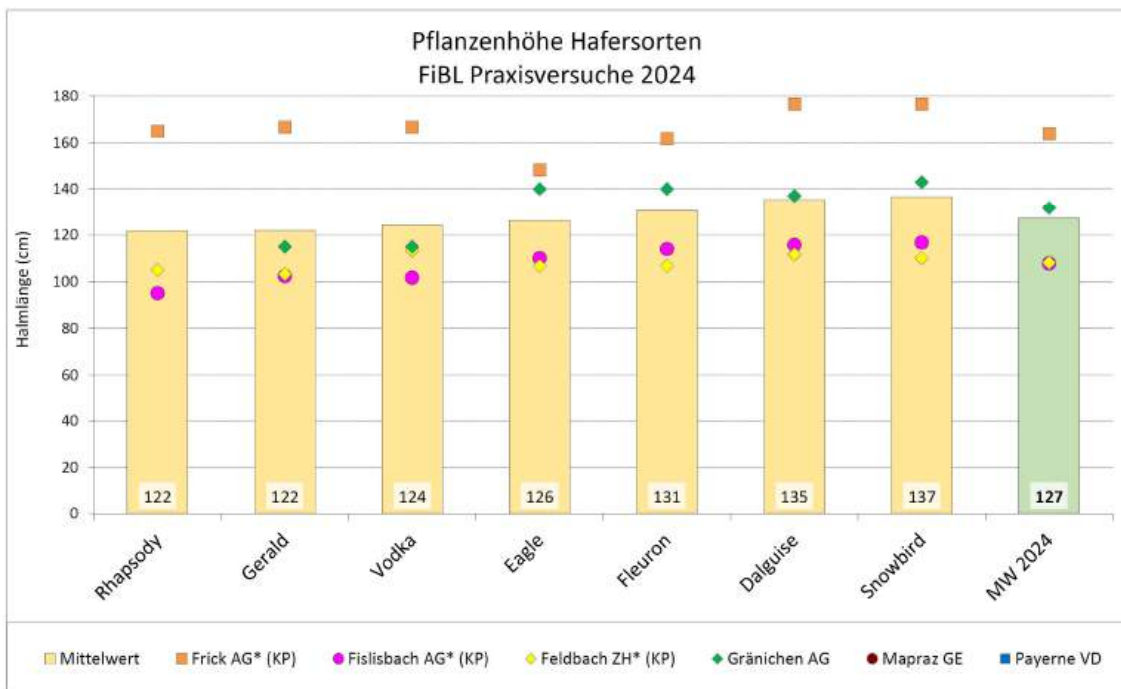


Abbildung 3: Pflanzenhöhe der Winterhafersorten zur Reife an vier Standorten (*Standort mit Exaktversuch in Kleinparzellen)

Abbildung 3 zeigt die unterschiedlichen Halmlängen der einzelnen Sorten. Die durchschnittliche Halmlänge aller Sorten und Standorte lag bei 127 cm und variierte zwischen den einzelnen Versuchsstandorten stark. Während die Hafersorten am Standort Frick eine mittlere Halmlänge von 164 cm erreichten, lag der Mittelwert der Halmlängen am Standort Gränichen bei knapp 108 cm.

Grundsätzlich ist die Halmlänge eine Sorteneigenschaft, gleichzeitig gibt es verschiedene Umweltfaktoren, welche die Halmlänge beeinflussen. In Frick wurde auf einem sehr schweren, tonreichen Boden (bis 40% Ton) eine tiefe Saattiefe (330 Kö/m²) bei einem frühen Saattermin (29.09.23) und eine Düngestrategie von 70 kg N (2 Gaben Landor N-Bio 12%) gewählt. Am Standort Gränichen wurde wegen der Vorkultur

¹ Edwards, S. G., & Stancic, T. (2024).

Silomais spät gesät (23.10.23) und die Saatedichte dementsprechend erhöht (450 Kö/m²). Der Bestand in Gränichen wuchs auf einem guten Ackerboden mit sehr guter Wassersickerfähigkeit und wurde im April einmal mit einer Gabe Biogasgülle gedüngt (25m³, ca. 40 kg N). Unter den Wetterbedingungen des Anbaujahres 2024 lagerten die Haferparzellen in Frick zu einem grossen Teil, während die Sortenstreifen in Gränichen trotz relativ hohem Unkrautdruck von Lagerung grösstenteils verschont blieben.

Im Gesamtvergleich waren die Sorten SNOWBIRD, DALGUISE und FLEURON die Sorten mit den höchsten Halmlängen (131-137 cm). Demgegenüber sind RHAPSODY und GERALD Winterhaferarten mit eher kurzem Stroh (122 cm). Interessanterweise erwies sich die Sorte EAGLE am Standort Frick AG als kürzeste Sorte; ein möglicher Hinweis, dass die dortigen Standortbedingungen (schwerer Boden, relativ hohe Nährstoffversorgung) der Sorte nicht entsprachen. Am Standort Feldbach ZH erwies sich die Sorte VODKA als längste Sorte; die dortigen Standortbedingungen ohne Düngung nach der Vorkultur Silomais schienen für VODKA besonders gut zu passen.

3.4 Lager

Gelagerte Haferbestände erschweren die Ernte, das Abtrocknen und vermindern die Qualität des Ernteguts. Das Risiko einer Mykotoxinbelastung nimmt bei gelagerten Beständen zu.

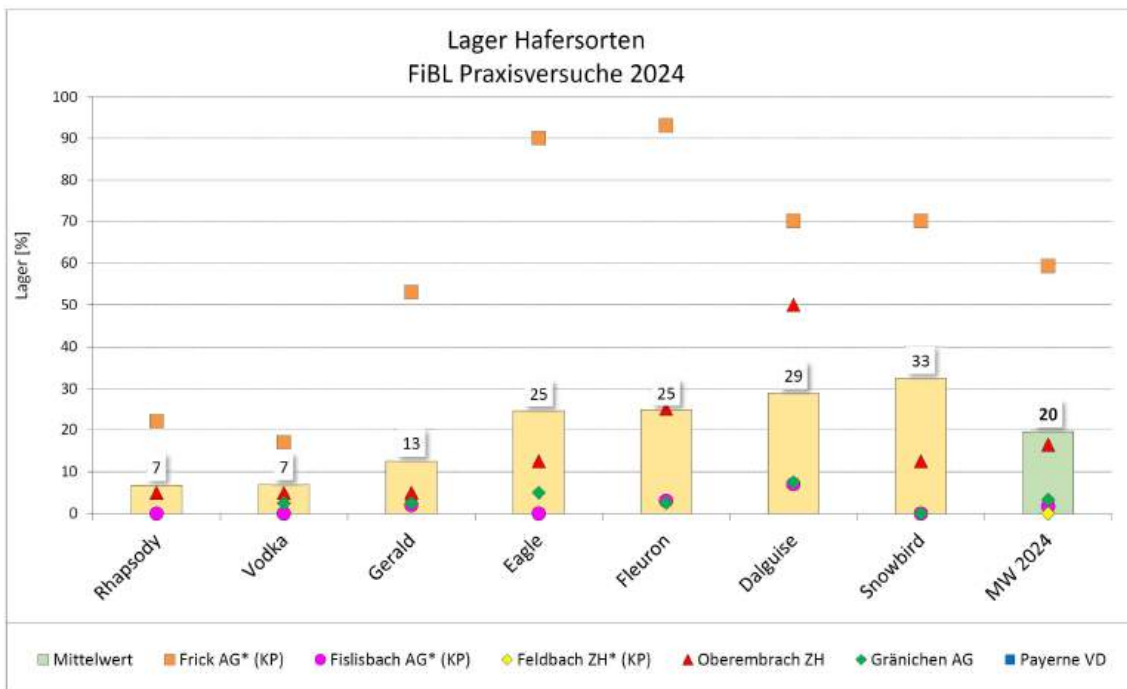


Abbildung 4: Lagerung der Hafersorten an fünf Standorten im Versuchsjahr 2024. (* Standort mit Exaktversuch in Kleinparzellen)

Die obenstehende Grafik (Abb. 4) zeigt die Beobachtungen von fünf Versuchsstandorten. Im Durchschnitt aller Sorten und Standorte kam es im Versuchsjahr 2024 auf 20 Prozent der Flächen zu Lagerfrucht. Die Sorten SNOWBIRD und DALGUISE waren dabei am stärksten betroffen. Der Mittelwert der gelagerten Fläche lag bei 29 bzw. 33 Prozent. Die Sorten RHAPSODY und VODKA erwiesen sich als besonders standfest; im Durchschnitt aller Standorte lagerten diese beiden Sorten nur auf 7 Prozent der Fläche. Wie im Kapitel Halmlängen erwähnt, war der Standort Frick AG am stärksten von gelagerten Beständen betroffen. An den Standorten Fislisbach AG (70 kg N) und Gränichen AG (0 kg N) blieben die Haferpflanzen auf dem grössten Teil der Versuchsfläche stehen.

Insgesamt sollte berücksichtigt werden, dass sich die Lagerung in Kleinparzellen und Streifenversuchen unterscheidet, da Kleinparzellen eine grössere Angriffsfläche für Wind bieten und die gegenseitige Stützfunktion der Pflanzen geringer ist als in Streifenversuchen. In der obenstehenden Grafik sind die Standorte mit Kleinparzellen mit einem Stern markiert.

3.5 Ertrag

Die Haferversuche wurden zwischen dem 29. September und 23. Oktober 2023 mit Saatchichten zwischen 330 und 450 Körnern pro Quadratmeter ausgesät. Die Vorkulturen waren sehr unterschiedlich und reichten von Kunstwiese, Sommereiwieserbsen/Konservenerbsen und Kartoffeln bis zu Sonnenblumen und Silomais.

Tabelle 4: Bandbreite der Anbaumassnahmen im Winterhafer Sortenversuch 2024 im Vergleich zu gängigen Empfehlungen.

	Saattermin	Vorkultur	Bodenbearbeitung	N-Gabe	Pflege
<i>min./früher Bereich</i>	29.09.2023	KW, SEE, Kart	Kulturregge, Kombigrubber (2x) Kombisaat	0	0
				Handelsdünger (2x) 70 kg N/ha	
<i>max./später Bereich</i>	23.10.2023	Silomais, Sonnenblumen	Pflug, Kreiselegge, Saat	Schweinegülle (108 kg N/ha)	2x striegeln 1x walzen
<i>Empfehlung</i>	Mitte Sep bis Mitte Okt	früh räumend z.B. Ra, Ka, Köle	je nach Vorkultur	50-70 kg N/ha in 1(-2) Gaben (je nach VK&Boden)	ev. im Herbst und Frühling

Die Düngungsstrategien wurden entsprechend der Betriebsstrategie gewählt: Die höchste Nährstoffmenge erhielten die Haferbestände am Standort Frick AG mit 70 kg N in zwei Gaben in Form von Handelsdünger (Landor N-Bio 12% am 13. März und 9. April)

nach der Vorkultur Kunstwiese bzw nach Kartoffeln. An den Standorten Mapraz GE, Payerne VD und Feldbach ZH wurde auf eine Düngung verzichtet, dies nach den Vorkulturen Luzernegras, Sonnenblumen bzw. Silomais.

Die obenstehende Übersichtstabelle (Tab. 4) zeigt die Bandbreite der verschiedenen Anbaumassnahmen. Aufgrund der schwierigen Wetterbedingungen wurde an mehreren Standorten nicht nur auf die Düngung, sondern auch auf die mechanische Unkrautbekämpfung verzichtet. Die Anbaumassnahmen jedes einzelnen Versuchsstandorts sind im Anhang zu finden.

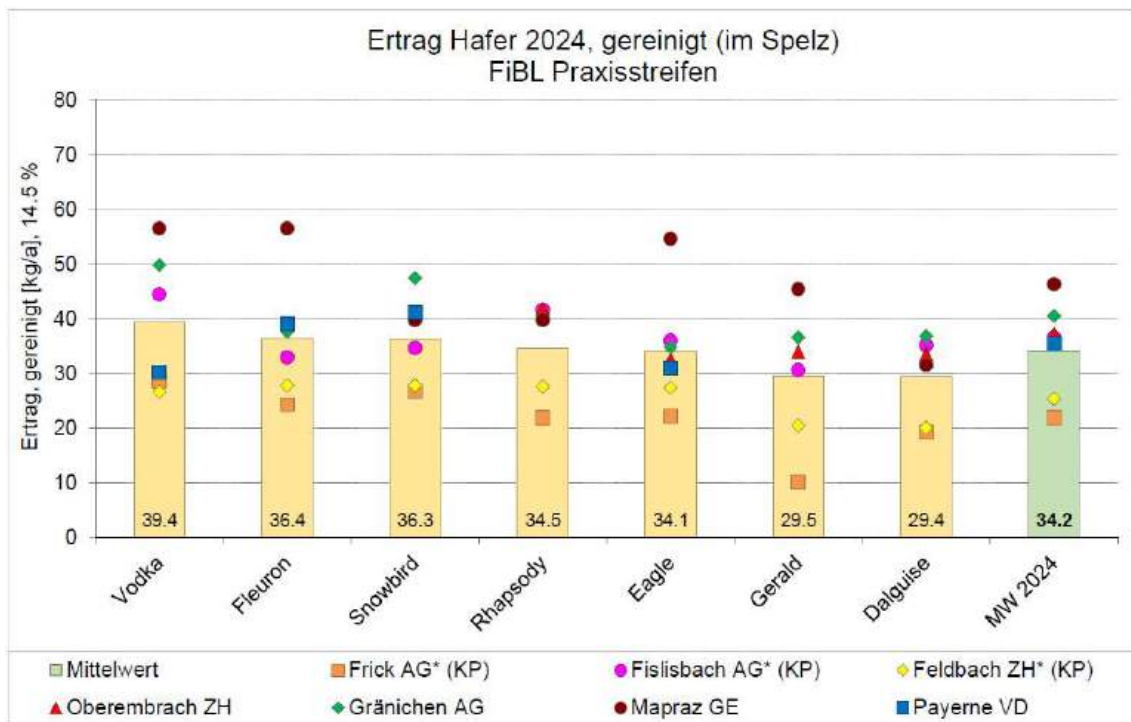


Abbildung 5: Gereinigte Erträge von Winterhafer nach Sorte und Standort im Jahr 2024. (* Standort mit Exaktversuch in Kleinparzellen)

Die obenstehende Grafik (Abbildung 5) zeigt die durchschnittlichen Erträge der einzelnen Sorten als Säulendiagramm, die Resultate an den einzelnen Standorten werden als Punkte dargestellt. Standorte mit Exaktversuchen in Kleinparzellen sind mit einem Stern markiert.

Der durchschnittliche Ertrag aller Sorten lag im schwierigen Anbaujahr 2024 bei 34.2 Dezitonnen pro Hektare; mehr als 22 Dezitonnen tiefer als die Erträge des Vorjahres. Die Nährstoffgaben scheinen die Erträge nicht entscheidend beeinflusst zu haben. Die beiden besten Resultate wurden an den Standorten Mapraz GE und Gränichen AG erzielt. In Mapraz wurde auf die Düngung verzichtet (Vorkultur Luzerne-Gras), am Standort Gränichen wurde der Hafer mit einer Gabe Biogas-Gülle (ca. 40 kg N/ha) am 11. April gedüngt. Wetterbedingt wurde auf Pflegemassnahmen verzichtet, so dass die Bestände

stellenweise unter einem hohen Unkrautdruck litten. Die beiden Betriebsleiter an diesen Standorten hatten sich für eine Saatedichte von 450 Kö/m² entschieden.

Die Hauptursache für diese tiefen Erträge liegt mit grosser Wahrscheinlichkeit bei den Wetterbedingungen. September und Anfang Oktober 2023 zeichneten sich durch warmes, sonniges Wetter aus, danach folgten überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen zwischen Oktober und Dezember. Die grossen Regenmengen im Winter haben sehr wahrscheinlich zu einer grösseren Auswaschung der Nährstoffe und je nach Bodentyp und -struktur zu Sauerstoffmangel im Wurzelraum geführt. Ab Vegetationsbeginn im März bis und mit Juni 2024 war das Wetter überdurchschnittlich oft bewölkt, was zu einem deutlichen Mangel an Sonnenlicht führte. Dementsprechend muss davon ausgegangen werden, dass die Getreidebestände in ihrer Photosyntheseleistung limitiert waren. Es wird angenommen, dass die Wachstumsrate von Haferpflanzen an sonnigen Tagen dreimal höher ist als an bewölkten Tagen². Die Böden trockneten im Frühling nur langsam ab, Düngung und Pflegemassnahmen waren nur beschränkt möglich, wurden teilweise bei suboptimalen Bedingungen durchgeführt oder weggelassen. Im Mai (im Kt. GE auch im Juni) folgten nochmals viele Niederschläge, die deutlich über dem 30-jährigen Durchschnitt lagen. Das Rispenziehen fand Ende Mai und Anfang Juni statt. Die Ertragsbildung im Winterhafer wird entscheidend geprägt durch die Bedingungen während dem Streckungswachstum, da bis zur Blüte die Anzahl der fruchtbaren Ährchenanlagen festgelegt wird.

Im Vergleich der Sorten schnitten VODKA, FLEURON und SNOWBIRD am besten ab. Sie erreichten Erträge von 36.3 bis 39.4 Dezitonnen pro Hektare. Demgegenüber lagen die Erträge von DALGUISE und GERALD mit 29.4 resp 29.5 dt/ha rund 10 Dezitonnen tiefer.

Die Unterschiede zwischen den Standorten waren noch grösser. Während in Mapraz (53.8 dt/ha), Gränichen (51.0 dt/ha) und Feldbach (47.4 dt/ha) im Durchschnitt aller Sorten die höchsten Erträge geerntet wurden, führten gelagerte Bestände in Frick zu sehr tiefen Erträgen in den Kleinparzellen (Mittelwert 29.4 dt/ha).

² Prof Roger Sylvester-Bradley (ADAS) and Dr Simon McWilliam (Eds.) UK Oat Growth Guide, 2019.

Tabelle 5: Gereinigte Erträge im Jahr 2024 in kg/ha bei 14.5% Feuchtigkeit. (* Standorte mit Exaktversuch in Kleinparzellen)

Sorte	Frick AG* (KP)	Fisibach AG* (KP)	Feldbach ZH* (KP)	Oberembrach ZH	Gränichen AG	Mapraz GE	Payerne VD	Mittelwert
Vodka	28.6	44.4	26.6		49.8	56.5	30.3	39.4
Fleuron	24.3	33.0	27.8		37.6	56.5	39.1	36.4
Snowbird	26.8	34.6	27.8		47.4	39.8	41.1	36.3
Rhapsody	21.9	41.7	27.6	33.4		39.8		34.5
Eagle	22.2	36.0	27.4	32.6	34.8	54.6	31.0	34.1
Gerald	10.2	30.6	20.5	34.0	36.6	45.4		29.5
Dalguise	19.4	35.1	20.1	33.5	40.4	31.5		29.4
MW 2024	21.9	36.5	25.4	37.3	40.5	46.3	35.4	34.2



Die Sorte VODKA erreichte im Versuchsjahr 2024 am Standort Mapraz GE den höchsten Ertrag und das beste Hektolitergewicht aller Sorten. (Bild: K. Carrel, FiBL)

3.6 Hektolitergewicht

Wird Hafer für die Speisenzutzung angebaut, ist das Hektolitergewicht eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale. Ein gutes HLG ist die Voraussetzung für ein günstiges Korn-Spelzen-Verhältnis und einen hohen Anteil an verarbeitungsfähigen Haferkörnern.

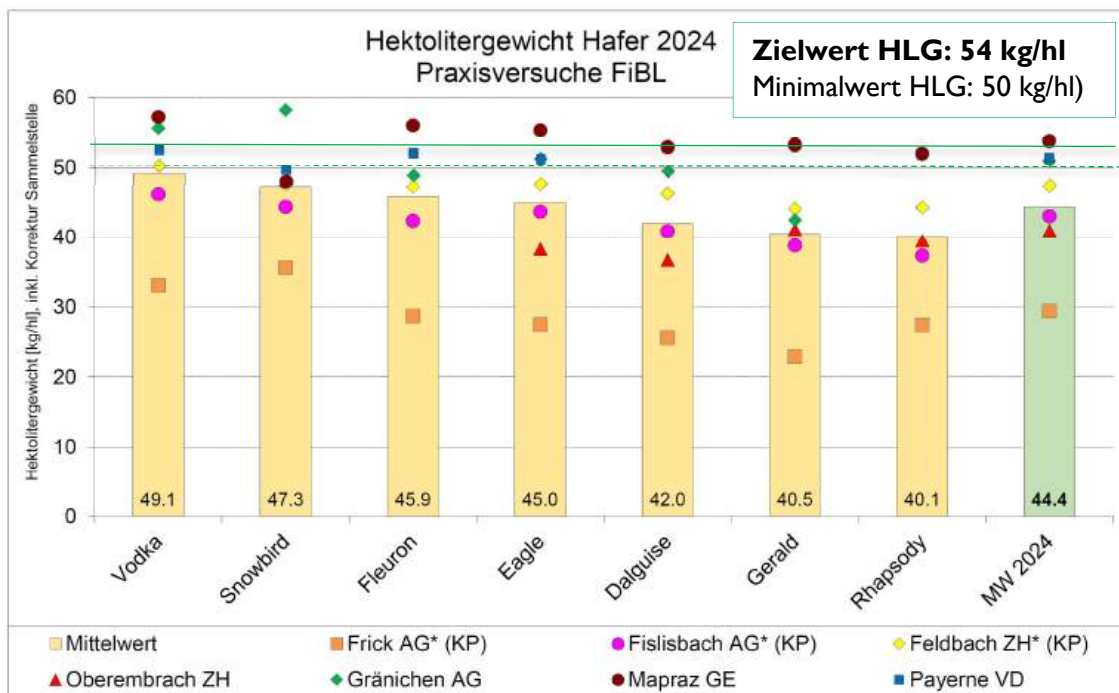


Abbildung 6: Hektolitergewicht der Winterhafer in kg/hl nach Sorte und Standort im Jahr 2024 (* Standorte mit Exaktversuch in Kleinparzellen)

Der Zielwert für das Hektolitergewicht von Speisahafer liegt bei 54 kg/hl. Hafer mit einem HLG zwischen 50 kg/hl und mehr, kann mit einem zweiten Schritt soweit aufgereinigt werden, dass ein genügendes Hektolitergewicht für die Speisenzutzung erreicht wird. Diese beiden Werte (Zielwert und untere Grenze) sind mit der grünen resp. mit der roten Linie in der Grafik dargestellt (Abbildung 6).

Die obenstehende Grafik (Abb. 6) zeigt die Hektolitergewichte der Winterhaferensorten aus dem Versuchsjahr 2024. Der Mittelwert aller Sorten und Standorte lag bei enttäuschenden 43.9 Kilo pro Hektoliter. Die höchsten Werte erreichten die Sorten VODKA, SNOWBIRD, FLEURON und EAGLE (44.1 bis 48.0 kg/hl). Die geringsten Hektolitergewichte wurden für die Sorten RHAPSODY und GERALD ermittelt.

Dennoch gab es Standorte, die auch im Anbaujahr 2024 befriedigende Resultate erzielten. Wiederum waren es die Standorte Mapraz und Gränichen, welche die durchschnittliche Hektolitergewichte von 53.8 resp. 51.0 Kilo pro Hektoliter erreichten. Demgegenüber lagen die Hektolitergewichte in Frick mit durchschnittlich 29.39 kg/hl sehr tief; auch hier

liegt die Ursache bei der unterbrochenen Kornentwicklung aufgrund der relativ frühen Lagerung der Bestände.

3.7 Mykotoxine T-2 / HT-2 auf Winterhafersorten

Mykotoxine sind ein wichtiges Thema in der Getreideproduktion. In einer internationalen Studie wurden elf verschiedene Mykotoxine auf unverarbeitetem Hafer gefunden (De Colli et al, 2020). Dabei waren die die Mykotoxine T-2 / HT-2 die mengenmässig wichtigste Gruppe.

Wird Hafer für die menschliche Ernährung genutzt, gelten strenge Grenzwerte für die Belastung mit Mykotoxinen. Die EU hat per 01.07.24 einen verbindlichen Höchstwert für die Mykotoxine T-2/HT-2 im unverarbeiteten Speisehafer eingeführt (1250 µg/kg)³. In der Schweiz galten für die Ernte 2024 nur empfehlende Richtwerte für diese Mykotoxin-Gruppe (1000 µg/kg)⁴. In der menschlichen Ernährung liegt die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI) für T-2 / HT-2 liegt bei 0,1 µg/kg Körpergewicht.

Die Mykotoxine T-2 und HT-2 sind Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen der Gattung *Fusarium*. Sie werden von spezifischen *Fusarium*-Arten gebildet (*F. sporotrichioides*, *F. langsethiae* auf Winterhafer und *F. poae* auf Sommerhafer). Diese Pilze befallen diverse Getreidearten, einschließlich Hafer, besonders unter feuchten und milden Bedingungen während der Blüte. Eine hohe relative Luftfeuchtigkeit und Temperaturen zwischen 10°C und 30°C fördern die Infektion und die Toxin-Produktion.

Die Resistenz gegenüber der Bildung von Mykotoxinen bei Hafer ist eine wichtige Sorteneigenschaft, um die Belastung von Hafer mit T-2 / HT-2 zu vermeiden. Grundsätzlich wurde eine erhöhte Anfälligkeit bei kurzstrohigen Sorten festgestellt, Nackthafer-Sorten gelten als weniger anfällig als bespelzte Sorten.

Wenn Hafer bei der Verarbeitung entspelzt und weiterverarbeitet wird, sinkt die Mykotoxinbelastung auf den Haferkörnern, Haferflocken und im Hafermehl deutlich ab. Die oben erwähnte Studie von De Colli et al. (2020) spricht von einer Reduktion der T-2 / HT-2-Gehalte um 82-88 Prozent. Die Nebenprodukte der Haferverarbeitung sind dann jedoch um ein Mehrfaches mit Mykotoxinen belastet. Die Weiterverwertung von Stroh und Müllerei-Nebenprodukten aus mykotoxin-belastetem Erntegut sollte deshalb mit Vorsicht geschehen; insbesondere sollen diese Produkte nicht in der Schweinehaltung eingesetzt werden.

³ EU 2023/915, Anhang 1, Nummer 1.8

⁴ Kontaminantenverordnung, VHK (01.02.24)

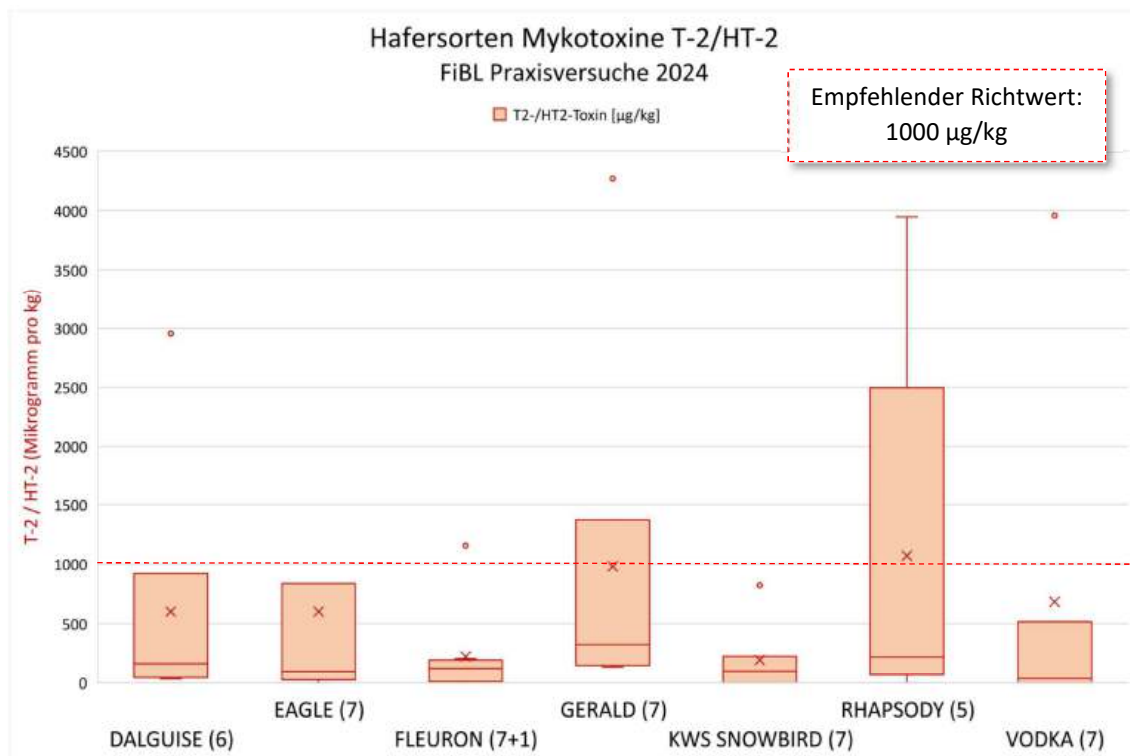


Abbildung 7: Mykotoxin-Gehalte der Winterhafersorten in Mikrogramm pro Kilogramm nach Sorte im Jahr 2024. Hinter den Sortennamen ist die Anzahl Standorte ersichtlich, von denen Erntemuster analysiert wurden.

Witterungsbedingt war die Mykotoxinbelastung der Winterhaferproben aus dem Versuchsjahr 2024 deutlich höher als im Vorjahr. Dabei war der Infektionsdruck an den einzelnen Standorten sehr unterschiedlich. Im Vergleich der Sorten zeigten RHAPSODY (1068 µg/kg) und GERALD (978 µg/kg) die höchste Mykotoxin-Belastung im Durchschnitt aller Sortenmuster; dies war darauf zurückzuführen, dass der empfehlende Richtwert an zwei Standorten überschritten wurde. Für alle anderen Sorten, war dies nur am Standort 07 (siehe Abb. 8) der Fall. Am besten schnitten die Sorten SNOWBIRD (195 µg/kg) und FLEURON (224 µg/kg) ab. Für SNOWBIRD wurde an keinem der sieben Versuchsstandorte der empfehlende Richtwert überschritten.

Die untenstehende Grafik zeigt einen anonymisierten Vergleich der Befallsituation der einzelnen Standorte. An den beiden Standorten 07 und 06 wurden die höchsten Mykotoxin-Gehalte in den Erntemustern gemessen. An beiden Standorten war nach einer Hackkultur auf den Pflugeinsatz verzichtet worden. Der Getreideanteil in der Fruchtfolge der Betriebe soll für die Schlusserhebung erhoben werden.

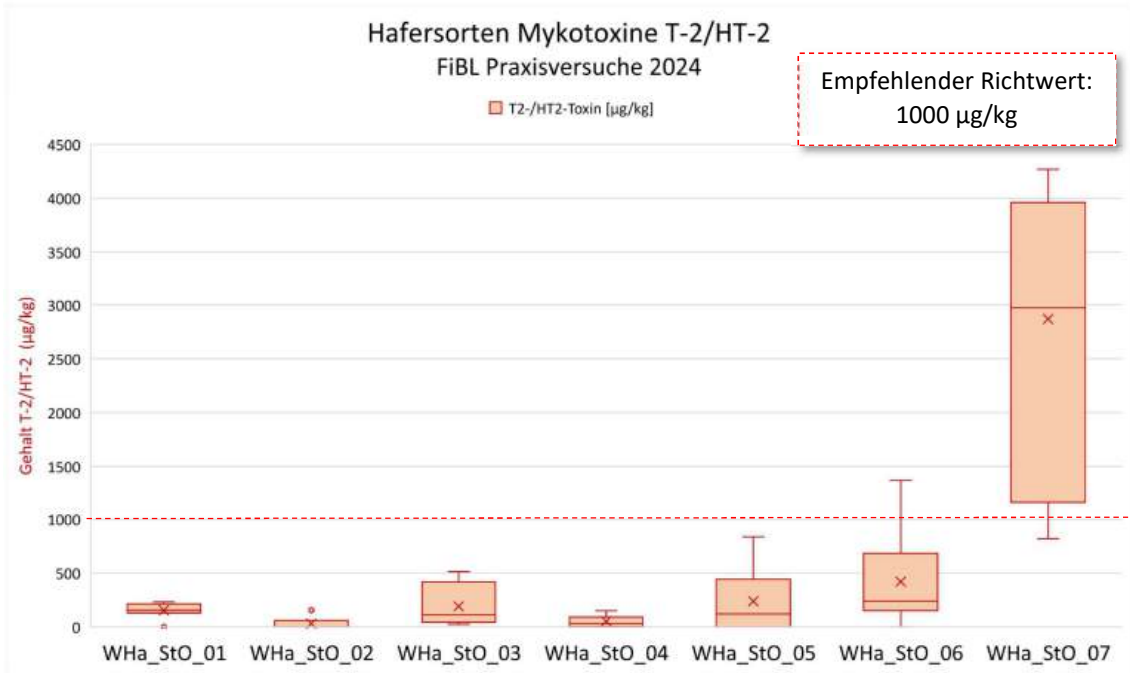


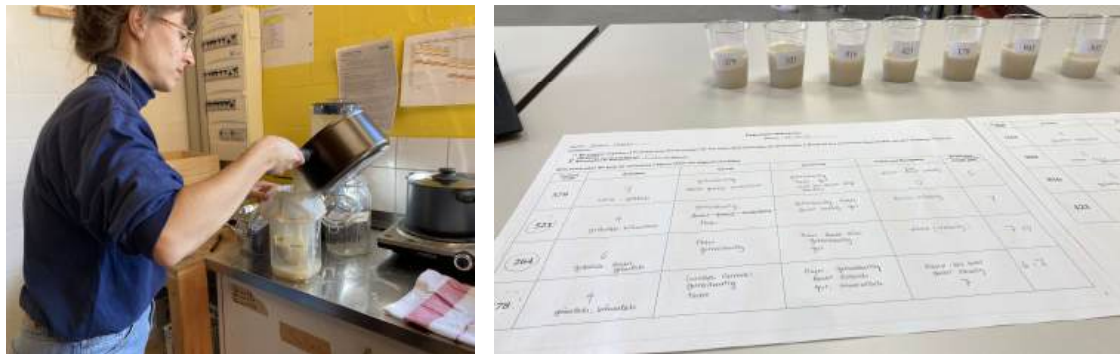
Abbildung 8: Mittlere Mykotoxin-Gehalte von Winterhafer in Mikrogramm pro Kilogramm an den einzelnen Standorten im Jahr 2024.

3.8 Eignung der Sorten für die Herstellung von Haferdrink

Nach der Ernte und Qualitätsanalyse der Erntemuster wurde ein Sondierungsversuch mit Kleinmengen der sieben Winterhafersorten und einer Sommerhafersorte durchgeführt. Dabei wurden qualitativ einwandfreie Erntemuster im Qualitätslabor von Swissmill Zürich entspelzt. Anschliessend wurden daraus im FiBL-Labor sortenreine Haferdrinks hergestellt und in einem Blindversuch von fünf Degustant:innen bewertet. Die Bewertungskriterien waren Aussehen, Geruch, Geschmack, Textur und Mundgefühl.

Mit Ausnahme der Sommerhafersorte wurden alle Sorten als geeignet eingestuft. Die Eigenschaften des Endprodukts können während dem Verarbeitungsprozess noch weiter optimiert werden.

Die Methodik und die detaillierten Resultate des Eignungstests werden in einem separaten Kurzbericht von Nina Lamprecht, FiBL Departement Foodsystem Science, dokumentiert.



Zubereitung sortenreiner Haferdrinks im FiBL Labor und anschliessende Blindde gustation. (Bild: K. Carrel, FiBL)

4. Beratungstätigkeit

Die Winterhafer-Sortenversuche und die Zwischenresultate sollen im Rahmen verschiedener Anlässe den interessierten Biolandwirten und Branchenteilnehmer/innen vorgestellt werden.

Im Versuchsjahr 2024 wurde der KABB Winterhafer Sortenversuch an folgenden Anlässen den Praxisbetrieben und der vor- und nachgelagerten Branchenteilnehmern bekannt gemacht:

- Kurzbeitrag im Schweizer Bauer am 9. März 2024
- Vernetzung anlässlich des Kurses «Herstellung Milchalternativen - Fokus Haferdrink» am 23. April 2024 auf dem Biohof Hübeli in Kallnach BE
- Visites de cultures bio ferme de Mapraz GE am 12. Juni 2024
- Feldbesichtigung am Flurgang Bioackerbau am 19. Juni 2024 am Stiegenhof, Oberembrach ZH
- Sortenbesichtigung am 9. Schweizer Bio-Ackerbautag am 26.-27. Juni 2024 in Aubonne VD
- Austausch zum Thema Methodik Haferdrink mit Mitarbeitenden der Biofarm Genossenschaft, der Firma Soyana (Schlieren ZH) und Swissmill Zürich im August 2024
- Präsentation der Teilauswertung an der Sitzung von Swissem am 9. September 2024 in Delley VD
- Instagram Beitrag zum Thema Haferdrink am 16. Dezember 2024
- Präsentation der Resultate und Informationen zum Thema Mykotoxine in Biospeisegetreide an der FiBL-Arenenberg-Tagung am 21. Januar 2025
- Die Resultate werden auf www.bioaktuell.ch öffentlich publiziert und stehen allen Interessierten zur Verfügung



Hafersorten am Bio-Ackerbautag 2024 in Aubonne VD (Bild: K. Carrel, FiBL)

5. Schlussfolgerungen

Die Resultate des Versuchsjahres 2024 widerspiegeln den starken Einfluss des Wetters auf die Entwicklung der Getreidekulturen. Von September 2023 bis Ende Juli 2024 war das Wetter durch eine warme, sonnige Phase im Herbst 2023 und anschließende, überdurchschnittliche Regenmengen zwischen Oktober und Dezember geprägt. Im Frühjahr 2024 war es häufig bewölkt, was den Sonnenlichteinfall und damit das Pflanzenwachstum einschränkte. Häufige Niederschläge im Mai und Juni führten zu ungünstigen Bedingungen für das Getreidewachstum und die Ertragsbildung. Viele Landwirte konnten die geplanten Anbaumassnahmen nicht zum optimalen Zeitpunkt ausführen und mussten teilweise ganz auf Düngung und Unkrautbekämpfung verzichten.

Dementsprechend fielen die durchschnittlichen Erträge mit 34.2 dt/ha sehr tief aus und an mehreren Versuchsstandorten erreichte der Winterhafer nicht die erhoffte Qualität. Aus versuchstechnischer Sicht konnten wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden über die Resilienz der einzelnen Hafersorten. In der Fachliteratur wird erwähnt, dass die Standort- und Wetterbedingungen den Erfolg im Winterhaferanbau stark beeinflussen. 2024 wird nicht nur als Jahr mit tiefen Erträgen in Erinnerung bleiben, sondern auch mit einer aussergewöhnlich hohen Belastung mit Mykotoxinen auf diversen Getreidearten. Auch für Winterhafer war dieses zweite Versuchsjahr ein Stresstest, was die Mykotoxine T-2 / HT-2 betrifft.

Die Konkurrenzkraft gegenüber Unkraut wird durch die Bewertung der Bodenbedeckung zu Beginn der Schossphase beurteilt. Neben der sortenabhängigen Fähigkeit Unkraut durch Wurzelausscheidungen (Allelopathie) zu unterdrücken, sind auch langhalme Sorten gegenüber dem Unkraut im Vorteil; lange Halme erhöhen jedoch gleichzeitig das Lagerrisiko der Haferbestände. Die Sorten VODKA und EAGLE zeigten im Vergleich der Sorten die beste Bodenbedeckung (73-75%), während GERALD mit 57% den tiefsten Wert erreichte. Die Sorten RHAPSODY, GERALD und VODKA zeigten eher kurze Halme und lagerten dementsprechend wenig (7-13 Prozent). Das längste Stroh hatten SNOWBIRD und DALGUISE; diese beiden Sorten lagerten im Durchschnitt auf 29-33 Prozent der Fläche.

Ertragsmässig lieferten die Sorten VODKA, FLEURON und SNOWBIRD die besten Resultate. Die Erträge von DALGUISE und GERALD blieben hinter den übrigen Sorten zurück. Bei DALGUISE liegt die Ursache für den tiefen Ertrag wahrscheinlich an der Lageranfälligkeit, aber auch an der eher geringen Krankheitsresistenz. Im Vergleich der Sorten erkrankte DALGUISE mit Abstand am stärksten an Kronenrost, Septoria und Streifenkrankheit. Als besonders robust erwiesen sich die Sorten SNOWBIRD, RHAPSODY und VODKA.

Das wichtigste Qualitätsmerkmal von Speisehafer ist das Hektolitergewicht. Der Zielwert liegt bei 54 kg/hl; ab einem Hektolitergewicht von 50 kg/hl, kann dieses Qualitätsmerkmal durch Aufreinigen verbessert werden. Wie beim Ertrag erreichten die Sorten VODKA, SNOWBIRD und FLEURON die besten Resultate; einige Quellen in der Fachliteratur deuten darauf hin, dass Winterhafer am Haupttrieb die grössten Körner, mit dem höchsten Hektolitergewicht ausbildet, was sowohl den Ertrag als auch die Qualität bei der Ernte positiv beeinflusst⁵. Dies spricht eher für höhere Saatkulturen, obwohl Hafer eine Getreideart ist, die sehr gut bestockt.

Der Standorteinfluss war im Versuchsjahr 2024 sehr gross. Standort-Faktoren wieder spiegeln die Bodenbedingungen, den Witterungsverlauf, aber auch die Anbaustrategie der einzelnen Versuchsstandorte. Das breit gefächerte Versuchsnetz der FiBL-Praxispartner ermöglicht hier besonders wertvolle Einsichten. So zeigte die Sorte FLEURON an den drei Standorten ohne Düngung zweimal den besten und einmal den zweithöchsten Ertrag im Vergleich der sieben Sorten; diese Winterhafersorte scheint für eine extensive Bestandesführung besonders gut geeignet zu sein.

Beim Thema Mykotoxine erwies sich das Anbaujahr 2024 als Härtestest für die Sorten. An einem resp. zwei Standorten war der Befallsdruck besonders hoch. Hier erwiesen sich die Sorten SNOWBIRD und FLEURON als besonders robust. Für die Sorten RHAPSODY und GERALD lagen die Analyse-Werte für die Mykotoxine aus der Gruppe T-2 / HT-2 an zwei Standorten über dem empfehlenden Richtwert von 1000 Mikrogramm pro Kilo Erntegut. Für die Sorte SNOWBIRD wurde der empfehlende Richtwert an keinem einzigen Standort überschritten, unabhängig davon, wie stark der Befallsdruck war.

Aus dem Erntegut der Winterhafersorten wurden in einem Sondierungstest sortenreine Haferdrinks hergestellt und beurteilt. Alle Winterhafersorten scheinen für die Herstellung von Haferdrinks geeignet zu sein. Um die Qualität solcher Haferdrinks zusätzlich zu optimieren, kann die Rezeptur und der Verarbeitungsprozess noch weiter angepasst werden.

⁵ McCabe CP, Burke JI (2021)

6. Dank

Ein grosser Dank geht an unsere Versuchspartner, die Praxisbetriebe, und die Mitarbeitenden der gzpk Getreidezüchtung Peter Kunz, für ihre Beteiligung und ihr Engagement bei der Durchführung des Winterhafer-Sortenversuchs. Sie haben ihre Flächen und Anbaudaten zur Verfügung gestellt und während der ganzen Anbausaison die zusätzlichen Arbeiten ausgeführt, welche für die Versuchsanlage, die Pflegearbeiten und für die separate Ernte der Sortenstreifen und Exaktversuche notwendig waren.

Ein weiterer Dank für die Unterstützung bei der Erhebung der agronomischen Eigenschaften geht an die Mitarbeitenden der kantonalen Fachstelle Biolandbau am Strickhof Lindau ZH, an Betriebsleiter Bruno Graf, Payerne VD, Ludovic Piccot von Agridea Lausanne und das Team der Gruppe Anbautechnik Ackerbau am FiBL.

Wir danken den Mitarbeitenden der Delley Samen und Pflanzen AG, dem Team der Sativa Rheinau AG und der Fenaco Lyssach für die Unterstützung bei der Saatgutbeschaffung.

Ebenfalls ein grosser Dank geht an Cornelia Dängeli und Bruno Hartmann von der Swissmill Zürich für die kostenlose Entspelzung unserer Sortenmuster für die Zubereitung der Haferdrinks. In diesem Zusammenhang bedanken wir uns für die beratende Unterstützung von Hansueli Brassel von Biofarm und Walter Dänzer von Soyana Schlieren ZH.

Herzlichen Dank für die finanzielle Unterstützung des Winterhafer-Sortenversuches an:

- Bio Suisse, FG Ackerkulturen
(Unterstützung aus dem Fonds Ackerbau für die Auswertung und Koordination KABB Fonds)
- Dem Fonds (u.a. aus Lenkungsabgaben) für Saatgut und Analysen durch die Getreidzüchtung Peter Kunz
- SwissSem Fonds Biosaatgut
- Kantonale Fachstelle für Biolandbau Liebegg, Gränichen, AG
- Kantonale Fachstelle Biolandbau, Strickhof, Lindau, ZH
- Kantonale Fachstelle Biolandbau, Arenenberg, TG

7. Literatur

- CARRARO-LEMES, C.F. et al. "Analysis of Genotypic Variability in Avena spp. Regarding Allelopathic Potentiality." *Planta daninha* [online]. 2019, vol. 37, [cited 2024-01-25], e019191107. Available from: <<https://awsjournal.org/article/analysis-of-genotypic-variability-in-avena-spp-regarding-allelopathic-potentiality/>>. ISSN.
- DE COLLI, Lorenzo et al. "Determination of 42 mycotoxins in oats using a mechanically assisted QuEChERS sample preparation and UHPLC-MS/MS detection." *Journal of chromatography. B, Analytical technologies in the biomedical and life sciences* vol. 1150 (2020): 122187. doi:10.1016/j.jchromb.2020.122187
- EDWARDS, S. G., & STANCIC, T. (2024). Susceptibility of UK oat (*Avena sativa*) varieties to infection by *Fusarium* species and subsequent HT-2 and T-2 toxin contamination. *Plant Breeding*, 143(1), 59–65. <https://doi.org/10.1111/pbr.13067>
- HOWARTH, Catherine J et al. "Genotype and Environment Affect the Grain Quality and Yield of Winter Oats (*Avena sativa* L.)." *Foods* (Basel, Switzerland) vol. 10,10 2356. 3 Oct. 2021, doi:10.3390/foods10102356
- LÜTKE ENTRUP, N. et SCHÄFER, B.C. "Lehrbuch des Pflanzenbaues." AgriConcept GmbH, Bonn. 3. Auflage, Band 2: Kulturpflanzen (2011): S.443-455.
- MANTAI, Rubia D. et al. "Simulation of oat grain (*Avena sativa*) using its panicle components and nitrogen fertilizer." *African Journal of Agricultural Research* 11 (2016): 3975-3983.
- MARTIN, Charlotte et al. "Responses of Oat Grains to *Fusarium poae* and *F. langsethiae* Infections and Mycotoxin Contaminations." *Toxins* vol. 10,1 47. 20 Jan. 2018, doi:10.3390/toxins10010047
- McCABE CP, BURKE JI (2021). Oat (*Avena sativa*) yield and grain fill responses to varying agronomic and weather factors. *The Journal of Agricultural Science* 1–16. <https://doi.org/10.1017/S0021859621000320>
- MUT, Zeki & al. (2016). "Grain Yield and Some Quality Traits of Different Oat (*Avena sativa* L.) Genotypes." *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)* Vol-2, Issue-12, December- 2016: p.83-88. ISSN: 2454-1850
- SWISSGRANUM (2024). "Massnahmen gegen Mykotoxine." Abgerufen am 07.02.2025 von <https://www.swissgranum.ch/qualitaet/toxine>.
- SYLVESTER-BRADLEY, Prof Roger (ADAS) and McWILLIAM, Dr Simon (Eds.) "UK Oat Growth Guide", 2019: p.8.

8. Anhang

Kulturblatt 5.1. Winterhafer (0.5 ha)

Parzelle: 5.Hafer Graf Payerne_VD Kultur: 5.1.Winterhafer Fläche: 0.5 ha Sorte: BS Sortenversuch
Art: Hauptkultur Vorkultur:

Notizen:

4 Sorten (VODKA, FLEURON, EAGLE, SNOWBIRD); Vorkultur = Sonnenblumen

Bodenbearbeitung

Datum	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Notizen
17.10.2023	Grundbodenbearbeitung	0.50ha	Pflg	BGR	

Saat

Datum	Arbeit	Fläche	Menge	Gerät	Person	Notizen
18.10.2023	Kombisaat	0.50ha	kg	GetrSä_12cm, KombiSä	BGR	EAGLE, SNOWBIRD; FLEURON, VODKA (400 Kg/m2)

Düngung

Ph: 7.0 Ton-Gehalt: 20%	N	P	K	Mg
Korrekturfaktoren		1	1	1
Bedarf der Kulturen nach Düngungsnormen pro ha:	90	65	140	15
Korrigierter Bedarf nach Bodenproben pro ha:	90	65	140	15

Keine Einträge gefunden.

Pflanzenschutz

Keine Einträge gefunden.

Pflege

Keine Einträge gefunden.

Ernte

Datum [von]	[bis]	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Menge	Notizen
19.07.2024	19.07.2024	Ernte Haferversuch	0.50ha	MähD_6m	BGR	29.85 dt	Ährenschieben Snowbird zuerst (15.05.), VODKA zuletzt (25.05.)

Kulturblatt 6.1.Winterhafer (1 ha)

Parzelle: 6.Hafer Chollet Meinier_GE Kultur: 6.1.Winterhafer Fläche: 1 ha Sorte: BS Sortenversuch
Art: Hauptkultur Vorkultur:

Notizen:

7 Sorten (inkl. Rhapsody Reserve); Vorkultur = Kunstwiese Klee/Luzerne
Schwerer Boden (46% Ton, 5% org. Substanz); Versuchsbetrieb ohne Düngung; Standort Mapraz GE

Bodenbearbeitung

Datum	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Notizen
28.09.2023	Grundbodenbearbeitung	1.00ha	Pflg	YCH	
29.09.2023	Saatbettbereitung	1.00ha	KrEgg, Pflg	YCH	

Saat

Datum	Arbeit	Fläche	Menge	Gerät	Person	Notizen
02.10.2023	Saat	1.00ha	2 kg	GetrSä_12cm, KombiSä	YCH	2kg/a für alle Sorten

Düngung

Ph: 7.0 Ton-Gehalt: 20%	N	P	K	Mg
Korrekturfaktoren		1	1	1
Bedarf der Kulturen nach Düngungsnormen pro ha:	90	65	140	15
Korrigierter Bedarf nach Bodenproben pro ha:	90	65	140	15

Keine Einträge gefunden.

Pflanzenschutz

Keine Einträge gefunden.

Pflege

Keine Einträge gefunden.

Ernte

Datum [von]	[bis]	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Menge	Notizen
25.07.2024	25.07.2024	dreschen	1.00ha	MähD_6m	YCH	46.3 dt	Charge=7,4 % , polds/hl= 53,5, protéine 9,3%

Kulturblatt 7.1.Winterhafer (0.85 ha)

Parzelle: 7.Hafer Huber Stiegenhof_ZH Kultur: 7.1.Winterhafer Fläche: 0.85 ha Sorte: BS Sortenversuch
 Art: Hauptkultur Vorkultur:

Notizen:

7 Sorten (inkl. RHAPSODY Reserve); VK = SEE / Konservenerbsen

Bodenbearbeitung

Datum	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Notizen
16.09.2023	Grundbodenbearbeitung	0.85ha	KoGrub	AHU	
26.09.2023	Grundbodenbearbeitung	0.85ha	KoGrub	AHU	

Saat

Datum	Arbeit	Fläche	Menge	Gerät	Person	Notizen
30.09.2023	Saat	0.85ha	1.6 kg	KombiSä	AHU	Saat SHU / KCA gemäss Saatplan, je Sorte 400 Kg/m2 (1.3-1.9 kg/a)

Düngung

Ph: 6.8 Ton-Gehalt: 21%	N	P	K	Mg
Korrekturfaktoren		1	1	1
Bedarf der Kulturen nach Düngungsnormen pro ha:	90	65	140	15
Korrigierter Bedarf nach Bodenproben pro ha:	90	65	140	15

Datum	Produkt	Fläche	Menge [ha]	[Total]	Gerät	Person	N	P	K	Mg	
26.03.2024	Schweinegülle Mast	0.85ha	30.00 m3	25.50 m3		AHU	108	114	132	18	
26.04.2024	Kieserit 15% Mg (ESTA Kieserit)	0.85ha	200 kg	170 kg	DüStr	AHU	0	0	0	30	
29.04.2024	Trapper AMIN	0.85ha	3.00 l	2.55 l	FeSpr	AHU	0	0	0	0	
Total							Total/ha:	108	114	132	48

Pflanzenschutz

Keine Einträge gefunden.

Pflege

Datum	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Notizen
30.03.2024	Unkraut regulieren	0.85ha	HaStr_Treff 9m	AHU	
06.04.2024	Unkraut regulieren	0.85ha	HaStr_Treff 9m	AHU	
08.04.2024	walzen (Bodenschluss, Bestockung)	0.85ha	Gla_Wlz	AHU	

Ernte

Datum [von]	Datum [bis]	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Menge	Notizen
19.07.2024	19.07.2024	dreschen	0.85ha	MäDr_4.5m	AHU	36.1 dt	Erntemenge pro ha; 3 Sorten vermischt bei der Ernte der Versuchsstreifen (Vodka, Snowbird, Fleuron)

Kulturblatt 8.1.Winterhafer (1 ha)

Parzelle: 8.Hafer Brunner Gränichen_AG Kultur: 8.1.Winterhafer Fläche: 1 ha Sorte: BS Sortenversuch
Art: Hauptkultur Vorkultur:

Notizen:

6 Sorten (ohne RHAPSODY); Vorkultur = Silomais
Boden mit sehr guter Wassersickerfähigkeit, guter Ackerboden

Bodenbearbeitung

Datum	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Notizen
23.10.2023	Grundbodenbearbeitung	1.00ha	Pflg	ABR	

Saat

Datum	Arbeit	Fläche	Menge	Gerät	Person	Notizen
23.10.2023	Saat	1.00ha	450 Kö/m2 (spätere Saat)	KombiSä	ABR	BS Sortenversuch (6 Sorten, ohne RHAPSODY)

Düngung

Ph: 7.0 Ton-Gehalt: 20%	N	P	K	Mg
Korrekturfaktoren		1	1	1
Bedarf der Kulturen nach Düngungsnormen pro ha:	90	65	140	15
Korrigierter Bedarf nach Bodenproben pro ha:	90	65	140	15

Datum	Produkt	Fläche	Menge [ha]	[Total]	Gerät	Person	N	P	K	Mg	
11.04.2024	Biogasgülle	1.00ha	25.00 m3	25.00 m3		ABR	40	43	105	53	
Total							Total/ha:	40	43	105	53

Pflanzenschutz

Keine Einträge gefunden.

Pflege

Keine Einträge gefunden.

Ernte

Datum [von]	[bis]	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Menge	Notizen
26.07.2024	26.07.2024	Ernte Haferversuch	1.00ha	MähD_6m	ABR	40.51	Ertrag gereinigt, bei 14.5% Feuchte; Unkrautdruck hoch

Kulturblatt 9.1.Winterhafer (0.5 ha)

Parzelle: 9.Hafer (Exakt) Frick AG Kultur: 9.1.Winterhafer Fläche: 0.5 ha Sorte: BS Sortenversuch
Art: Hauptkultur Vorkultur:

Notizen:

Vorkultur = Kunstwiese

Parzelle Ritzlete, mittelschwerer bis schwerer Lehmboden (bis 40% Ton)

Bodenbearbeitung

Datum	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Notizen
21.09.2023	Grundbodenbearbeitung	0.50ha	Pflg	KP ALU	inkl. Packerwalze
25.09.2023	Saatbettbereitung	0.50ha	KrEgg, Pflg	KCA	

Saat

Datum	Arbeit	Fläche	Menge	Gerät	Person	Notizen
29.09.2023	Saat	0.50ha	330	KP SäMa	KP ALU	gemäss Versuchsplan (330 Kö/m2)

Düngung

Ph: 7.0 Ton-Gehalt: 38%	N	P	K	Mg
Korrekturfaktoren		1	1	1
Bedarf der Kulturen nach Düngungsnormen pro ha:	90	65	140	15
Korrigierter Bedarf nach Bodenproben pro ha:	90	65	140	15

Datum	Produkt	Fläche	Menge [ha]	[Total]	Gerät	Person	N	P	K	Mg	
13.03.2024	N-Bio 12%	0.50ha	333 kg	167 kg	FeSpr	KP ALU	40	0	0	0	
09.04.2024	N-Bio 12%	0.50ha	250 kg	125 kg	DüStr	KP ALU	30	0	0	0	
Total							Total/ha:	70	0	0	0

Pflanzenschutz

Keine Einträge gefunden.

Pflege

Datum	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Notizen
27.03.2024	Unkraut regulieren	0.50ha	HaStr_Treff 9m	KP ALU	

Ernte

Datum [von]	[bis]	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Menge	Notizen
15.07.2024	15.07.2024	dreschen	0.50ha	KP M&D	KP ALU	21.9 dt	Ertrag gereinigt, bei 14.5% Feuchte (dt/ha)

Kulturblatt 10.1.Winterhafer (0.5 ha)

Parzelle: 10.Hafer (Exakt) Rindisbacher RemetschwilAG Kultur: 10.1.Winterhafer Fläche: 0.5 ha
 Sorte: BS Sortenversuch / Exaktversuch Art: Hauptkultur Vorkultur:

Notizen:

10 Sorten (4 WdH); VK = Kartoffeln
 Mittelschwerer Lehmboden

Bodenbearbeitung

Datum	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Notizen
29.09.2023	Saatbettbereitung	0.50ha	KrEgg, KuEgg	KP ALU	2x eggen, nach VK Kartoffeln

Saat

Datum	Arbeit	Fläche	Menge	Gerät	Person	Notizen
04.10.2023	Saat	0.50ha	1.4 kg	KP SäMa	KP ALU	gemäss Versuchsplan (330 Kö/m ² ; ca. 1.4 kg/a)

Düngung

Ph: 7.0 Ton-Gehalt: 35%	N	P	K	Mg
Korrekturfaktoren		1	1	1
Bedarf der Kulturen nach Düngungsnormen pro ha:	90	65	140	15
Korrigierter Bedarf nach Bodenproben pro ha:	90	65	140	15

Datum	Produkt	Fläche	Menge [ha]	[Total]	Gerät	Person	N	P	K	Mg	
13.03.2024	N-Bio 12%	0.50ha	333 kg	167 kg	DüStr	KP ALU	40	0	0	0	
09.04.2024	N-Bio 12%	0.50ha	250 kg	125 kg	DüStr	KP ALU	30	0	0	0	
Total							Total/ha:	70	0	0	0

Pflanzenschutz

Keine Einträge gefunden.

Pflege

Datum	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Notizen
26.03.2024	Unkraut regulieren	0.50ha	HaStr_Treff 9m	KP ALU	
01.05.2024	Unkraut regulieren	0.50ha	HaStr_Treff 9m	KP ALU	

Ernte

Datum [von]	[bis]	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Menge	Notizen
15.07.2024	15.07.2024	dreschen	0.50ha	KP MäD	KP ALU	36.5	Ertrag gereinigt, bei 14.5% Feuchte

Kulturblatt 11.1.Winterhafer (0.5 ha)

Parzelle: 11.Hafer (Exakt) GZPK Feldbach_ZH Kultur: 11.1.Winterhafer Fläche: 0.5 ha
Sorte: BS Sortenversuch / Exaktversuch Art: Hauptkultur Vorkultur:

Notizen:

10 Sorten (KP mit 4 Wdh); VK = Silomais
"Schlag 4": Braunerdeboden

Bodenbearbeitung

Datum	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Notizen
10.10.2023	Grundbodenbearbeitung	0.50ha	Pflg	GZPK	
12.10.2023	Saatbettbereitung	0.50ha	KrEgg	GZPK	

Saat

Datum	Arbeit	Fläche	Menge	Gerät	Person	Notizen
18.10.2023	Saat	0.50ha	330	KP SäMa	KCA	gemäss Versuchsplan (330 Kg/m2)

Düngung

Ph: 7.0 Ton-Gehalt: 20%	N	P	K	Mg
Korrekturfaktoren		1	1	1
Bedarf der Kulturen nach Düngungsnormen pro ha:	90	65	140	15
Korrigierter Bedarf nach Bodenproben pro ha:	90	65	140	15

Keine Einträge gefunden.

Pflanzenschutz

Keine Einträge gefunden.

Pflege

Datum	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Notizen
09.11.2023	Unkraut regulieren	0.50ha	HaStr6m	GZPK	
26.03.2024	Hacke	0.50ha	HaStr6m	KCA	

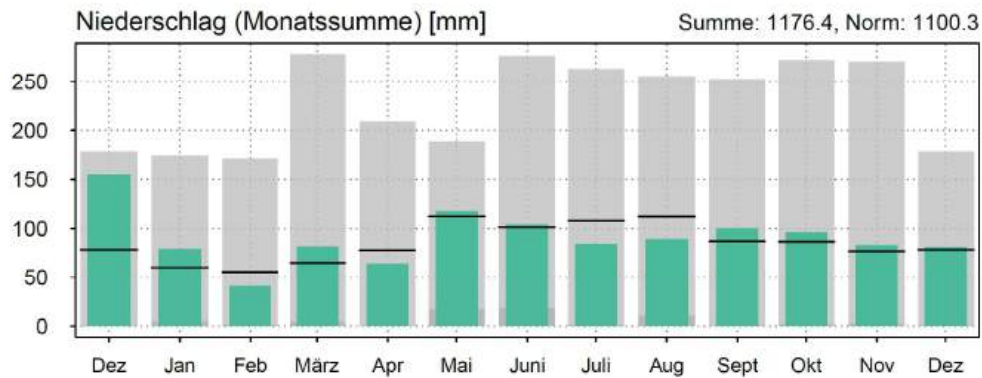
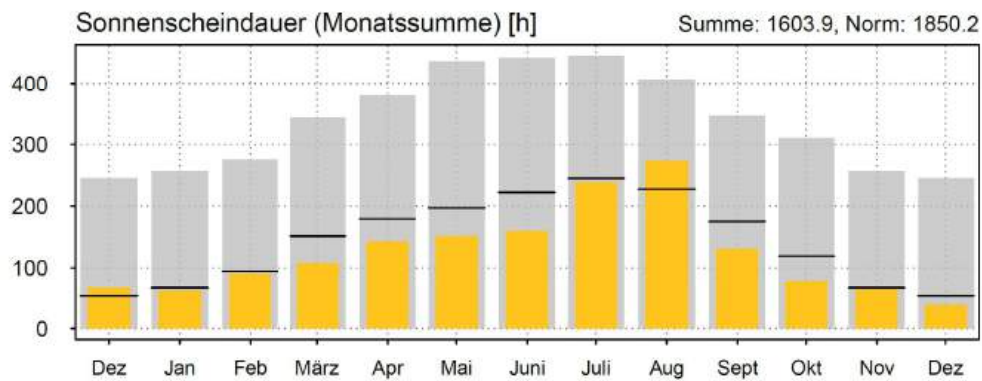
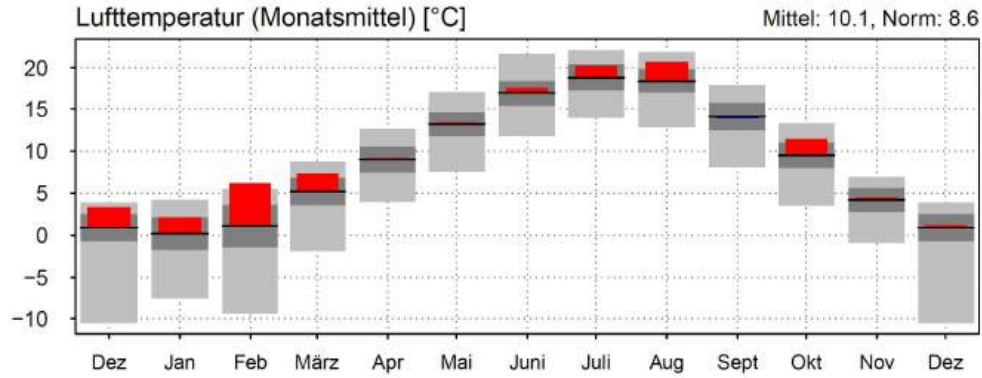
Ernte

Datum [von]	[bis]	Arbeit	Fläche	Gerät	Person	Menge	Notizen
25.07.2024	25.07.2024	dreschen	0.50ha	KP Mäd	GZPK	25.4 dt	Ertrag gereinigt, bei 14.5% Feuchte

Klimadaten 2024 (Beispiel Region Bern)

Bern / Zollikofen
Dez 2023 – Dez 2024

553 m
46.99 N, 7.46 E

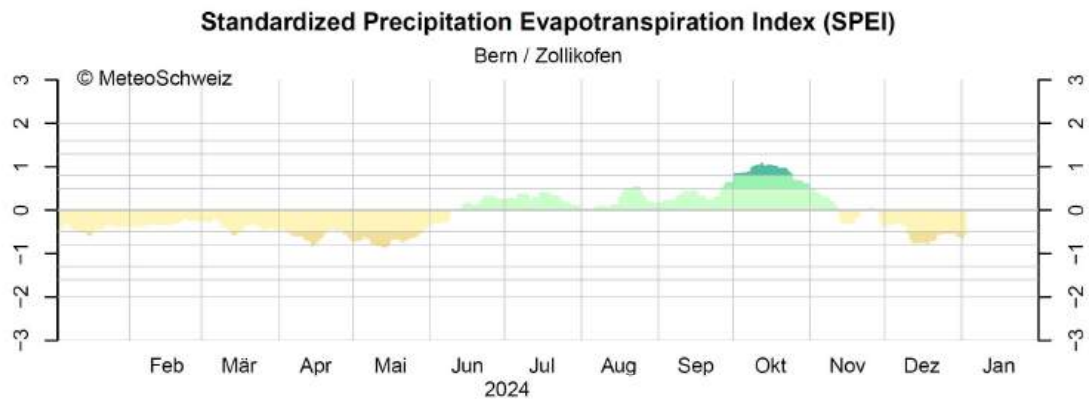


- Lufttemperatur (Monatsmittel)
 - Norm (Referenzperiode 1991 – 2020)*
 - Standardabweichung der Norm (Referenzperiode 1991 – 2020)*
 - Bandbreite zwischen Maximum und Minimum (Zeitraum 01.1864 – 11.2023)*
- Sonnenscheindauer (Monatssumme)
 - Norm (Referenzperiode 1991 – 2020)*
 - Maximal mögliche Sonnenscheindauer
- Niederschlag (Monatssumme)
 - Norm (Referenzperiode 1991 – 2020)*
 - Maximum (Zeitraum 01.1864 – 11.2023)*
 - Minimum (Zeitraum 01.1864 – 11.2023)*

Quelle: Meteo Schweiz

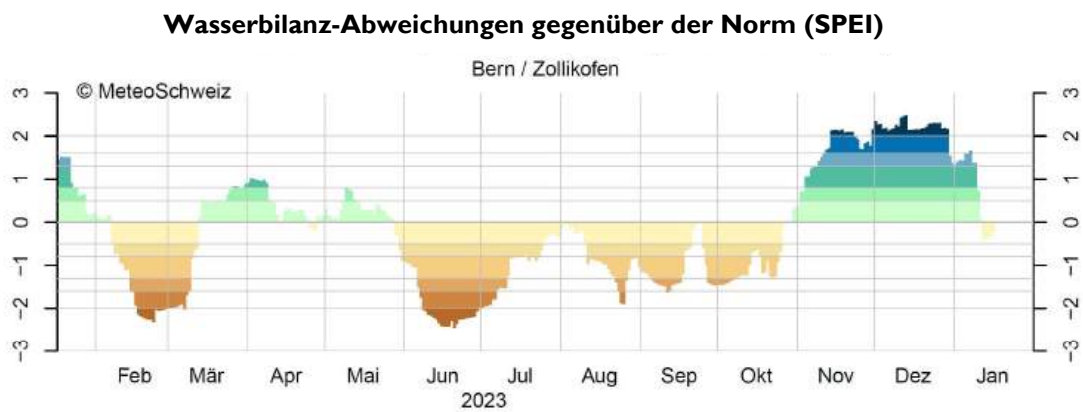
Wasserbilanz: Abweichungen gegenüber der Norm (Beispiel Region Bern)

Werte 2024



Klimatische Wasserbilanz (Niederschlag minus potenzielle Evapotranspiration)
über jeweils 12 Monate, standardisiert auf die Klimatologie von 1961 bis 02.01.2025.

Werte 2023



Klimatische Wasserbilanz (Niederschlag minus potenzielle Evapotranspiration)
über jeweils 1 Monat, standardisiert auf die Klimatologie von 1961 bis 16.01.2024.

Quelle: BUWAL

Nachweis von T-2 und HT-2 Toxin in Hafer (Methodik)

Quantitative Bestimmung mittels Enzymimmunoassay

1. Allgemeines

T-2 und HT-2 Toxine sind Mykotoxine der Gruppe der Trichothecene. Pilze und Fusarienarten sind für deren Entstehung verantwortlich. Die Toxine können in landwirtschaftlichen Produkten wie z.B. Hafer vorkommen. Ihre zytotoxischen und immunsuppressiven Wirkungen machen sie zu einem Gesundheitsrisiko für Mensch und Tier (*RIDASCREEN® T-2 / HT-2 Toxin*, o. J.).

T-2 und HT-2 Toxine können nach geeigneter Probenvorbereitung mit einem Enzymimmunoassay quantitativ bestimmt werden. Die Nachweisgrenze des Testkits von Ridascreen liegt für Hafer bei ca. 16 µg/kg und somit unter den Richtwerten der EU (*RIDASCREEN® T-2 / HT-2 Toxin*, o. J.).

2. Probenvorbereitung

Ungefähr 300 ml der nicht getrockneten Haferprobe wurden mit einer Schneidemühle gemahlen. Die Proben wurden anschliessend in Papiertüten bis zur Extraktion und Bestimmung im Dunkeln und bei Raumtemperatur aufbewahrt.

3. Bestimmung der T-2 und HT-2 Toxine

Für den Nachweis der Toxine wurde eine Enzymimmunoassay der Firma R-Biopharm (*RIDASCREEN® T-2 / HT-2 Toxin* Art. Nr. R3805) bestellt. In diesem Testkit sind alle Reagenzien zur Extraktion, Kalibration und Bestimmung der Toxine enthalten.

3.1 Testprinzip

Der Test basiert auf einer Antigen-Antikörper Reaktion. Die Kavitäten der Mikrotiterplatte sind mit Fänger-Antikörper beschichtet. T-2 Toxin an ein Enzym gebunden, ein sogenanntes T-2 Enzymkonjugat konkurrenziert mit freiem T2-Toxin um Antikörper-Bindungsstellen. Nicht gebundene, noch in Lösung befindende Toxine werden in einem zweiten Schritt gewaschen. Anschliessend wird ein Substrat mit Farbstoff zugegeben. Das Substrat bindet an das Enzymkonjugat und bildet ein blaues Endprodukt. Durch Zugabe einer Stopplösung wechselt die Farbe von blau nach gelb. Je mehr T2- und HT2-Toxine sich in der Probelösung befinden, desto weniger Enzymkonjugate binden an die Antikörper und desto geringer ist die Farbreaktion.

3.2 Extraktion

Der Extraktionspuffer des Kits wurde 1/10 verdünnt. 5 g Hafer wurden in 50 ml Reagenzröhrchen eingewogen, mit 25 ml des verdünnten Extraktionspuffer versetzt, für 10 min geschüttelt und anschliessend bei 3000 g für 10 min zentrifugiert.

1 ml des Überstands würde mit 1 ml 70% Methanol⁶ verdünnt. Der so verdünnte Überstand wird nachfolgend Probe genannt

3.3 Testdurchführung

Alle Reagenzien auf Raumtemperatur bringen. PBS-Tween-Puffer herstellen indem das Waschpuffersalz des Kits in 1l deion. Wasser gelöst wird.

50 µl Probe wurden in eine Kavität der Enzymassay-Platte pipettiert. Pro Probe wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt. 50 µl Konjugat und anschliessend 50 µl Antikörperlösung wurden dazugegeben und vorsichtig mit der Pipette gemischt. Nach Inkubation für 30 min bei Raumtemperatur wurden die Kavitäten geleert und mit 250 µl Waschflüssigkeit gewaschen. Dies wurde zweimal wiederholt.

Anschliessend wurden 100 µl Substrat/Chromogen in die Kavität pipettiert, gemischt und für 15 min im Dunkeln bei Raumtemperatur inkubiert.

Mit der Zugabe von 100 µl Stopplösung wurde die Reaktion gestoppt. Innerhalb von 30 min nach Zugabe wurde die Extinktion bei 450 nm gemessen. Dazu wurde einen Plattenleser von TECAN benutzt.

Für die Kalibration und anschliessende Berechnung der Toxin-Konzentration wurden die im Kit enthaltenen sechs Standardlösungen (0 – 36 µg/l) verwendet. Es wurde gleich verfahren wie mit den Probelösungen, anstelle der Probe wurde entsprechend 50 µl des jeweiligen Standards verwendet.

3.4 Berechnung der Konzentrationen

Die gemessene Extinktion wurde durch die Extinktion des Nullstandards (0 µg/l) geteilt (% Extinktion). Der Nullstandard entspricht also 100 %. Mit Hilfe der Kalibrationskurve wurden die % Extinktionswerte der Proben in µg/l T-2 und HT-2 Toxinkonzentration umgerechnet. Die Umrechnung in µg/kg erfolgte wie in Formel 1 dargestellt.

$$x \frac{\mu g}{l} \text{ Toxin} \times 2 \times \frac{0.025 l}{0.005 kg} = x \frac{\mu g}{l} \text{ Toxin} \times 10 \frac{l}{kg} = x \frac{\mu g}{kg} \text{ Toxin}$$

Formel 1: Umrechnung µg/l Toxin zu µg Toxin pro kg Hafer: Verdünnungsfaktor Überstand: 2, Extraktionsvolumen: 25 ml, Einwaage Hafer 5 g

⁶ Methanol/dest. Wasser (70/30 v/v)

Grundlage ist die Antigen-Antikörper-Reaktion. Die Vertiefungen der Mikrotiterstreifen sind mit Fänger-Antikörpern gegen anti-T-2 Toxin-Antikörper beschichtet. Zugegeben werden Standards bzw. Probelösung, enzymmarkiertes T-2 Toxin (Enzymkonjugat) und anti-T-2 Toxin-Antikörper. Freies und enzymmarkiertes T-2 Toxin konkurrieren um die T-2 Toxin-Antikörperbindungsstellen (kompetitiver Enzymimmunoassay). Gleichzeitig werden auch die anti-T-2 Toxin-Antikörper von den immobilisierten Fänger-Antikörpern gebunden. Nicht gebundenes, enzymmarkiertes T-2 Toxin wird anschließend in einem Waschschrift wieder entfernt. Der Nachweis erfolgt durch Zugabe von Substrat und Chromogen. Gebundenes Enzymkonjugat wandelt das Chromogen in ein blaues Endprodukt um. Die Zugabe der Stopp-Lösung führt zu einem Farbumschlag von blau nach gelb. Die Messung erfolgt photometrisch bei 450 nm; die Extinktion der Lösung ist umgekehrt proportional zur T-2 Toxin-Konzentration in der Probe.

