

# Resistenzzüchtung: Zukunft des Schweizer Weizenanbaus



Joana Bösch 6e  
Maturaarbeit Kantonsschule Trogen  
Franziska Köpf  
16.12.2024

## **Abstract**

Diese Arbeit untersucht die Fortschritte und Potenziale der Resistenzzüchtung bei Weizen in der Schweiz als Alternative zu chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln. Die zentrale Forschungsfrage lautet: Inwieweit kann die Resistenzzüchtung den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Schweizer Weizenanbau reduzieren oder ersetzen? Methodisch basiert die Arbeit auf einer umfassenden Literaturanalyse. Zunächst wird die Bedeutung von Weizen für die Schweizer Landwirtschaft und Ernährungssicherheit dargestellt. Anschließend werden verschiedene Züchtungsmethoden, insbesondere die Resistenzzüchtung, erläutert. Die Analyse der Listen empfohlener Sorten (LES) dient als Grundlage zur Bewertung des Fortschritts in der Resistenzzüchtung. Die Ergebnisse zeigen, dass die Resistenzzüchtung vielversprechende Fortschritte macht, jedoch noch nicht vollständig auf Pestizide verzichtet werden kann. Die Arbeit verdeutlicht das Potenzial der Resistenzzüchtung für eine nachhaltigere Landwirtschaft, weist aber auch auf die Komplexität der Herausforderungen hin. Sie bietet eine fundierte Bewertung der ökologischen und wirtschaftlichen Aspekte der Resistenzzüchtung im Schweizer Weizenanbau.

## **Vorwort**

Ich möchte an dieser Stelle meinen herzlichen Dank an Köbi Knaus aussprechen, der mich bei dieser Arbeit mit seinem Fachwissen sowie hilfreichen Anregungen unterstützt hat. Mein Dank gilt auch allen anderen, die mich in irgendeiner Form unterstützt haben, sei es durch Gespräche, fachliche Hinweise oder motivierende Worte.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Methoden</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Hauptteil</b> .....	<b>4</b>
3.1	Weizen .....	4
3.1.1	Vom Einkorn zum modernen Weizen .....	4
3.2	Weizen als Hauptnahrungsmittel .....	6
3.2.1	Produktion in der Schweiz .....	6
3.2.2	Weltmarkt und die Abhängigkeit der Schweiz von Getreideimporten .....	6
3.2.3	Ernährung Schweiz .....	7
3.3	Welche Züchtungen gibt es? .....	8
3.3.1	Kreuzungszüchtung .....	8
3.3.2	Klassische Mutagenese.....	8
3.3.3	Transgenese (klassische Gentechnik) .....	9
3.3.4	Genom-Editing.....	9
3.4	Weizenzüchtung in der Schweiz .....	10
3.4.1	Bestimmung der Zuchtziele .....	10
3.5	Resistenzzüchtung in der Schweiz .....	13
3.6	Resistenzzüchtung anhand von Winterweizen.....	14
3.6.1	Resistenzprüfung.....	14
<b>4</b>	<b>Resultate</b> .....	<b>16</b>
4.1	Vergleich des Alters der Sorten .....	16
4.1.1	RUNAL (1995).....	16
4.1.2	ARINA (1981) .....	17
4.1.3	DIAVEL (2020).....	18
4.1.4	Montalbano (2018) .....	19
4.2	Vergleich der empfohlenen Sortenlisten 2013 und 2025.....	20
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>21</b>
5.1	Was sind Pflanzenschutzmittel (Pestizide).....	22

5.1.1	Einsatz in der Schweiz.....	22
5.1.2	Gefahr Pflanzenschutzmittel.....	23
5.1.3	Resistenzrisiken .....	24
5.2	Warum nicht einfach ohne?.....	25
5.2.1	Auswirkungen von Krankheiten anhand Mykotoxinen.....	25
5.3	Wichtigkeit der Resistenzzüchtung.....	26
5.3.1	Bevölkerungswachstum.....	26
5.3.2	Klimawandel.....	26
5.4	Zukunft durch Gentechnik .....	27
5.4.1	TEgenesis®.....	27
5.4.2	Genom-Editing.....	28
<b>6</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>29</b>



# 1 Einleitung

Die Landwirtschaft in der Schweiz steht vor einer der größten Herausforderungen unserer Zeit: Wie lässt sich die Ernährungssicherheit für eine wachsende Bevölkerung gewährleisten, ohne die Umwelt nachhaltig zu belasten? Die Frage nach einer Balance zwischen ökologischen und ökonomischen Anforderungen wird immer drängender. Besonders kontrovers diskutiert wird der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, insbesondere von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln. Diese gelten seit Jahrzehnten als unverzichtbar für die Sicherung der landwirtschaftlichen Erträge, stehen jedoch immer häufiger in der Kritik. Ihre negativen Auswirkungen auf die Biodiversität, die Wasserqualität sowie die Gesundheit von Menschen und Tieren sind gut dokumentiert und werfen die Frage auf, wie eine Landwirtschaft ohne diese Mittel aussehen könnte.

In der öffentlichen Wahrnehmung wird die Problematik häufig zugespitzt dargestellt. So bezeichnet der WWF Pestizide als „eine existenzielle Bedrohung für unsere Ökosysteme und die Biodiversität.“ Trotz dieser Kritik kommen sie in der Landwirtschaft, auch in der Schweiz, weiterhin regelmäßig zum Einsatz. In einem Land wie der Schweiz, das sich durch strenge Umweltauflagen auszeichnet, stehen Forschende unter starkem Druck, Alternativen zu entwickeln. Eine vielversprechende Option ist die Resistenzzüchtung. Diese innovative Methode der Pflanzenzüchtung zielt darauf ab, Pflanzen so weiterzuentwickeln, dass sie von Natur aus widerstandsfähiger gegen Schädlinge und Krankheiten sind. Dadurch könnte der Einsatz von Pestiziden reduziert oder sogar überflüssig gemacht werden.

Die Frage, ob die Resistenzzüchtung in der Schweizer Landwirtschaft bereits so weit fortgeschritten ist, dass sie einen kompletten Verzicht auf Pestizide ermöglicht, lässt sich nur spekulativ beantworten. Dennoch soll in dieser Arbeit aufgezeigt werden, welche Fortschritte auf diesem Gebiet bereits erzielt wurden und welche Perspektiven sich für die Zukunft eröffnen.

Um ein tieferes Verständnis zu schaffen, wird zunächst die Entstehung von Weizen sowie seine Bedeutung für die menschliche Ernährung beleuchtet.

Im Anschluss wird veranschaulicht, wie die Getreidezüchtung und insbesondere die Resistenzzüchtung in der Schweiz abläuft. Die Angaben dazu kommen von Agroscope. Als Kompetenzzentrum des Bundes für landwirtschaftliche Forschung spielt Agroscope eine Schlüsselrolle in der Entwicklung von Lösungen für die Herausforderungen der modernen Landwirtschaft. Gezeigt wird dies anhand von Weizen. Mit einem Anteil von 53 % an der gesamten Getreideanbaufläche ist Weizen die wichtigste Getreideart der Schweiz, und somit der Grundpfeiler der Ernährungssicherheit (Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 2023).

Ein zentraler Bestandteil der Analyse ist die Untersuchung der Listen empfohlener Sorten (LES), die in der Schweiz als Ergänzung zum Nationalen Sortenkatalog veröffentlicht werden. Diese Listen bieten einen Überblick über die Qualität, den Ertrag und die Resistenzen der in der Schweiz angebauten Weizensorten. Sie dienen in der Arbeit als Grundlage, um den Fortschritt der Resistenzzüchtung zu bewerten.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit liegt auf den Schäden, die durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verursacht werden. Neben den negativen ökologischen und gesundheitlichen Auswirkungen wird auch erklärt, warum diese Mittel trotz ihrer problematischen Eigenschaften momentan essenziell für den Getreideanbau in der Schweiz sind.

Darüber hinaus werden moderne Ansätze und Zukunftsaussichten in der Pflanzenzüchtung vorgestellt. Neue Technologien wie die Genom-Editierung bieten die Möglichkeit, die natürliche Widerstandsfähigkeit von Pflanzen gezielt zu stärken und so die Abhängigkeit von chemischen Pflanzenschutzmitteln weiter zu verringern. Solche innovativen Verfahren könnten eine nachhaltigere und umweltfreundlichere Landwirtschaft fördern. Gleichzeitig werfen sie jedoch ethische und gesellschaftliche Fragen auf, die kritisch beleuchtet werden müssen.

Das Ziel der Arbeit besteht darin, nicht nur den aktuellen Stand der Resistenzzüchtung in der Schweiz darzustellen, sondern auch eine fundierte Bewertung ihrer Potenziale vorzunehmen. Indem die ökologische und wirtschaftliche Dimension dieser Fragen miteinander verknüpft wird, soll ein umfassender Einblick in die Chancen und Risiken der Resistenzzüchtung gegeben werden.

## 2 Methoden

Diese Arbeit ist eine Literaturarbeit. Im ersten Teil wird beschrieben, was Weizen überhaupt ist und warum er so wichtig für die Ernährung der Schweiz beziehungsweise der ganzen Welt ist. Danach wird beschrieben, wie die Weizenzüchtung in der Schweiz funktioniert. Es wird beschrieben, wie die Resistenzzüchtung in der Schweiz funktioniert.

In den Resultaten werden die Resistenzen anhand der Schweizer Listen empfohlener Sorten (LES) verglichen. In der Diskussion werden die Resultate interpretiert und anhand von Fachliteratur gezeigt, wieso die Resistenzzüchtung so wichtig ist.

## 3 Hauptteil

### 3.1 Weizen

#### 3.1.1 Vom Einkorn zum modernen Weizen

Weizen gehört zu den ältesten Kulturpflanzen der Welt (Miedaner, 2014, S. 35). Eine Kulturpflanze bezeichnet eine aus einer wildwachsenden Art gezüchtete Pflanze, die als Nutzpflanze oder Zierpflanze angebaut wird (Duden.de, 2024). Durch mindestens zwei Kreuzungen von einfacheren Weizenformen mit anderen wilden Gräsern, entstanden drei Reihen von Weizen mit jeweils unterschiedlichen Chromosomensätzen (Miedaner, 2014, S. 39) Bemerkenswert ist das Genom des Weizenweizens. Dies ist komplex und über fünfmal so gross wie das des Menschen. (Vom Wilden Süßgras Zum Modernen Weizen, 2018) Die Erforschung der Entstehung von Weizen dauert seit 100 Jahren und ist ein großer Erfolg der Wissenschaft. Trotzdem gibt es noch offene Fragen und unterschiedliche Meinungen. (Miedaner, 2014, S. 38–39)

Weizen geht auf das Einkorn zurück. Dies ist ein Süßgras, welches schon vor über 10'000 Jahren von Menschen angebaut wurde (Vom Wilden Süßgras Zum Modernen Weizen, 2018). Das Einkorn kreuzte sich zufällig vor einer halben Million Jahren mit einem Wildgras, aus welchem der Wildemmer entstand (Miedaner, 2014, S. 39).

Durch Züchtung entwickelte sich daraus der Hartweizen. Dieser wird heute zum Beispiel für Pasta verwendet. (Vom Wilden Süßgras Zum Modernen Weizen, 2018)

Vor rund 9'000 Jahren kreuzte sich der wilde Emmer spontan mit einem anderen Wildgras. Durch weitere Züchtung ist daraus der Weizen entstanden, welchen wir heute zum Beispiel für das Brotbacken verwenden. (Vom Wilden Süßgras Zum Modernen Weizen, 2018)

Der Anbau von kultiviertem Emmer verbreitete sich ostwärts bis nach Indien. Vor rund 7500 Jahren verbreitete er sich westwärts nach Europa. Dinkel und Weizen wurden in Europa erst etwa 1000 Jahre später durch die Landwirtschaft verbreitet. (Miedaner, 2014, S. 67)

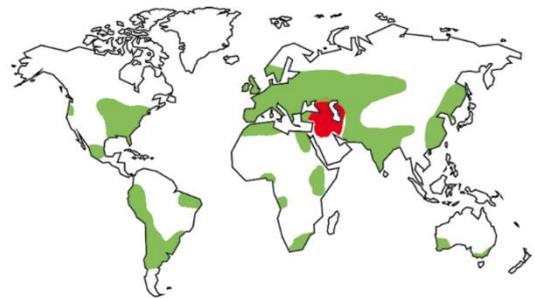


Abb. 1 Herkunft und heutige Verbreitung von Weizen (Miedaner, 2014, S. 59)

Auf Abbildung 1 ist in rot die Herkunft zu sehen, während grün die heutige Verbreitung darstellt.

Ab 1720 wurde Weizen durch die steigenden Weltmarktpreise in den USA zur wichtigsten Feldfrucht. Seit 1992 gilt Weizen auch in Deutschland als wichtigste Feldfrucht. (Miedaner, 2014, S. 67)

### 3.1.1.1 Einordnung in das Pflanzenreich

Die Gattung Weizen (*Triticum L.*) gehört zu den Süßgräsern (*Poaceae*). Auf Abbildung 2 ist die ganze Pflanze ersichtlich. Ein Erfolgsgeheimnis ist der Wuchstyp der Gräser deshalb, weil er ein tiefgründiges, reich verzweigtes Wurzelwerk mit einem schlanken, hohen Halm verbindet. Dieser biegt sich im Wind zäh und lässt sich bei der Ernte trotzdem leicht schneiden. Die Körner liefern dem Menschen eine einfach verwertbare, stärke-, mineralstoff- und vitaminreiche Nahrung. Ausserdem sind diese über Jahre hinweg haltbar, so lange nicht Mäuse, Schädlinge oder Feuchtigkeit sie verderben. Das Getreide kann überdies auch einfach verwendet werden, in dem man für die Mehlherstellung nur zwei Steine benötigt. Dies alles macht die Gräser so erfolgreich. (Miedaner, 2014, S. 55–58) All diese Aspekte zeigen, wie wichtig Weizen für die menschliche Ernährung ist.



Abb. 2 Weizen (<https://de.wikipedia.org/wiki/Weizen>)

### 3.1.1.2 Winter-/Sommerweizen

Sommerweizen wird im Frühjahr gesät und im selben Jahr geerntet. Wintergetreide wird im Gegensatz dazu, im Herbst gesät. Erst nach dem Winter, im nächsten Jahr kommt dieses zur Reife. Jedoch ist zum Auslösen der Fruchtbildung ein Kältereiz nötig. (Miedaner, 2014, S. 60) Weltweit wird am meisten Sommerweizen angebaut. Dieser spielt jedoch in der Schweiz nur eine nebensächliche Rolle. (Fossati & Brabant, 2003, S. 11)

Grund dafür ist unsere Vegetation. Wenn der Sommer genügend lang ist, so wird in den gemässigten Breiten der ertragreiche Winterweizen vorgezogen. Sommerweizen braucht im Gegensatz nur 90 bis 120 Tage für sein Wachstum. Dank dieser kurzen Vegetationszeit kann Sommerweizen angebaut werden, wo der Sommer lang genug ist, es aber keine langen Winter gibt. (Fleischmann & Institut für Verhaltenswissenschaft ETH, 1997, S. 19)

## **3.2 Weizen als Hauptnahrungsmittel**

Einkorn und Emmer sind frühere Weizenformen, welche zu den ersten Fruchtarten, die der Mensch domestiziert hat, gehören. Auch heute noch zählt der Weizen zu den wichtigsten Kulturpflanzen für die menschliche Ernährung. Ein Drittel der weltweiten Getreideanbaufläche ist Weizen. (Miedaner, 2014, S. 61–62)

Führender Produzent von Weizen ist China, gefolgt von Indien und Russland (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022).

### **3.2.1 Produktion in der Schweiz**

Die landwirtschaftliche Nutzfläche bei Brotweizen beträgt 71'331 Hektaren. Gesamthaft werden 81'602 Hektaren Ackerfläche für Brotgetreide genutzt. Dies entspricht ca. 87 Prozent. Bei Futterweizen sind es 9'293 Hektaren von insgesamt 63'212 Hektaren genutzter Fläche. Das sind nur ca. 15 Prozent. Gesamthaft werden 144'814 Hektaren für den Getreideanbau genutzt. Davon werden 80'624 Hektaren für den Weizenanbau verwendet, was ca. 56 Prozent der Fläche entspricht (Stand 2022). (Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 2023) Mehr als die Hälfte des Getreideanbaus der Schweiz entfällt somit auf Weizen.

Produziert wurden 396'636 Tonnen Brotweizen und 57'040 Futterweizen von insgesamt 863'869 Tonnen Getreide (Stand 2022). (Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 2023)

Die wichtigste Getreideart ist mit 53% Anteil der Weizen. Daraus ist deutlich zu erkennen, wie wichtig Weizen für die Ernährung von Mensch und Tier ist.

### **3.2.2 Weltmarkt und die Abhängigkeit der Schweiz von Getreideimporten**

Die Schweiz versorgt sich mit Brotgetreide zu 67 Prozent selbst. Bei Futtergetreide beträgt der Selbstversorgungsgrad nur 49 Prozent (Stand 2021). (Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 2023)

2022 wurden 584'082 Tonnen Weizen vom Ausland in die Schweiz importiert. Demgegenüber stehen nur gerade 113 Tonnen an Export. (Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 2023)

Die wichtigsten Handelspartner für den Import von Futterweizen sind Frankreich und Deutschland. Bei Getreide zur menschlichen Ernährung sind Kanada für Hartweizen und Österreich und Deutschland für Weichweizen die wichtigsten Partner. (Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 2022)

### **3.2.3 Ernährung Schweiz**

Pro Tag und Person wird hierzulande ca. 180 Gramm Getreide verzehrt (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV, 2023, S. 81). Davon macht Weichweizen (herkömmliches Mehl) 65 Prozent aus (Joder, 2022).

Auch die Fleischproduktion ist auf Weizen angewiesen, da für die Produktion von 1 kg Fleisch bis zu 16 Kilogramm Getreide benötigt werden. Somit ist Weizen das energie-reichste Futtermittel. Er ist reich an Stärke, welche sehr gut verdaulich ist. Verglichen mit anderen Getreidearten hat der Weizen einen hohen Proteingehalt. Weizen weist eine hohe Verdaulichkeit von ca. 90 Prozent auf. Daraus ergeben sich sehr hohe Gehalte an umsetzbarer Energie. (Miedaner, 2014, S. 66–67)

### 3.3 Welche Züchtungen gibt es?

#### 3.3.1 Kreuzungszüchtung

Ziel bei der Kreuzzüchtung ist es, Eigenschaften zweier Eltern in den Nachkommen zu vereinen. Dabei gelangen aber auch unerwünschte Eigenschaften in das Erbgut. Deshalb müssen Nachkommen immer wieder mit der Ausgangskulturpflanze gekreuzt werden (Rückkreuzung) und Pflanzen mit unerwünschten Eigenschaften ausselektioniert werden, bis nur noch der gewünschte Abschnitt in der Linie enthalten ist. Dies ist sehr zeitaufwendig. (Gattlen & Bundesamt für Umwelt BAFU, 2019) Auf Abbildung 3 wird dies visualisiert.

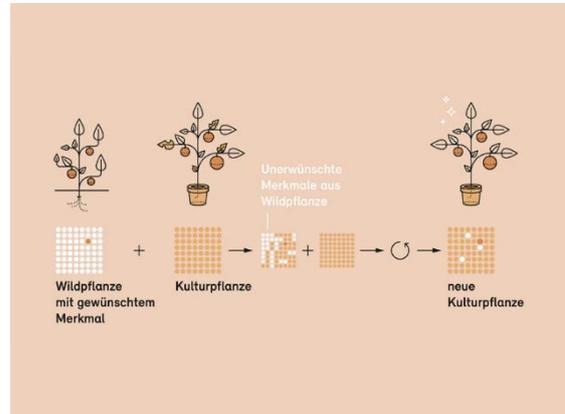


Abb. 3 Kreuzungszüchtung (<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biotechnologie/dossiers/magazin2019-2-dossier/grosse-diskussionen-um-einen-kleinen-schnitt.html>)

#### 3.3.2 Klassische Mutagenese

Als klassische Mutagenese bezeichnet man die künstliche, ungezielte Erzeugung von Mutationen der Pflanzen im Erbgut. Die Mutationen können durch Chemikalien oder Strahlung ausgelöst werden. Der grösste Teil der Mutationen ist für die Pflanze schädlich oder sogar tödlich. Doch es entstehen auch interessante neue Eigenschaften. (Gattlen & Bundesamt für Umwelt BAFU, 2019) Abbildung 4 zeigt dies auf.

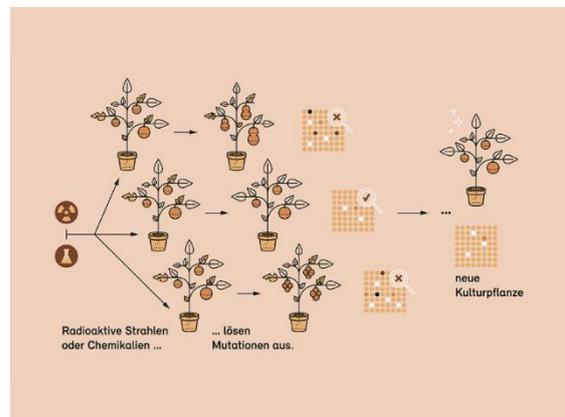


Abb. 4 Klassische Mutagenese (<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biotechnologie/dossiers/magazin2019-2-dossier/grosse-diskussionen-um-einen-kleinen-schnitt.html>)

### 3.3.3 Transgenese (klassische Gentechnik)

Als transgen (lat. trans = jenseitig) werden Pflanzen bezeichnet, denen Gene von anderen Organismen (zum Beispiel Bakterien) durch Gentechnik hinzugefügt wurden. Dabei werden im Labor bestimmte DNA-Sequenzen zu einem Gen kombiniert. Dieses Gen wird dann an einer zufälligen Stelle im Erbgut der Pflanze eingebaut. Dazu werden die DNA-Stücke entweder direkt in die Zellen „geschossen“ oder mit Hilfe von Mikroorganismen in die Zellen übertragen. Bei cisgenen (lat. cis = diesseitig) Pflanzen kommt das eingefügte Gen aus der gleichen Pflanzenart oder aus einer Art, mit der die Pflanze natürlich kreuzen kann. (Gattlen & Bundesamt für Umwelt BAFU, 2019) Dies ist ersichtlich auf Abbildung 5.

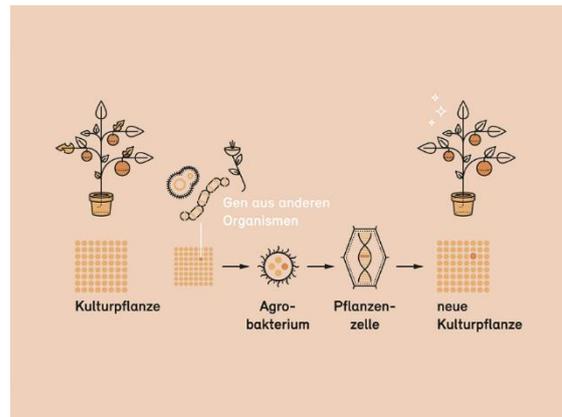


Abb. 5 Transgenese (<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biotechnologie/dossiers/magazin2019-2-dossier/grosse-diskussionen-um-einen-kleinen-schnitt.html>)

### 3.3.4 Genom-Editing

Genome Editing bezeichnet Verfahren, mit denen gezielt Veränderungen in der DNA vorgenommen werden. Die bekanntesten Methoden sind „programmierbare Genscheren“ wie CRISPR/Cas und Oligonukleotid-gesteuerte Mutagenese (OgM). Mit diesen Verfahren können bestimmte Teile des Erbguts verändert werden. Alle Methoden nutzen zellinterne Reparaturmechanismen der Zellen, um die gewünschten Änderungen im Genom zu erzeugen. (Gattlen & Bundesamt für Umwelt BAFU, 2019) Die Abbildung 6 zeigt dies.

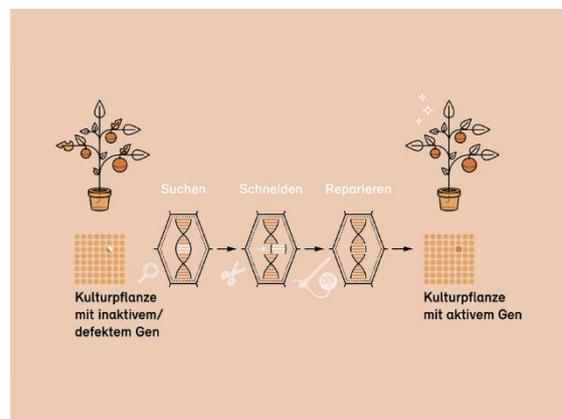


Abb. 6 Genome Editing (<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biotechnologie/dossiers/magazin2019-2-dossier/grosse-diskussionen-um-einen-kleinen-schnitt.html>)

## 3.4 Weizenzüchtung in der Schweiz

Die immensen Fortschritte in der Weizenproduktion sind zum grossen Teil den intensiven Züchtungsarbeiten zu verdanken.

### 3.4.1 Bestimmung der Zuchtziele

#### 3.4.1.1 Pflanze, Umwelt und Mensch

Bei der Bestimmung der Zuchtziele müssen drei Elemente berücksichtigt werden. Dies sind die Pflanze, die Umwelt und der Mensch.

Das stabilste Element ist die Pflanze. Die Komplexität des Genoms, ihre Physiologie, wie auch ihre Vermehrungsart bestimmen den Typ und die Dauer des Züchtungsschemas. Beim Winterweizen dauert es 12 bis 15 Jahre, bis eine neue Sorte auf den Markt kommt. (Fossati & Brabant, 2003, S. 4)

Die Umwelt kann auch als stabil betrachtet werden. In der Schweiz herrscht ein besonderes Klima für den Weizenanbau. Die Niederschlagsmengen sind im Allgemeinen hoch. Speziell in den Monaten Juni und Juli fallen vor allem in der Ostschweiz hohe Regenmengen. Diese fördern die Entwicklung von Pilzkrankheiten an der Ähre. Das Trockenheitsrisiko ist eher gering. Es gibt nur wenige Tage mit über 30°C während des Kornwachstums. (Fossati & Brabant, 2003, S. 4)

Das unbeständigste Element ist der Mensch. Es ist schwierig vorauszusagen, wie sich die nationale und internationale Landwirtschaftspolitik verändern wird, wie stark die Landwirtschaft intensiviert wird und welche Wünsche die Konsument\*innen wie auch die Verarbeitenden haben. (Fossati & Brabant, 2003, S. 4)

#### 3.4.1.2 Zuchtziele

Zu den wichtigsten Zielen gehört die Backqualität (Agroscope, o. D.).

Diese ist schwer zu erreichen, denn sie ist genetisch komplex und schwer vorauszubestimmen. Es benötigt zahlreiche Tests, um alle Aspekte der Qualität zu erfassen. (Fossati & Brabant, 2003, S. 4)

Das zweite Zuchtziel ist, Resistenzen gegenüber Krankheiten zu haben (Agroscope, o. D.). Dies ist daher wichtig, da so auf Pflanzenschutzmassnahmen verzichtet werden kann. Somit können Produktionskosten gesenkt und auch die Erträge stabilisiert werden (Fossati & Brabant, 2003, S. 4). Pro Jahr lassen sich damit mehr als 20 Tonnen Pflanzenschutzmittel einsparen (Agroscope, o. D.).

Mittels genetischer Resistenzen kann die Bekämpfung gegen Krankheiten nie abgeschlossen werden, da sie sich ständig weiterentwickeln (Fossati & Brabant, 2003, S. 4). Ein hoher Ertrag, das heisst eine hohe Produktivität, auch unter extensiven Anbaubedingungen, ist das dritte Zuchtziel (Agroscope, o. D.).

Zu diesen drei Hauptkriterien kommen weitere, wie etwa die Standfestigkeit und die Resistenz gegenüber Kälte und Auswuchs hinzu. Allerdings ist nicht zu vernachlässigen, dass die erzielten Fortschritte pro Ziel umso kleiner ausfallen, je mehr Ziele gleichzeitig verfolgt werden. (Fossati & Brabant, 2003, S. 5)

### 3.4.1.3 Diversität nutzen

Um Individuen zu finden, muss eine vorhandene Vielfalt genutzt werden oder zuerst eine geschaffen werden. Durch sofort verfügbare Linien aus Sammlungen, durch regelmässigen Austausch mit anderen Züchtern, aus internationalen Versuchen oder eigenen Linien ergibt sich die Vielfalt. Der grösste Teil der Kombinationen besteht aus diesen aufgezählten Linien. Durch Kreuzungen entstehen neue Genkombinationen, welche aber nur selten neue Eigenschaften besitzen. (Fossati & Brabant, 2003, S. 5)

Für gewisse Eigenschaften müssen die Gene in anderen Arten, die dem Weizen nahestehen, gesucht werden. Diese neuen Gene werden durch Kreuzung in einer langwierigen Arbeit in das Genom der Weizenlinien eingeführt. Ein Grossteil der Resistenzgene wurde so in die heutigen Sorten eingebaut. (Fossati & Brabant, 2003, S. 5–6) Heutzutage lässt sich der Weizen auch durch Transgenese, dem gezielten Einbau artfremder Gene, verändern. In Nordamerika werden solche Versuche bereits von Privatfirmen durchgeführt. (Fossati & Brabant, 2003, S. 7)

### 3.4.1.4 Züchtungsschema

Das aktuelle Züchtungsprogramm (Abbildung 7) der Schweiz benutzt ein klassisches Schema selbstbefruchtender Arten (Fossati & Brabant, 2003, S. 7).

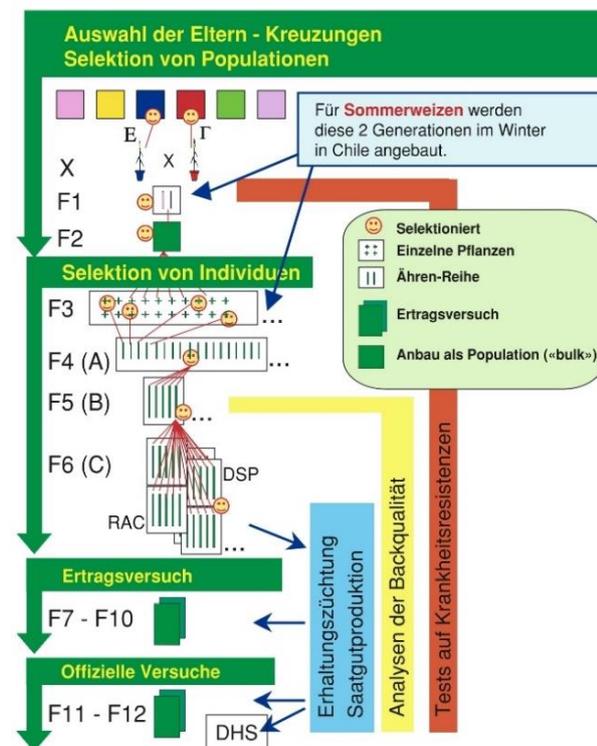


Abb. 7 Züchtungschema (Fossati & Brabant, 2003, S. 6)

Für jede Kombination werden Ähren der Sorte A mit Pollen der Sorte B bestäubt und vor fremdem Pollen durch Säckchen geschützt, was auf Abbildung 8 zu sehen ist. Wenn es sich bei den Elternlinien A und B um homozygote (Individuum, dessen Gene einer Eigenschaft gleich sind) Linien handelt, so sind die Nachkommen (F1) laut Mendelschem Gesetz alle gleich.



Abb. 8 geschützte Ähren (Fossati & Brabant, 2003, S. 8)

Während die F2-Generation genetische Vielfalt zeigt und so stark heterozygot (Individuum, dessen Gene einer Eigenschaft verschieden sind) sind. In diesen Generationen werden ausser den längsten Pflanzen noch keine beseitigt. (Fossati & Brabant, 2003, S. 7)



Abb. 9 Versuchsfeld (Fossati & Brabant, 2003, S. 10)

Bei der dritten Generation (F3) werden die Pflanzen durch künstliche Infektion mit verschiedenen Krankheiten einem hohem Krankheitsdruck ausgesetzt. Die robustesten und widerstandsfähigsten Pflanzen werden markiert und später geerntet. Danach wird Jahr für Jahr selektioniert, bis zur Generation sechs. Die meistversprechenden Sorten der Generation sechs werden nun auf ihre Leistung getestet.

Diese Ertragsversuche sind auf Abbildung 9 zu sehen. Nach drei- bis vierjährigen Vorversuchen an vier bis fünf Standorten, werden die besten Linien für die offiziellen Versuche angemeldet. Dies sind weniger als 10 Linien pro Jahr. (Fossati & Brabant, 2003, S. 8)

Jedes Jahr wird die grösstmögliche Anzahl an agronomischen Eigenschaften gesammelt, das Resistenzniveau gegenüber Krankheiten bewertet und die qualitativen Eigenschaften gemessen. Diese Beobachtungen ermöglichen, Linien mit einem stabilen und hohen Resistenzniveau zu erkennen. Die Beobachtung der Backqualität ist aufwendiger. (Fossati & Brabant, 2003, S. 9-10)

### 3.5 Resistenzzüchtung in der Schweiz

Widerstand, Robustheit und ein hoher Proteingehalt zeichnen die Sorten von Agroscope aus. Durch die Selektion von pilzresistentem Weizen wird die Reduktion von Fungizid-Einsatz ermöglicht. (Gauthier et al., 2023)

Die Resistenzzüchtung gliedert sich in drei Schritte:

- Die Überwachung der häufigsten Pilzerreger in der Schweizer Landschaft zur Anpassung der Selektion
  - Ziel: Verschaffung eines Überblicks über die schädlichsten Pilzarten und Krankheitserreger im Land, um die Zuchtverfahren anzupassen
- Die Identifizierung von neuen Resistenz-Genen
  - Ziel: Die Identifizierung neuer resistenter Quellen und die Möglichkeit, sie einzuführen, ohne andere Eigenschaften, die von Interesse sind, zu beeinträchtigen
- Die Einführung von Genen in Elitelinien
  - Ziel: Schnelle Einführung der neuen Resistenzen in Eliteweizen ohne Beeinträchtigung anderer Qualitätsmerkmale

(Gauthier et al., 2023)

## **3.6 Resistenzzüchtung anhand von Winterweizen**

Die offizielle Sortenprüfung ist im Landwirtschaftsgesetz und der Saat- und Pflanzgutverordnung geregelt. Neue Sorten, die die festgelegten Bedingungen erfüllen, werden in den Nationalen Sortenkatalog (NSK) und den EU-Sortenkatalog aufgenommen und können in der Schweiz sowie der EU gehandelt werden. Die Prüfung erfolgt bei Getreidearten unter extensiven Bedingungen, das bedeutet ohne Pflanzenschutzmittel. Zusätzlich gibt es in der Schweiz Listen empfohlener Sorten (LES) für verschiedene Kulturarten, einschließlich solcher für den biologischen Landbau. Als Grundlage dienen einerseits Ergebnisse aus dem schweizerischen Bio-Versuchsnetz von Agroscope (Schweizer Forschung für Landwirtschaft, Ernährung und Umwelt) und andererseits die Resultate der durch das FiBL (Forschungsinstitut für biologischen Landbau) koordinierten Streifenversuche. (Watroba et al., 2024, S. 5)

### **3.6.1 Resistenzprüfung**

Die Krankheits-Bonituren (Erhebung von pflanzlichen Merkmalen) an Versuchssorten lassen keine abschliessende Beurteilung der Resistenzeigenschaften einer Sorte zu. Dies liegt daran, dass der natürliche Befall starken Schwankungen unterliegt und die Pilzkrankheiten aufgrund unterschiedlicher klimatischer Bedingungen nicht regelmässig auftauchen. Resistenzprüfungsgärten werden für jede wichtige Pilzkrankheit angelegt, um alle Sorten einem künstlichen Befallsdruck auszusetzen. So können die Anfälligkeiten der Sorten zuverlässig bewertet werden. (Watroba et al., 2024, S. 6)

Laut Watroba et al. (2024, S. 10) sind die wichtigsten Merkmale der Resistenzen bei Winterweizen Mehltau (Abbildung 10), Gelbrost (Abbildung 11), Braunrost (Abbildung 12), Spelzbräune (Blattbefall) (Abbildung 13), Spelzbräune (Ährenbefall) (Abbildung 14), Blattseptoria (Abbildung 15) und Fusarien (Abbildung 16). In der Schweiz gibt es noch andere Krankheiten und Schädlinge, die den Weizen befallen können (Weizen, o. D.). Diese werden jedoch nicht geprüft.



Abb. 10 Mehltau (<https://www.pflanzenkrankheiten.ch/weizen>)



Abb. 11 Gelbrost (<https://www.pflanzenkrankheiten.ch/weizen>)

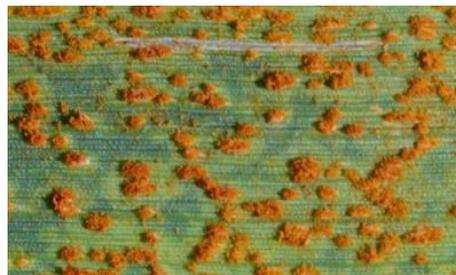


Abb. 13 Braunrost (<https://www.pflanzenkrankheiten.ch/weizen>)



Abb. 12 Spelzbräune (Blattbefall) (<https://www.pflanzenkrankheiten.ch/weizen>)



Abb. 15 Spelzbräune (Ährenbefall) (<https://www.pflanzenkrankheiten.ch/weizen>)



Abb. 14 Blattseptoria (<https://www.pflanzenkrankheiten.ch/weizen>)



Abb. 16 Fusarien (<https://www.pflanzenkrankheiten.ch/weizen>)

## 4 Resultate

### 4.1 Vergleich des Alters der Sorten

Die Unterschiede im Alter der Sorten spiegeln sich deutlich in ihrem Krankheitstoleranzprofil wider. Die älteren Sorten, wie Runal (1995) und Arina (1981), zeigen weniger ausgeprägte Resistenzen gegenüber Krankheiten. Dagegen überzeugen die moderneren Sorten Diavel (2020) und Montalbano (2018) durch eine verbesserte Krankheitsresistenz, was auf Fortschritte in der Resistenzzüchtung hinweist. Dies wird in den Diagrammen 1 bis 4 visualisiert, die die Toleranz gegenüber sieben getesteten Krankheiten darstellen. Die farbigen Flächen zeigen: Je größer die Fläche (Diagramm 3, 4), desto besser das Krankheitstoleranzprofil; je kleiner die Fläche (Diagramm 1, 2), desto schlechter. Die modernsten Sorten sind den hier erwähnten Sorten Montalbano und Diavel schon wieder einen Schritt voraus.

#### 4.1.1 RUNAL (1995)



Abb. 17 Runal ([https://www.dsp-delley.ch/\\_includes/db\\_bilder\\_und\\_pdf/pdf/60d1a54421fc52021\\_WW\\_SW\\_Sortenblaetter\\_Runal.pdf](https://www.dsp-delley.ch/_includes/db_bilder_und_pdf/pdf/60d1a54421fc52021_WW_SW_Sortenblaetter_Runal.pdf))

Die Sorte Runal (Abbildung 17) zeichnet sich durch eine sehr hohe Back- und Verarbeitungsqualität aus, was sie in bestimmten Märkten attraktiv macht. Jedoch ist sie anfällig gegenüber mehreren wichtigen Pilzkrankheiten wie Braunrost, Blattbräune (*Septoria nodorum*) und Septoria-Blattdürre (*Septoria tritici*). Zudem weist Runal ein geringes Ertragspotenzial auf.

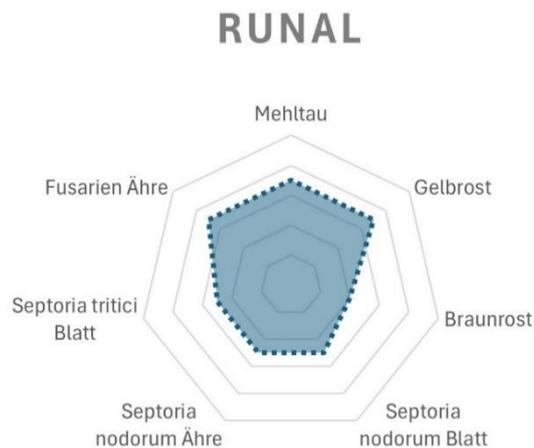


Diagramm 1  
Runal Krankheitstoleranzprofil (Eigene Darstellung)

#### 4.1.2 ARINA (1981)



Arina (Abbildung 18) ist eine Sorte mit guter Qualität, die jedoch hinsichtlich der Krankheitstoleranz deutliche Schwächen zeigt. Sie ist anfällig gegenüber mehreren Krankheiten und hat nur ein durchschnittliches Ertragspotenzial, selbst in der Qualitätsklasse I.

Abb. 18 Arina ([https://www.dsp-delley.ch/\\_includes/db\\_bilder\\_und\\_pdf/pdf/66571b53c5947Arina.pdf](https://www.dsp-delley.ch/_includes/db_bilder_und_pdf/pdf/66571b53c5947Arina.pdf))



Diagramm 2  
Arina Krankheitstoleranzprofil (Eigene Darstellung)

### 4.1.3 DIAVEL (2020)



Abb. 19 Diavel ([https://www.dsp-delley.ch/\\_includes/db\\_bilder\\_und\\_pdf/pdf/66571c4176abfDiavel.pdf](https://www.dsp-delley.ch/_includes/db_bilder_und_pdf/pdf/66571c4176abfDiavel.pdf))

Diavel (Abbildung 19), eine moderne Sorte, überzeugt durch ein ausgeglichenes Resistenzprofil. Sie zeigt keine nennenswerten Schwächen gegenüber Pilzkrankheiten und besitzt eine besonders hohe Toleranz gegenüber Braunrost. Diavel ist vielseitig einsetzbar und eignet sich sowohl für Sommer- als auch Winteranbau. Sie weist auch hohe Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten und gute Ertrageigenschaften auf.

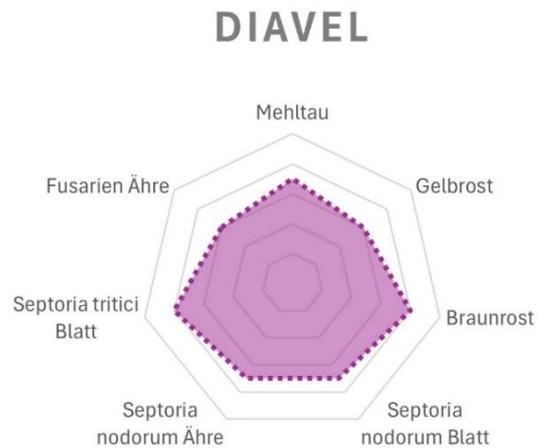


Diagramm 3  
Diavel Krankheitstoleranzprofil (Eigene Darstellung)

#### 4.1.4 Montalbano (2018)



Montalbano Abbildung 20 verfügt über ein gutes Krankheitstoleranzprofil. Die hochwertige Qualität ist ein Merkmal der Sorte Montalbano.

Abb. 20 Montalbano ([https://www.dsp-delley.ch/\\_includes/db\\_bilder\\_und\\_pdf/pdf/66571e7c92804Montalbano.pdf](https://www.dsp-delley.ch/_includes/db_bilder_und_pdf/pdf/66571e7c92804Montalbano.pdf))



Diagramm 4  
Montalbano Krankheitstoleranzprofil (Eigene Darstellung)

## 4.2 Vergleich der empfohlenen Sortenlisten 2013 und 2025

Der Vergleich der Sortenlisten von 2013 (Tabelle 1) und 2025 (Tabelle 2) verdeutlicht den Fortschritt in der Resistenzzüchtung. Während 2013 noch zahlreiche Sorten mit schwacher Krankheitsresistenz gelistet waren, zeigen die Empfehlungen von 2025 eine deutliche Verbesserung. Die Tabelle von 2025 enthält mehr Sorten mit ausgeprägten grünen Feldern, was für eine höhere Toleranz gegenüber Krankheiten steht. Dies spiegelt die Entwicklung der Züchtung wider, die in den letzten zwölf Jahren auf die Verbesserung der Resistenzeigenschaften fokussiert war.

Die in den Tabellen 1 und 2 dargestellten Sortenbeschreibungen basieren auf zwei- bis dreijährigen Durchschnittsergebnissen aus dem Versuchsnetz von Agroscope und Delley Samen und Pflanzen (DSP). Die Angaben können jedoch je nach Standort und den klimatischen Bedingungen des jeweiligen Jahres variieren.

Die Tabellen sind mit Legenden im Anhang in grosser Darstellung zu finden und bieten eine detaillierte Übersicht zu den getesteten Sorten und deren Resistenzwerten.

Klasse	TOP															I										II										Futter	Biskuit
	RUNAL	SEDOF <sup>1</sup>	SALA	TITUS	CH CLAUDIO	CH NINA	CH CAMERO	ARINA	ZINAL	FOREL	SIANO <sup>2</sup>	ORZIVAL	CH COMBY <sup>3</sup>	BURETTA	RAMER	LUDWIG	LEVIS	GALAKE	SCALETTA	IMPRESSO	BOCHUS	RUSTIC	MILAN	TAFADOR	WINNETOU	PAPAGERO	MANASTAN	CAMBRIA									
Aufnahmefahr	1995	2008	1996	2009	2010	2011	1981	2003	2008	2012 (2011)	2012 (2011)	2010	2011	2011	2004	1997	1981 (2010, 2011)	2007	2009	2011	2010	2007	2005	2005 (2010, 2011)	2013 (2012)	2005	2011										
Ertrag (Extensiv)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
Ertrag (ÖkV)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
Frische/Ährnscheiben <sup>4</sup>	mf	mf	sf	s	f	f	mf	ms	sf	f	f	mf	f	f	ms	mf	sf	sf	s	ms	f	mf	sf	s	ms	s	ms										
Pflanzenlänge <sup>5</sup>	mk	ms	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk	sk										
Mehltau <sup>6</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Gelbrost <sup>7</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Bräunrost <sup>8</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Septoria nodorum Blatt <sup>9,1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Septoria nodorum Ähre <sup>9,2</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Septoria tritici Blatt <sup>9,3</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Fusarium Ähre <sup>9,4</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Proteingehalt <sup>10</sup>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++										
Zähler <sup>11</sup>	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++										
Hecklergehalt <sup>12</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Tausendkorngewicht <sup>13</sup>	mittel	klein	mittel	gross	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	gross	mittel	gross	mittel	mittel	gross	mittel	gross	mittel	gross	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel										

Tabelle 1 LES 2013 (In Anlehnung an <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/ackerbau/kulturarten/strohgetreide/publikationen-sortenlisten-sortenpruefung/sortenpruefung-resultate-getreide.html#1880911248>)

Klasse	TOP															I										II										Futter	Biskuit
	RUNAL	BOBELI <sup>1</sup>	PIZNAIR	AXEN <sup>1</sup>	BARETTA	CADLIMO	DAVEL <sup>2</sup>	CH NINA	MONTALBANO <sup>3</sup>	CAMINADA <sup>4</sup>	BONAVAU L	ARINA	CAMPANILE	FOREL	HANSWIN	ALPVAL	POSMEDA	SPONTAN	LUDWIG	CAMPESINO	SAILOR	PONCIONE	DILAGO														
Herkunft	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	EU	EU	EU	EU	EU	CH	CH													
Aufnahmefahr	1995	2023	2020	2022	2018	2020	2020	2010	2018	2024 (prov.)	2022	1981	2021	2008	2015	2022	2019	2017	2004 (2010, 2011)	2022	2015	2019	2019														
Ertrag (Extensiv)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
Ertrag (ÖkV)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
Frische/Ährnscheiben <sup>4</sup>	mf	f	mf	sf	ms	ms	sf	f	s	sf	ms	s	mf	f	mf	f	ms	s	f	ms	ms	f	s														
Pflanzenlänge <sup>5</sup>	m	ml	m	l	ml	ml	l	sk	mk	ml	k	sl	m	m	m	m	l	m	sl	k	m	ml	mk														
Mehltau <sup>6</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
Gelbrost <sup>7</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
Bräunrost <sup>8</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
Septoria nodorum Blatt <sup>9,1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
Septoria nodorum Ähre <sup>9,2</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
Septoria tritici Blatt <sup>9,3</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
Fusarium Ähre <sup>9,4</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
Hecklergehalt <sup>10</sup>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++														
Tausendkorngewicht <sup>13</sup>	gross	sehr gross	mittel	klein	mittel	klein	klein	klein	klein	gross	mittel	mittel	klein	sehr klein	mittel	mittel	gross	klein	gross	klein	gross	gross	mittel														
Proteingehalt <sup>10</sup>	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++														
Backqualität <sup>14</sup>	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++														

Tabelle 2 LES 2025 (In Anlehnung an <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/ackerbau/kulturarten/strohgetreide/publikationen-sortenlisten-sortenpruefung/sortenpruefung-resultate-getreide.html#1880911248>)

## 5 Diskussion

Die Analyse der Krankheitsresistenzen bei verschiedenen Getreidesorten hat gezeigt, dass moderne Sorten wie Diavel und Montalbano ein deutlich besseres Resistenzprofil aufweisen als ältere Sorten wie Runal und Arina. Diese Ergebnisse unterstreichen den Fortschritt in der Resistenzzüchtung. Dies ist essenziell, da der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verringert werden muss (Agroscope, o. D.-a).

Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass die Sortenleistung nicht allein von der Resistenz abhängt. Faktoren wie Qualität und Ertrag sind essenziell. Standort- und klimatische Bedingungen spielen ebenfalls eine zentrale Rolle und können die Wirksamkeit von Resistenzen beeinflussen. Zum Beispiel verbreiten sich Fusarien bei warmem Wetter und viel Niederschlag besser (Weizen: Krankheiten und Schädlinge, 2010). Die angegebenen Resultate basieren auf Versuchen unter kontrollierten Bedingungen und können in der Praxis variieren. Dies zeigt die Bedeutung der regionalen Anpassung bei der Sortenwahl.

Zukunftsgerichtet stellt sich die Herausforderung, die Balance zwischen Ertrag, Qualität und Resistenzen weiter zu optimieren. Denn die Qualität und der Ertrag des Weizens bleibt nach wie vor essenziell. Ein Weizen, der nur eine gute Krankheitstoleranz aufweist, dafür kein Ertrag bringt oder schlechte Qualität hat, ist ineffizient.

Ein weiterer entscheidender Faktor ist die langfristige Stabilität der Resistenzen. Diese können im Laufe der Zeit an Wirksamkeit verlieren, wenn Schaderreger Anpassungsstrategien entwickeln. Es zeigt sich die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Weiterentwicklung der Resistenzzüchtung.

## 5.1 Was sind Pflanzenschutzmittel (Pestizide)

In der Schweiz wird rechtlich der Begriff Pflanzenschutzmittel (PSM) verwendet. In der EU benutzt man den Begriff Pestizid. (Agrarallianz, 2019, S. 1)

Zu den Pflanzenschutzmitteln zählen alle Produkte, welche zum Schutz der Kulturen vor Schadorganismen für Pflanzen eingesetzt werden. Man unterscheidet je nach Verwendungszweck hauptsächlich zwischen Herbiziden (Bekämpfung der Unkräuter), Insektiziden (Bekämpfung von Schädlingen) und Fungiziden (Bekämpfung von Krankheiten). Es gehören natürliche und synthetische Wirkstoffe, wie auch Organismen, zu den Pflanzenschutzmitteln. (Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 2022b)

Durch Pflanzenschutzmittel lassen sich qualitativ hochwertige Nahrungsmittel verlässlich produzieren und Ernteauffälle verhindern. Jedoch sind diese auch mitverantwortlich für Umweltschäden. (Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 2023)

### 5.1.1 Einsatz in der Schweiz

Jährlich werden über 2000 Tonnen Pflanzenschutzmittel genutzt, von welchen 85 – 90% in der Landwirtschaft eingesetzt werden (Agrarallianz, 2019, S. 2). 10-15% werden im Siedlungsraum eingesetzt (Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), 2021, S. 3).

#### 5.1.1.1 Produktion

In der Schweiz gibt es verschiedene Landbauformen. Die konventionelle Landwirtschaft erfüllt nur die Mindestanforderungen. Diese ist in der Schweiz kaum relevant, da über 98 % der Betriebe den Ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) einhalten. Direktzahlungen erfordern die vollständige Einhaltung des Ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) auf dem gesamten Betrieb. (Agridea, 2022, S. 596) Das Motto lautet: «So wenig wie möglich, so viel wie nötig.» (Agridea, 2022, S. 596) Die Schadschwellen geben Aufschluss darüber, ob eine Behandlung zur Bekämpfung der Schädlinge erforderlich ist, und müssen eingehalten werden (Ökologischer Leistungsnachweis, 2024).

Der Einsatz einiger Pflanzenschutzmittel ist nur mit einer Sonderbewilligung erlaubt (Agridea, 2022, S. 597).

Beim biologischen Landbau (Bio-Suisse) gilt folgende Regel: «Verboten ist insbesondere die Anwendung chemisch-synthetischer Dünger sowie chemisch-synthetischer oder gentechnisch hergestellter Pflanzenschutzmittel.» (Bio Suisse, 2024, S. 50)

In der Schweiz werden Pflanzenschutzmittel umfassender definiert als im Ausland, da hier auch natürliche Mittel wie Tonminerale, Öle, Schwefel und Kalk berücksichtigt werden. Diese Mittel erfordern größere Mengen, was direkte Mengenvergleiche erschwert. Studien der OECD und Agroscope zeigen jedoch, dass die Schweiz im internationalen Vergleich gut abschneidet: Der Einsatz liegt beispielsweise bis zu 42 % unter dem von Deutschland. (Pflanzenschutz, 2022)

### 5.1.2 Gefahr Pflanzenschutzmittel

Pflanzenschutzmittel sind aktive Wirkstoffe und werden in der Regel bei der Anwendung direkt in die Umwelt ausgebracht. So lässt sich neben ihrer Wirkung auf den Zielorganismus einen Effekt auf einen Nicht-Zielorganismus kaum verhindern. Dadurch können in der Umwelt kritischen Konzentrationen entstehen.

Die negativen Auswirkungen, speziell auf Gewässer, sind wissenschaftlich gut belegt (Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), 2021, S. 8).

- Chemische Substanzen können sich im Boden anlagern oder im Sickerwasser gelöst sein.
- Wenn Wirkstoffe im Boden leicht beweglich sind, können sie einfach ins Grundwasser gelangen. Damit dies nicht geschieht, gibt es Grundwasserschutzzonen. Rückstände in der obersten Bodenschicht können durch oberflächlich abfließendes Wasser in umliegende Gewässer transportiert werden.
- Leichtflüchtige Wirkstoffe können in die Luft geraten und so zum Beispiel im Regen nachgewiesen werden.
- Durch Insektizide, oft auch Fungizide und Herbizide, werden nicht nur schädliche, sondern auch nützliche Lebewesen abgetötet. Ein weiteres Problem ist die Anreicherung in der Nahrungskette.
- Chemikalien können über verschiedene Wege in den Körper gelangen. Zum Beispiel durch die direkte Aufnahme über den Mund, durch Einatmen oder über den Kontakt mit der Haut.

(Bundesamt für Umwelt BAFU, 2015)

Die Auswirkungen sind auf Abbildung 21 visualisiert.

Die Pflanzenschutzmittel und die Wirkstoffe werden auf ihre Giftigkeit und ihr Risiko geprüft. Ausserdem enthält jede Etikette Gefahrensymbole und Gefahren- und Sicherheitshinweise. (Bundesamt für Umwelt BAFU, 2015)

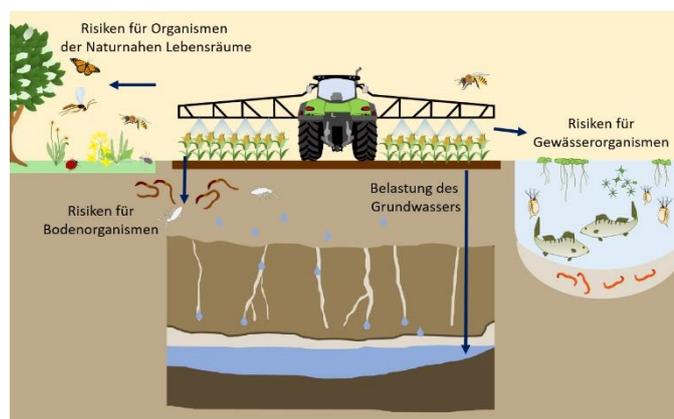


Abb. 21 Risiken Pflanzenschutzmittel (<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel.html>)

### **5.1.3 Resistenzrisiken**

Ein weiteres Problem von Pflanzenschutzmitteln ist, dass durch übermässigen oder einseitigen Einsatz, Schädlinge, Krankheitserreger und Unkräuter Resistenzen gegen einen Wirkstoff entwickeln können. Schadenserreger, welche unempfindlich gegenüber Pflanzenschutzmitteln sind, überleben, vermehren sich und geben ihre Resistenz an die nächste Generation weiter. So steigt der Anteil resistenter Individuen in einer Population. Der Prozess wird beschleunigt, wenn derselbe Wirkstoff mehrfach verwendet wird oder durch wiederholten Einsatz von Wirkstoffen, die sich in der molekularen Bauart gleichen und auf ähnliche Weise in den Stoffwechsel des Zielorganismus eingreifen. Auch wird die Ausbreitung von Resistenzen gefördert, wenn die vorgeschriebene Menge an Pflanzenschutzmitteln nicht eingehalten wird. (Schöneberg et al., 2022, S. 4)

## **5.2 Warum nicht einfach ohne?**

Verschiedene Studien beziffern die Ernteverluste ohne jeglichen Pflanzenschutz auf durchschnittlich 30 bis 40 Prozent. Der Verlust kann bei einigen Kulturen gering sein, während er bei anderen bis zu 100 Prozent betragen kann. (Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 2022b) Der Landwirt erreicht ohne Pflanzenschutzmittel nicht annähernd die Qualität, welche die Konsument\*innen heute erwarten (Pflanzenschutz, 2022).

Neben den Ertragsverlusten und Qualitätsmängeln würde auch die Stabilität der landwirtschaftlichen Produktion erheblich leiden. Dies hätte nicht nur wirtschaftliche Konsequenzen für die Landwirt\*innen, sondern könnte auch die Versorgungssicherheit gefährden und zu einer verstärkten Abhängigkeit von Importen führen.

### **5.2.1 Auswirkungen von Krankheiten anhand Mykotoxinen**

Ausserdem spielt der Pflanzenschutz eine entscheidende Rolle bei der Bekämpfung von Krankheiten, die für Mensch und Tier schädlich sein können, wie beispielsweise durch Mykotoxine. Dies sind hochgiftige Stoffwechselprodukte, welche von Pilzen produziert werden. (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV, 2022) Sie werden, hauptsächlich auf dem Feld, durch Fusarien im Getreide gebildet (Mykotoxine – Massnahmen Auf Drei Stufen, o. D.). Bereits tief konzentriert können sie für Mensch und Tier gesundheitsschädlich sein. Die gesundheitsschädigende Wirkung kann nach einmaliger oder wiederholter Aufnahme auftreten. Akute Mykotoxin Vergiftungen äussern sich durch Magen-Darm-Beschwerden sowie Schäden an Leber, Nieren, Nerven-, Immun- und Hormonsystem. Langfristiger Konsum kleiner Mengen kann chronische Schäden verursachen, insbesondere an Leber und Nieren. Ebenfalls können sie krebserregende und fruchtbarkeits- oder erbgutschädigende Wirkungen haben. (Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV, 2022)

## **5.3 Wichtigkeit der Resistenzzüchtung**

Die Resistenzzüchtung ist nicht nur wichtig, um den Einsatz der Pflanzenschutzmittel zu senken. Es wäre darüber hinaus die Effizienz der Landwirtschaft gefährdet.

### **5.3.1 Bevölkerungswachstum**

Eines dieser Probleme ist die wachsende Population der Menschheit. Die Weltbevölkerung hat sich in den letzten Jahrzehnten rasant entwickelt. (Agroscope, o. D.-a) Mittel 2024 umfasste die Bevölkerung 9 002 763 Personen. (Bevölkerungsstand Am Ende des 2. Quartals 2024 - GNP Veröffentlichungen, 2024) Um die globale Ernährungssicherheit zu gewährleisten, ist die Steigerung der Weizenerträge ein zentrales Ziel moderner Züchtungsprogramme (Agroscope, o. D.-a). Die bereits begrenzten landwirtschaftlichen Flächen müssen optimal genutzt werden. Durch resistenterer Sorten können Ertragsverluste vermindert werden und die Ernährungssicherheit ist besser gewährleistet.

### **5.3.2 Klimawandel**

In allen Landesteilen der Schweiz ist es heute wärmer als früher. Auch Starkniederschläge sind häufiger und stärker geworden. (National Centre for Climate Services NCCS, 2024)

Der Klimawandel macht keine Pause und somit werden die Temperaturen weiterhin steigen. Auch beim Niederschlag macht sich der Klimawandel bemerkbar. Es ist ein Anstieg des Winterniederschlages zu erwarten, während der Sommerniederschlag abnehmen wird. (National Centre for Climate Services NCCS, 2022)

Dies macht es noch wichtiger, die Resistenzzüchtung voranzutreiben. Die Anpassung von Weizensorten an ihre Umwelt stellt zunehmend eine große Herausforderung für Züchtungsprogramme dar. Widerstandsfähigkeit gegenüber extremen Temperaturen, Trockenheit und Wasserüberschuss sind entscheidende Eigenschaften, um die Produktion angesichts des Klimawandels zu gewährleisten. (Agroscope, o. D.-a)

## 5.4 Zukunft durch Gentechnik

Eine Variante, um die Resistenzzüchtung voranzutreiben, wäre in Zukunft die Gentechnik. In der Schweiz ist der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen nur für wissenschaftliche Versuche und Forschungszwecke erlaubt. Strikte Vorgaben regeln solche Aktivitäten, wie sie im Gentechnikgesetz (GTG) und den dazugehörigen Verordnungen festgelegt sind. Ein generelles Gentech-Moratorium untersagt den kommerziellen Anbau. (Gentechnik, o. D.) Zukünftig jedoch wird die Gentechnik wahrscheinlich auch in der Schweiz eine wichtige Rolle spielen.

In der US-Landwirtschaft sind gentechnisch veränderte Nutzpflanzen etabliert (USA: Bei Mais, Soja und Baumwolle Fast Nur Noch Gentechnik-Pflanzen, 2024).

In der Schweiz ist dies sehr umstritten. Kritiker befürchten, dass Genom-Editing unvorhersehbare Risiken für Biodiversität, Wasser, Boden und die ökologische Landwirtschaft birgt. Sie warnen vor der Verdrängung natürlicher Arten, der Entstehung von Monokulturen und den daraus resultierenden Schäden für Ökosysteme, wobei viele Risiken noch unbekannt seien. (Plüss, 2024)

### 5.4.1 TEgenesis®

«TEgenesis® ist eine neue Züchtungsmethode, die bei Pflanzen z.B. die Anpassung an den Klimawandel beschleunigt.» (Agroscope, 2022)

TEgenesis® nutzt zwei spezielle Moleküle, die einen natürlichen Anpassungsmechanismus in Pflanzen zeitlich begrenzt aktivieren. Dabei werden in der Pflanze vorhandene Transposons mobilisiert – das sind bewegliche genetische Elemente, die auf externen Stress reagieren können. So können sich Pflanzen rasch an veränderte Umweltbedingungen wie Hitze oder Trockenheit anpassen. TEgenesis® beschleunigt diesen pflanzeigenen, zufälligen Anpassungsprozess. Ob die Methode das gewünschte Resultat erzielt, lässt sich dabei schnell und präzise überprüfen. (Agroscope, 2022)

Bei der TEgenesis® wird kein fremdes Erbgut von anderen Organismen eingefügt (Agroscope, 2024).

Agroscope startete den ersten Feldversuch 2024 in Reckenholz ZH. Der Versuch dauert fünf Jahre. (Forschung Im Kanton Zürich - Bund Bewilligt Versuch mit Gentechnisch Verändertem Weizen, 2024)

In diesem Versuch suchen die Forschenden nach Krankheitsresistenzen. Der Fokus liegt bei natürlichen Abwehrmechanismen gegen Pilzkrankheiten wie Septoria, Gelbrost, Braunrost und Mehltau. Diese Resistenzen treten allerdings nur selten auf, daher müssen in Feldversuchen sehr viele Pflanzen unter möglichst natürlichen Bedingungen untersucht werden. (Agroscope, 2024)

## 5.4.2 Genom-Editing

Unter Genom-Editing fasst man Verfahren zusammen, welche die DNA von lebenden Organismen verändern können. Damit stehen nun Methoden, welche einen gezielten Eingriff in das Genom eines Organismus ermöglichen und so gewünschte Eigenschaften hervorbringen, zur Verfügung. Dies geschieht ohne fremde Gene einzufügen. (Bundesamt für Umwelt BAFU & Schwarz, 2019)

### 5.4.2.1 CRISPR

Mit Hilfe von CRISPR ermöglicht es Züchter\*innen, bestimmte genetische Informationen in einem Organismus zu löschen, hinzuzufügen oder zu ersetzen. So lassen sich erwünschte Eigenschaften einbringen oder unerwünschte wegnehmen. Im Vergleich zu den gewöhnlichen Züchtungsmethoden, ist diese sehr genau. (Chandrasekhar, 2024)

Mit diesen Möglichkeiten wird es in Zukunft sicherlich möglich sein, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln erheblich zu reduzieren, da moderne Technologien wie Genom-Editing und TEGenesis® die gezielte Züchtung widerstandsfähiger Pflanzen ermöglichen.

## 6 Fazit

Die Herausforderungen der modernen Landwirtschaft, insbesondere im Hinblick auf die Sicherstellung von Ernährungssicherheit, der Minimierung von Umweltbelastungen und der Anpassung an den Klimawandel, erfordern ein differenziertes und zukunftsorientiertes Vorgehen. Es zeigt sich anhand der Fortschritte der Resistenzzüchtung und der Entwicklung neuer Technologien, dass es Möglichkeiten gibt, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln langfristig zu reduzieren.

Pflanzenschutzmittel spielen heute nach wie vor eine zentrale Rolle. Sie sind unverzichtbar, um qualitativ hochwertige und ausreichend große Erträge zu erzielen und massive Ernteverluste zu verhindern, die ohne ihren Einsatz 30 bis 40 Prozent und in Einzelfällen sogar bis zu 100 Prozent betragen könnten. Sie tragen dazu bei, Kulturpflanzen vor Krankheiten, Schädlingen und Unkräutern zu schützen, haben jedoch auch negative Auswirkungen auf die Umwelt. Meiner Meinung nach werden Pflanzenschutzmittel trotzdem oft negativ dargestellt. Vielen Menschen ist die Wichtigkeit dieser Mittel nicht bewusst und dass die Ernährungssicherheit heute nach wie vor von ihnen abhängig ist. Landwirt\*innen in der Schweiz sind auf die quantitativen und qualitativen Erträge angewiesen, da dies einen wesentlichen Bestandteil ihres Einkommens ausmacht. Es ist wichtig zu wissen, dass in der Schweiz der Einsatz von PSM durch strikte gesetzliche Vorgaben und die Einhaltung des Ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) stark reguliert wird. Die Vorgaben in der Schweiz sind im internationalen Vergleich sehr streng geregelt. Dennoch bleibt der Spagat zwischen der Minimierung von Umweltschäden und der Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Produktion eine große Herausforderung.

Moderne Getreidesorten wie Diavel und Montalbano demonstrieren den Erfolg der Resistenzzüchtung und weisen ein deutlich besseres Resistenzprofil auf als ältere Sorten wie Runal und Arina. Dies ist ein wichtiger Schritt, um den Einsatz von PSM zu reduzieren und gleichzeitig Erträge und Qualität zu sichern. Resistenzzüchtung wird zunehmend wichtiger, da der Klimawandel die Umweltbedingungen verändert und so zu neuen Herausforderungen führt. Züchtungsprogramme müssen Sorten entwickeln, die nicht nur resistent gegen Krankheiten und Schädlinge sind, sondern auch den extremen Wetterbedingungen wie Hitze, Trockenheit und Starkniederschlägen standhalten.

Die Weiterentwicklung der Resistenzzüchtung durch den Einsatz moderner Technologien wie Gentechnik und Genom-Editing bietet vielversprechende Perspektiven. Ansätze wie TGenesis® oder die CRISPR-Technologie ermöglichen präzise genetische Anpassungen und beschleunigen die Entwicklung von Sorten mit verbesserten Eigenschaften. Diese Technologien könnten nicht nur die Abhängigkeit von PSM verringern, sondern auch dazu

beitragen, den steigenden Anforderungen einer wachsenden Weltbevölkerung und eines sich wandelnden Klimas gerecht zu werden. Die Möglichkeiten, die moderne Technologien wie CRISPR bieten, werden von Expert\*innen betont: „Wir sehen das Potenzial von Gene Editing darin, den Einsatz von synthetischen Pestiziden in der konventionellen Landwirtschaft kurzfristig zu reduzieren“, sagt Monika Messmer, Co-Gruppenleiterin Pflanzenzüchtung am Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) (CRISPR - Ist die Schweiz bereit für Gentechnik in der Landwirtschaft?, 2024). In der Schweiz ist der Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen bislang stark eingeschränkt. Die laufenden wissenschaftlichen Untersuchungen, wie der Feldversuch mit TEgenesis®-Weizen, sind jedoch ein Schritt in Richtung einer möglichen Akzeptanz dieser Technologien. Kritiker weisen zu Recht auf potenzielle Risiken für Biodiversität und Ökosysteme hin, was eine sorgfältige Prüfung und strenge Regulierung erfordern. Meiner Einschätzung nach wird die moderne Gentechnik trotz Kritik und Unsicherheit die Zukunft der Weizenzüchtung und der Pflanzenzüchtung generell, revolutionieren.

Die Landwirtschaft der Zukunft muss eine Balance zwischen Ertrag, Qualität und Nachhaltigkeit finden. Weder ein radikaler Verzicht auf Pflanzenschutzmittel noch ein unkritischer Einsatz neuer Technologien bieten allein eine Lösung. Vielmehr ist ein integrativer Ansatz erforderlich, der traditionelle Methoden, wissenschaftliche Erkenntnisse und technologische Innovationen kombiniert.

Die Resistenzzüchtung, unterstützt durch moderne Technologien, hat das Potenzial, die Landwirtschaft nachhaltig zu transformieren. Dabei müssen jedoch ökologische, soziale und wirtschaftliche Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden. Die Schweiz hat die Chance, durch ihre strengen Regulierungen und ihren Fokus auf Qualität und Nachhaltigkeit eine Vorreiterrolle einzunehmen und weltweit Impulse für eine verantwortungsbewusste Landwirtschaft zu setzen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Resistenzzüchtung in der Schweizer Landwirtschaft zwar vielversprechende Fortschritte gemacht hat, aber noch nicht an einem Punkt angekommen ist, an dem ein vollständiger Verzicht auf Pestizide realistisch ist. Dennoch zeigt die Entwicklung auf diesem Gebiet, dass es möglich ist, die Abhängigkeit von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln erheblich zu verringern und langfristig eine nachhaltigere Landwirtschaft zu gestalten. Diese Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten, die bisherigen Errungenschaften zu dokumentieren, die Potenziale der Resistenzzüchtung zu beleuchten, wie sie in Zukunft weiter ausgebaut werden können.

## Literaturverzeichnis

- Agrarallianz. (2019). Positionspapier «Pestizide». In agrarallianz.ch (S. 2–7). Abgerufen am 7. November 2024, von [https://www.agrarallianz.ch/wp-content/uploads/2020/09/20191219\\_agrarallianz\\_positionspapier-pestizide.pdf](https://www.agrarallianz.ch/wp-content/uploads/2020/09/20191219_agrarallianz_positionspapier-pestizide.pdf)
- Agridea. (2022). Wirz Handbuch Pflanzen und Tiere 2023. Friedrich Reinhardt Verlag.
- Agroscope. (o. D.-a). Brotweizenzüchtung. agroscope.admin.ch. Abgerufen am 27. November 2024, von [https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenzuechtung/ackerpflanzen/selection\\_ble\\_tendre.html](https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenzuechtung/ackerpflanzen/selection_ble_tendre.html)
- Agroscope. (o. D.-b). Pflanzenschutzmittel (PSM). agroscope.admin.ch. Abgerufen am 11. Dezember 2024, von <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel.html>
- Agroscope. (o. D.-c). Sortenzüchtung bei Weizen. agroscope.admin.ch. Abgerufen am 31. Oktober 2024, von [https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenzuechtung/ackerpflanzen/selection\\_ble\\_tendre/creation-varietale-ble.html](https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenzuechtung/ackerpflanzen/selection_ble_tendre/creation-varietale-ble.html)
- Agroscope. (o. D.-d). Züchtung für die Krankheitsresistenz. agroscope.admin.ch. Abgerufen am 8. November 2024, von [https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenzuechtung/ackerpflanzen/selection\\_resistance.html](https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenzuechtung/ackerpflanzen/selection_resistance.html)
- Agroscope. (2022, 17. Januar). Agroscope-Forschende nutzen neue Züchtungsmethoden. agroscope.admin.ch. Abgerufen am 14. November 2024, von <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/aktuell/dossiers/neue-zuechtungsmethoden.html#:~:text=TEgenesis%C2%AE%20ist%20eine%20neue,finden%20als%20die%20klassische%20Z%C3%BCchtung.>
- Agroscope. (2024, 5. November). Weizen aus neuem Züchtungsverfahren: Agroscope sucht in Feldversuch nach Pilzresistenzen. agroscope.admin.ch. Abgerufen am 14. November 2024, von <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/aktuell/medieninformationen/medienmitteilungen.msg-id-103034.html>
- Agroscope & DSP. (2024). Winterweizen. In dsp-delley.ch. Abgerufen am 4. Dezember 2024, von [https://www.dsp-delley.ch/\\_includes/db\\_bilder\\_und\\_pdf/pdf/66571b53c5947Arina.pdf](https://www.dsp-delley.ch/_includes/db_bilder_und_pdf/pdf/66571b53c5947Arina.pdf)
- Agroscope/DSP. (2021). Winterweizen. In dsp-delley.ch. Abgerufen am 4. Dezember 2024, von [https://www.dsp-delley.ch/\\_includes/db\\_bilder\\_und\\_pdf/pdf/60d1a54421fc52021\\_WW\\_SW\\_Sortenblaetter\\_Runal.pdf](https://www.dsp-delley.ch/_includes/db_bilder_und_pdf/pdf/60d1a54421fc52021_WW_SW_Sortenblaetter_Runal.pdf)
- Agroscope/DSP. (2024a). Wechselweizen. In dsp-delley.ch. Abgerufen am 4. Dezember 2024, von [https://www.dsp-delley.ch/\\_includes/db\\_bilder\\_und\\_pdf/pdf/66571c4176abfDiavel.pdf](https://www.dsp-delley.ch/_includes/db_bilder_und_pdf/pdf/66571c4176abfDiavel.pdf)

- Agroscope/DSP. (2024b). Winterweizen. In dsp-delley.ch. Abgerufen am 4. Dezember 2024, von [https://www.dsp-delley.ch/\\_includes/db\\_bilder\\_und\\_pdf/pdf/66571e7c92804Montalbano.pdf](https://www.dsp-delley.ch/_includes/db_bilder_und_pdf/pdf/66571e7c92804Montalbano.pdf)
- Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT). (2021). Pestizide: Auswirkungen auf Umwelt, Biodiversität und Ökosystemleistungen. In akademien-schweiz.ch: Bd. Vol. 16, No. 2 (S. 8–11) [Journal-article]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4680574>
- Bevölkerungsstand am Ende des 2. Quartals 2024 - GNP Veröffentlichungen. (2024, 19. September). bfs.admin.ch. Abgerufen am 11. Dezember 2024, von <https://www.bfs.admin.ch/news/de/2024-0538>
- Bio Suisse. (2024). RICHTLINIEN FÜR DIE ERZEUGUNG, VERARBEITUNG UND DEN HANDEL VON KNOSPE-PRODUKTEN. In bio-suisse.ch (Fassung vom 1. Januar 2024). Abgerufen am 8. November 2024, von [https://www.bio-suisse.ch/dam/jcr:a2916f6d-e400-4503-b803-0268426b8560/Bio\\_Suisse\\_Richtlinien\\_2024\\_DE.pdf](https://www.bio-suisse.ch/dam/jcr:a2916f6d-e400-4503-b803-0268426b8560/Bio_Suisse_Richtlinien_2024_DE.pdf)
- Bundesamt für Landwirtschaft BLW. (2022a). Versorgung. blw.admin.ch. Abgerufen am 30. Oktober 2024, von <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/produktionssicherheit/versorgung.html>
- Bundesamt für Landwirtschaft BLW. (2022b, Januar 13). Nachhaltiger Pflanzenschutz. blw.admin.ch. Abgerufen am 4. Dezember 2024, von <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz.html>
- Bundesamt für Landwirtschaft BLW. (2022c, April 20). Pflanzenschutzmittel. blw.admin.ch. Abgerufen am 7. November 2024, von <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel.html>
- Bundesamt für Landwirtschaft BLW. (2023). Agrarbericht 2023 - Publikationen. blw.admin.ch. Abgerufen am 30. Oktober 2024, von <https://www.agrarbericht.ch/de/service/dokumentation/publikationen>
- Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV. (2022, 25. März). Mykotoxine. blv.admin.ch. Abgerufen am 27. November 2024, von <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/stoffe-im-fokus/kontaminanten/mykotoxine.html>
- Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV. (2023). Nahrungsmittelbilanz für die Schweiz:: Überblick zum angenäherten Verzehr und zu dessen Entwicklung in den vergangenen acht Jahren. In Schweizer Ernährungsbulletin 2023. <https://doi.org/10.24444/blv-2023-0111>
- Bundesamt für Umwelt BAFU. (2015, 28. Oktober). Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Mensch und Umwelt. bafu.admin.ch. Abgerufen am 14. November 2024, von

- <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/dossiers/pflanzenschutzmittel/auswirkungen-von-pflanzenschutzmitteln-auf-mensch-und-umwelt.html>
- Bundesamt für Umwelt BAFU, Office fédéral de l'environnement OFEV, Ufficio federale dell'ambiente UFAM. (o. D.). Neue Pflanzenzüchtungsverfahren: Grosse Diskussionen um einen kleinen Schnitt. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biotechnologie/dossiers/magazin2019-2-dossier/grosse-diskussionen-um-einen-kleinen-schnitt.html>
- Bundesamt für Umwelt BAFU & Schwarz, F. (2019, 29. Mai). Eilt uns die Gentechnologie davon? [bafu.admin.ch](https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biotechnologie/dossiers/magazin2019-2-dossier/eilt-uns-die-gentechnologie-davon.html). Abgerufen am 14. November 2024, von <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biotechnologie/dossiers/magazin2019-2-dossier/eilt-uns-die-gentechnologie-davon.html>
- Chandrasekhar, A. (2024, 8. August). CRISPR: Ist die Schweiz bereit für Gentechnik in der Landwirtschaft? SWI swissinfo.ch. <https://www.swissinfo.ch/ger/schweizer-multis/crispr-ist-die-schweiz-bereit-f%C3%BCr-gentechnik-in-der-landwirtschaft/85582379>
- CRISPR - Ist die Schweiz bereit für Gentechnik in der Landwirtschaft? (2024, 2. Oktober). Schweizer Radio und Fernsehen (SRF). Abgerufen am 5. Dezember 2024, von <https://www.srf.ch/news/dialog/crispr-ist-die-schweiz-bereit-fuer-gentechnik-in-der-landwirtschaft>
- Doppelt hält besser. (2018, 12. Februar). Pflanzenforschung.de. Abgerufen am 5. Dezember 2024, von <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/doppelt-haelt-besser-kombinierte-resistenzgene-erhoehen-10893>
- Duden.de. (2024, 14. August). Kulturpflanze. Duden. <https://www.duden.de/node/85383/revision/1383379>
- Fleischmann, C. & Institut für Verhaltenswissenschaft ETH. (1997). Weizen: ein Leitprogramm für den Geographieunterricht. In Schülerheft (2. Aufl.). [https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/dual/educeth-dam/documents/Unterrichtsmaterialien/geographie/weizen-leitprogramm/weizen\\_schueler.pdf](https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/dual/educeth-dam/documents/Unterrichtsmaterialien/geographie/weizen-leitprogramm/weizen_schueler.pdf)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). FAOSTAT. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Abgerufen am 30. Oktober 2024, von [https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity)
- Forschung im Kanton Zürich - Bund bewilligt Versuch mit gentechnisch verändertem Weizen. (2024, 5. November). Schweizer Radio und Fernsehen (SRF). Abgerufen am 14. November 2024, von <https://www.srf.ch/news/schweiz/forschung-im-kanton-zuerich-bund-bewilligt-versuch-mit-gentechnisch-veraendertem-weizen>

- Fossati, D. & Brabant, C. (2003). Die Weizenzüchtung in der Schweiz. In Eidgenössische Forschungsanstalt für Pflanzenbau Changins, AGRARForschung (Bde. 10–11–12, S. 447–458).
- Gattlen, N. & Bundesamt für Umwelt BAFU. (2019, 29. Mai). Neue Pflanzenzüchtungsverfahren: Grosse Diskussionen um einen kleinen Schnitt. bafu.admin.ch. Abgerufen am 14. November 2024, von <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biotechnologie/dossiers/magazin2019-2-dossier/grosse-diskussionen-um-einen-kleinen-schnitt.html>
- Gauthier, K., Handley-Cornillet, A., Fasel, A., Isoz, E., Majdi, R., Stevenel, P. & Chalhoub, B. (2023). Wheat breeding against the most common fungal diseases in Switzerland landscape: Swiss Mycology Symposium. In agroscope.ch.
- Gentechnik. (o. D.). sbv-usp.ch. Abgerufen am 29. November 2024, von <https://www.sbv-usp.ch/de/schlagworte/gentechnik#:~:text=In%20der%20Schweiz%20d%C3%BCrfen%20aufgrund,den%20entsprechenden%20Verordnungen%20festgelegt.>
- Joder, D. (2022, 9. Juli). So viel Getreide isst die Schweiz. bauernzeitung.ch. <https://www.bauernzeitung.ch/artikel/markt-preise/so-viel-getreide-isst-die-schweiz-430199>
- Liste der empfohlenen Getreidesorten für die Ernte 2013. (2012). In agroscope.admin.ch. Abgerufen am 20. November 2024, von <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/ackerbau/kulturarten/strohgetreide/publikationen-sortenlisten-sortenpruefung/sortenpruefung-resultate-getreide.html#1880911248>
- Liste der empfohlenen Getreidesorten für die Ernte 2025. (2024). In agroscope.admin.ch. Abgerufen am 20. November 2024, von <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/ackerbau/kulturarten/strohgetreide/publikationen-sortenlisten-sortenpruefung/sortenpruefung-resultate-getreide.html#1880911248>
- Miedaner, T. (2014). Kulturpflanzen: Botanik - Geschichte - Perspektiven. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-55293-9>
- Mykotoxine – Massnahmen auf drei Stufen. (o. D.). swissgranum.ch. Abgerufen am 27. November 2024, von <https://www.swissgranum.ch/qualitaet/toxine>
- National Centre for Climate Services NCCS. (2022, 22. Oktober). Zahlen und Fakten. nccs.admin.ch. Abgerufen am 27. November 2024, von <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/zahlen-und-fakten.html>
- National Centre for Climate Services NCCS. (2024, 26. August). Beobachtete Klimaentwicklung in der Schweiz. nccs.admin.ch. Abgerufen am 27. November 2024, von

- <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/beobachtete-klimaentwicklung-in-der-schweiz.html>
- Ökologischer Leistungsnachweis. (2024, 24. September). [bwl.admin.ch](https://www.blw.admin.ch/de/oekologischer-leistungsnachweis#Pflanzenschutz). Abgerufen am 4. Dezember 2024, von <https://www.blw.admin.ch/de/oekologischer-leistungsnachweis#Pflanzenschutz>
- Pflanzenschutz. (2022, 24. März). Verantwortungsvolle Landwirtschaft - Wir Schützen, Was Wir Lieben. Abgerufen am 4. Dezember 2024, von <https://verantwortungsvolle-landwirtschaft.ch/de/verantwortungsvoll-in/pflanzenschutz.html>
- Plüss, J. D. (2024, 24. Januar). Genom-Editing: Die wichtigsten Fakten. SWI swissinfo.ch. <https://www.swissinfo.ch/ger/wirtschaft/genom-editing-die-wichtigsten-fakten/47307572>
- Redaktion Pflanzenforschung.de. (2018, August). Vom wilden Süßgras zum modernen Weizen. [Pflanzenforschung.de](https://www.pflanzenforschung.de). Abgerufen am 28. Oktober 2024, von <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/vom-wilden-suessgras-zum-modernen-weizen-eine-lange-zue-10960>
- Schöneberg, T., Guyer, A., Keller, M. & Lutz, M. (2022). Pflanzenschutzmittel im Gemüsebau: Erfolgreiches Resistenzmanagement durch Berücksichtigung der Wirkstoffgruppen. In <https://www.agroscope.admin.ch/>. Abgerufen am 7. November 2024, von [https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/aktuell/newsroom/2022/03-28\\_pflanzenschutz-im-gemuesebau.html](https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/aktuell/newsroom/2022/03-28_pflanzenschutz-im-gemuesebau.html)
- Strebel, S., Häner, L. L., Watroba, M., Girard, M., De Jong, A.-V., Jaunin, V., Grandgirard, R., Pünter, C., Linder, N., Weisflog, T. & Agroscope. (2024). Liste der empfohlenen Getreidesorten für die Ernte 2025. In [agroscope.admin.ch/](https://www.agroscope.admin.ch/). Abgerufen am 26. November 2024, von <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/ackerbau/kulturarten/strohgetreide/publikationen-sortenlisten-sortenpruefung/sortenpruefung-resultate-getreide.html#1469832641>
- USA: Bei Mais, Soja und Baumwolle fast nur noch Gentechnik-Pflanzen. (2024, 9. Juli). transGEN. Abgerufen am 30. November 2024, von <https://www.transgen.de/aktuell/2581.gentechnik-pflanzen-usa-anbau.html>
- Watroba, M., Strebel, S., Häner, L. L. & Agroscope. (2024). Winterweizen 2023: Sortenversuche unter Bio Bedingungen. In [agroscope.admin.ch](https://www.agroscope.admin.ch/). Abgerufen am 26. November 2024, von <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/ackerbau/kulturarten/strohgetreide/publikationen-sortenlisten-sortenpruefung/sortenpruefung-resultate-getreide.html#1469832641>
- Weizen. (o. D.). [pflanzenkrankheiten.ch](https://www.pflanzenkrankheiten.ch/). Abgerufen am 20. November 2024, von <https://www.pflanzenkrankheiten.ch/weizen>

Weizen: Krankheiten und Schädlinge. (2010, 4. August). Pflanzenforschung.de. Abgerufen am 5. Dezember 2024, von <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/weizen-krankheiten-und-schaedlinge-868>

Wikipedia-Autoren. (2002, 22. Mai). Weizen. wikipedia.org. Abgerufen am 5. Dezember 2024, von <https://de.wikipedia.org/wiki/Weizen>

WWF Schweiz. (o. D.). Pestizide: Wirkung und Gefahren | WWF Schweiz. Abgerufen am 8. November 2024, von <https://www.wwf.ch/de/unsere-ziele/pestizide-wirkung-und-gefahren>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. Titelbild Weizenfeld vor Säntis (eigene Darstellung).....	Titelseite
Abb. 1 Herkunft und heutige Verbreitung von Weizen .....	4
Abb. 2 Weizen .....	5
Abb. 3 Kreuzungszüchtung.....	8
Abb. 4 Klassische Mutagenese.....	8
Abb. 5 Transgenese.....	9
Abb. 6 Genome Editing.....	9
Abb. 7 Züchtungschema .....	11
Abb. 8 geschützte Ähren.....	12
Abb. 9 Versuchsfeld .....	12
Abb. 10 Mehltau.....	15
Abb. 11 Gelbrost .....	15
Abb. 13 Spelzbräune (Blattbefall) .....	15
Abb. 12 Braunrost.....	15
Abb. 14 Blattseptoria.....	15
Abb. 15 Spelzbräune (Ährenbefall) .....	15
Abb. 16 Fusarien .....	15
Abb. 17 Runal.....	16
Abb. 18 Arina .....	17
Abb. 19 Diavel .....	18
Abb. 20 Montalbano.....	19
Abb. 21 Risiken Pflanzenschutzmittel .....	23

## Diagrammverzeichnis

Diagramm 1 Runal Krankheitstoleranzprofil .....	16
Diagramm 2 Arina Krankheitstoleranzprofil .....	17
Diagramm 3 Diavel Krankheitstoleranzprofil .....	18
Diagramm 4 Montalbano Krankheitstoleranzprofil .....	19

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1 LES 2013.....	20
Tabelle 2 LES 2025.....	20

## Hilfsmittelverzeichnis

<b>KI-basiertes Hilfsmittel</b>	<b>Verwendung</b>	<b>betreffene Stelle</b>
<b>DeepL Translator</b>	Übersetzen von englischer Quelle	(Gauthier et al., 2023)
<b>ChatGPT</b>	Hilfestellung bei der Erstellung der Struktur der Arbeit	ganze Arbeit

# Anhang

Winterweizensorten 2013

Klasse	I										II										Biskuit								
	TOP					Futter					Biskuit					Futter					Biskuit								
Sorte	RUNAL	SEGOR	SIALA	TITLUS	CH CLARO	CH NARA	CH CAMEDO	ARINA	ZINAL	FOREL	SIMANO	ORZIVAL	CH COMBIN	SURETTA	RAINER	LUDWIG	LEVIS	GALAXIE	SCALETTA	IMPRESSION	BOCKRIS	RUSTIC	MULAN	TAPIDOR	WINNETOU	PAPAGENO	MANHATTAN	CAMBRENA	
Aufnahmejahr	1995	2002 (letztes Jahr)	2006	1986	2009	2010	2011	1981	2003	2008	2012 (prev.)	2012 (prev.)	2010	2011	2004	1997	1991 (letztes Jahr)	2007	2009	2011	2010 (letztes Jahr)	2007	2005	2005 (letztes Jahr)	2012 (prev.)	2005	2011		
Ertrag (OLN) <sup>1</sup>	+++	+++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Frühreife/Abreitschleichen <sup>1</sup>	m	m	f	s	f	f	m	ms	sf	f	f	m	f	ms	m	m	sf	sf	s	ms	f	m	sf	s	ms	ms	ms		
Pflanzentlänge <sup>1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Standfestigkeit <sup>2</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Mehltau <sup>1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Gelbrost <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Braunrost <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toleranz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septoria nodorum Blatt <sup>1,3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septoria nodorum Ähre <sup>1,3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septoria tritici Blatt <sup>1,3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septoria tritici Ähre <sup>1,3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fusarien Ähre <sup>1,3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Auswuchs <sup>1</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteingehalt <sup>1</sup>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Zeleny <sup>1</sup>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Hektoltergewicht <sup>1</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tausendkorngewicht <sup>1</sup>	mittel	klein	mittel	gross	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	gross	mittel	gross	mittel	mittel	gross	mittel	mittel	gross	mittel	gross	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel

**Legende**  
 ++++ = ausgezeichnet  
 +++ = sehr  
 ++ = gut  
 + = mittel bis gut  
 0 = mittel  
 - = schwach bis mittel  
 -- = schwach  
 --- = sehr schwach  
 leere Zellen = keine Information

**Frühreife**  
 sf = sehr früh  
 f = früh  
 m = mittelfrüh  
 ms = mittelspät  
 s = spät

**Pflanzentlänge**  
 sk = sehr kurz  
 k = kurz  
 mk = mittel bis kurz  
 m = mittel  
 ml = mittel bis lang  
 l = lang  
 sl = sehr lang

<sup>1,2</sup> Die Sortenbeschreibung basiert auf zwei- bis dreijährigen Durchschnittsergebnissen aus dem Versuchnetz von Agroscope und DSP<sup>1</sup>, ergänzt durch Versuchsergebnisse für den Ertrag aus Anbauversuchen unter Bedingungen für den ökologischen Leistungsnachweis (OLN)<sup>2</sup>. Obige Angaben können in Abhängigkeit von Standort und klimatischen Bedingungen des Jahres variieren.  
 Die Beurteilung des Ertrags ist nur zulässig innerhalb des gleichen Anbauverfahrens (innerhalb der gleichen Zeile); ein Vergleich zwischen den Anbauverfahren Extenso und OLN ist in obiger Darstellung nicht zulässig.  
 \* Nur für Beurteilungsklassen (+++, +, 0, - und -) zulässig.  
 Die Sorten **Trois** (Kl. TOP) und **Serrori** (Kl. I) sind ebenfalls zur Übernahme anerkannt. **Trois** wird hauptsächlich unter Vertrag angebaut.

# Resistenzzüchtung: Zukunft des Schweizer Weizenanbaus

Klasse	TOP										I				II				Futter		Biskuit			
	RUNAL	BODEL <sup>1</sup>	PIZNAIR	AXEN <sup>1</sup>	BARETTA	CADLIMO	DAVEL <sup>*</sup>	CH NARA	MONTALBANO <sup>1</sup>	CAMINADA <sup>1</sup>	BONAVAU <sup>1</sup>	ARINA	CAMPANILE	FOREL	HANSWIN	ALPVAL	POSMEDA	SPONTAN	LUDWIG	CAMPESINO	SAILOR	PONCIONE	DILAGO	
Sorte	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	EU	EU	EU	EU	EU	CH	CH
Herkunft	1995	2023	2020	2022	2018	2020	2020	2010	2018	2024 (prov.)	2022	1981	2021	2008	2015	2022	2019	2017	2004 (letztes Jahr)	2022	2015	2019	2019	
Aufnahmehjahr																								
Ertrag (Extensio) <sup>1</sup>	-	++	+	+	Ø	++	+	Ø	+	Ø	++	++	Ø	+	+	++	+++	+++	++	++++	+++	+++	+++	
Ertrag (ÖLN) <sup>2</sup>	-	-	Ø	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Frühreife/Ährenschieben <sup>1</sup>	mf	f	mf	sf	ms	ms	sf	f	s	sf	ms	s	mf	f	mf	f	f	ms	f	k	s	s	ms	
Pflanzenlänge <sup>1</sup>	m	ml	ml	l	ml	ml	l	sk	mk	ml	k	sl	m	m	m	s	l	m	sl	k	m	ml	ms	
Standfestigkeit <sup>1,2</sup>	+	++++	Ø	Ø	+	+	+	+++	+++	-	++	-	+	+	Ø	+++	Ø	++	+	+++	+++	-	++	
Mehtau <sup>1</sup>	+	+	+	+	Ø	++	+	+	+	+++	+	-	+	Ø	+	+	+	+	Ø	+++	+	++	Ø	
Gelbrost <sup>1</sup>	+	Ø	++	Ø	+	Ø	Ø	+++	Ø	Ø	+	-	+++	Ø	+	+	+	+	+	+	+	++	++	
Braunrost <sup>1</sup>	-	+	++	+	Ø	++	++	Ø	+	+	+	+	++	-	+	+	+	-	-	+++	-	++	Ø	
Septoria nodorum Blatt <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	Ø	
Septoria nodorum Ähre <sup>1</sup>	-	Ø	+	+	Ø	Ø	Ø	+	+	Ø	Ø	+	Ø	+	Ø	Ø	Ø	+	+	+	+	+	+	
Septoria tritici Blatt <sup>1</sup>	-	Ø	Ø	Ø	-	+	+	+	+	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Fusarien Ähre <sup>1</sup>	+	Ø	-	-	Ø	-	Ø	-	++	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	Ø	+	-	+	
Auswuchs <sup>1</sup>	+(+)	Ø	+	+	Ø	Ø	Ø	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Hektolitergewicht <sup>1</sup>	+	+	++	++	Ø	+++	+++	+++	+	+	+	+++	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	
Tausendkomgewicht <sup>1</sup>	gross	sehr gross	mittel	klein	mittel	klein	klein	klein	gross	gross	mittel	mittel	sehr klein	mittel	mittel	mittel	gross	mittel	gross	klein	gross	gross	mittel	
Proteingehalt <sup>1</sup>	++++	++++	+++	+++	++	++	++	++	+++	+++	++	+++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Backqualität <sup>1,2</sup>	+++++	+++++	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	---	---	---	---	

<sup>1,2</sup> Die Sortenbeschreibung basiert auf zwei- bis dreijährigen Durchschnittsergebnissen aus dem Versuchsnetz von Agroscope und DSP<sup>1</sup>, ergänzt durch Versuchsergebnisse für den Ertrag und die Backqualität aus Anbauversuchen unter Bedingungen für den ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN)<sup>2</sup>. Obige Angaben können in Abhängigkeit von Standort und klimatischen Bedingungen des Jahres variieren. Die Beurteilung des Ertrags ist nur zulässig innerhalb des gleichen Anbauverfahrens (innerhalb der gleichen Zeile), ein Vergleich zwischen den Anbauverfahren Extensio und ÖLN ist in obiger Darstellung nicht zulässig.  
 1. Sorte mit begranntem Ähren.  
 \* Kann im Frühling ausgesät werden, die Qualität ist leicht höher.  
 Unter Suisse Garantie können alle Sorten vermarktet werden, die auf der aktuellen oder einer ehemaligen Liste der empfohlenen Sorten von swiss granum aufgeführt sind resp. waren

**Legende**  
 ++++ = ausgezeichnet  
 +++ = sehr gut  
 ++ = gut  
 + = mittel bis gut  
 Ø = mittel  
 - = schwach bis mittel  
 -- = schwach

**Frühreife**  
 sf = sehr früh  
 f = früh  
 mf = mittelfrüh  
 ms = mittelspät  
 s = spät

**Pflanzenlänge**  
 sk = sehr kurz  
 k = kurz  
 mk = mittel bis kurz  
 m = mittel  
 ml = mittel bis lang  
 l = lang  
 sl = sehr lang

## **Selbstständigkeitserklärung**

„Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benützung anderer als der angegebenen Hilfsmittel verfasst habe; dass ich eine eventuelle Nutzung von Künstlicher Intelligenz (z. B. Chatbots) ausgewiesen habe; dass ich ohne schriftliche Zustimmung der Schulleitung die Arbeit nicht veröffentlichen werde und keine Kopien dieser Arbeit an Dritte aushändigen werde, ausgenommen nach Abschluss des Verfahrens an Schulkolleginnen/Schulkollegen oder an Personen, die mir wesentliche Informationen für die Maturaarbeit zur Verfügung gestellt haben.“

Ich gebe zu den Maturaarbeitsexemplaren folgende Projekte/Gegenstände oder digitale Datenträger ab: keine

Ort, Datum, Unterschrift