



# Sorten, Diversität und Robustheit

**Simone Bühlmann-Schütz**

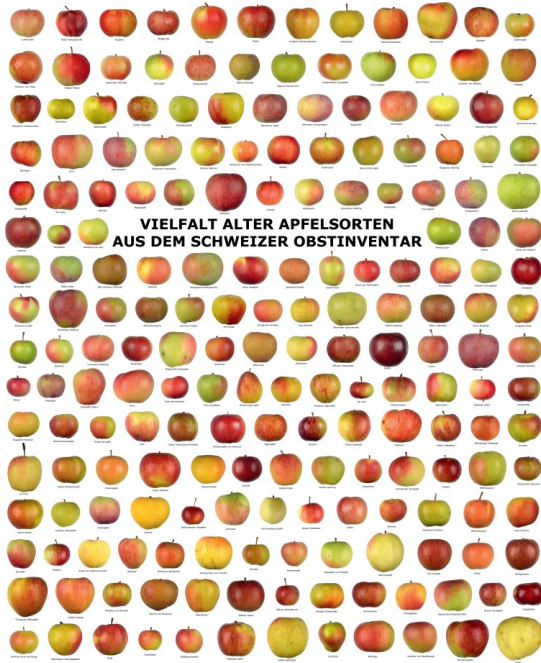
Sortentagung | 11.12.2023





# Diversität - früher und heute

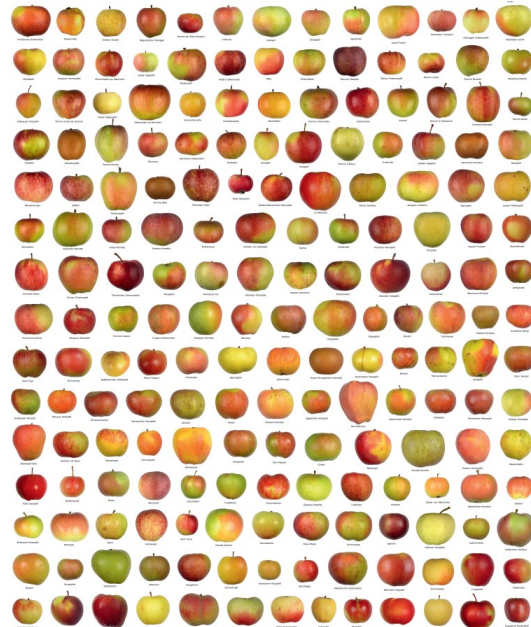
Schweizer Apfel Genressourcen  
ca. 1200 Akzessionen



VIelfalt ALTER APFELSORTEN  
AUS DEM SCHWEIZER OBSTINVENTAR



dargestellt sind  
390 Sorten aus  
dem Schweizer  
Obstinventar



Aktuelle Sorten



30%

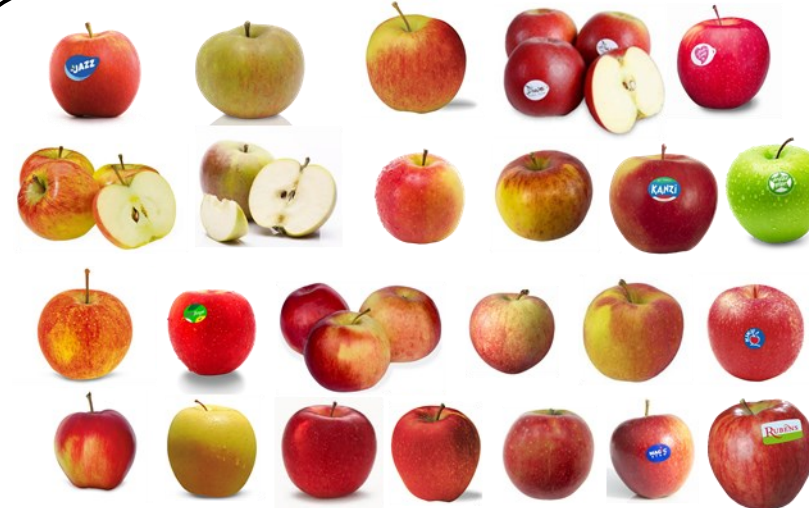


12%



11%

3 Sorten ca. 53%  
der Anbaufläche



weitere 24  
Sorten ca. 39%  
der Anbaufläche



= 27 Sorten 92% der Anbaufläche

Anbaufläche CH 2022: ca. 2830 ha

Quelle: Quelle: Obst- und Tafeltraubenanlagen  
der Schweiz, BLW

Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
Bundesamt für Landwirtschaft BLW

**FRUCTUS**

Nationale Datenbank:  
[www.pgrel.admin.ch](http://www.pgrel.admin.ch)

**Agroscope**



# Trade-Off - Reduktion der Sortenvielfalt

Hochstamm vs. Niederstamm | Streuobstwiesen vs. Monokultur | Land vs. Stadt

- Intensivierung → Ertragssteigerung
- Neue Anbausysteme → Arbeitseffizienz
- Pflanzenschutz → Ertragssteigerung + Qualitätssteigerung
- Optimierte Lagerung → Verfügbarkeit + Qualitätssteigerung
- Transport + Absatz → Verfügbarkeit

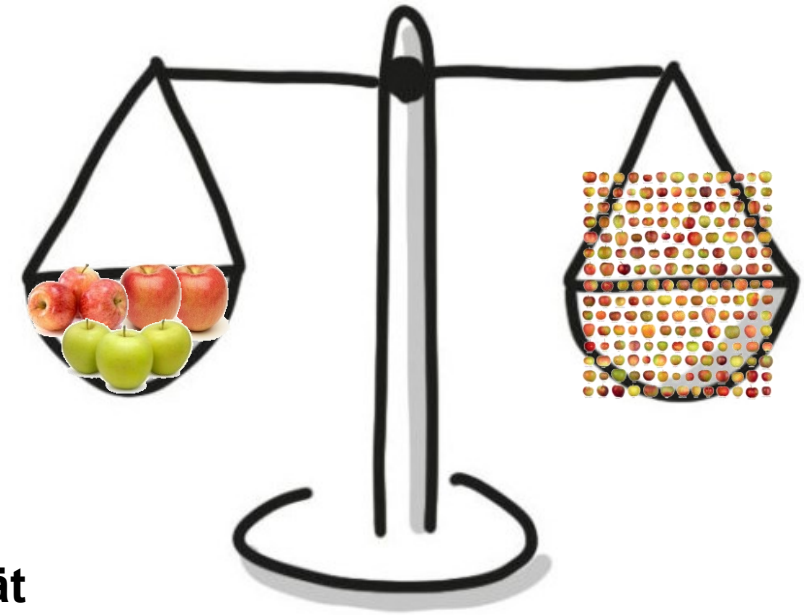


... dies führte zu ...

- **Verlust** der Sortenvielfalt
- **Verlust** allgemein von Lebensräumen und der Biodiversität



**Verlust** der «Robustheit / Resistenz / Resilienz»





# Intensivierung – Verlust an Diversität Chancen für Krankheiten und Schädlinge?

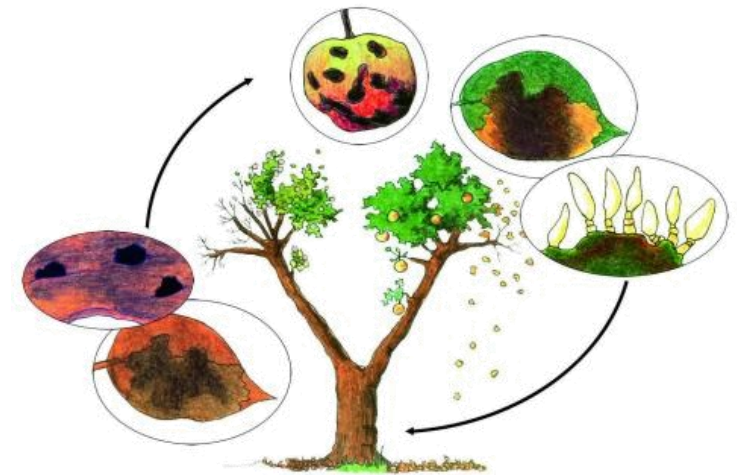
- Vegetative Vermehrung + Monokultur
- Mehrjährige Kultur + Lebensdauer einer Anlage von ca. 15 Jahren
- Enge genetische Grundlage der modernen Apfelsorten
- Verwendung von einzelnen monogenen Resistenzen

**Wirt**

Beispiel: Apfelschorf (*Venturia inaequalis*)

**Pathogen**

- sexuelle Rekombination im Winter
- mehrere Zyklen der asexuellen Vermehrung pro Saison



Quelle: [www.mein-schooner-garten.de](http://www.mein-schooner-garten.de)

## Heute:

- Nahezu alle kommerziell angebauten modernen Sorten sind sich genetisch sehr ähnlich und anfällig auf Apfelschorf
- Fast alle neu gezüchteten und registrierten Resistenzsorten tragen das gleiche monogene *R*-Gen ► *Rvi6* = *Vf* aus *Malus floribunda* 821



*Rvi6*-Resistenzdruchbruch, 2021 Wädenswil

Quelle: Agroscope



# Fazit: Kenne deine Abwehrkräfte und studiere deinen Feind

«Starker Selektionsdruck durch Monokultur und monogene Resistenz»

→ Resistenzmechanismen beschreiben

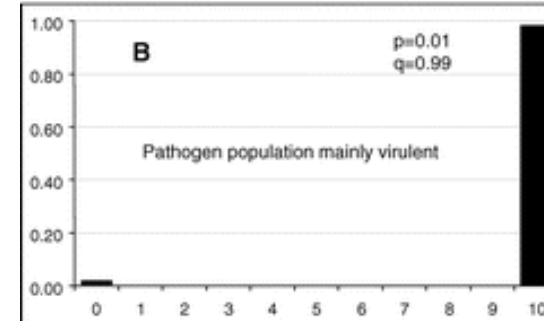
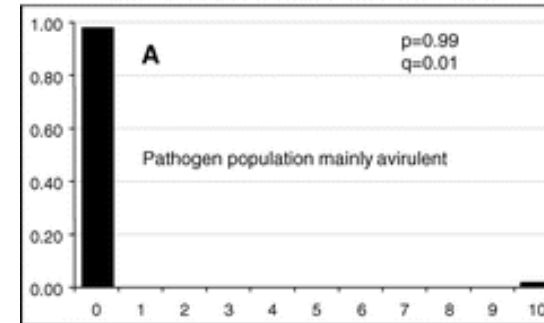
Wirt

Pathogen

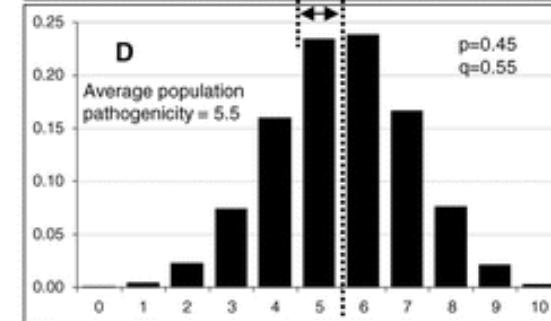
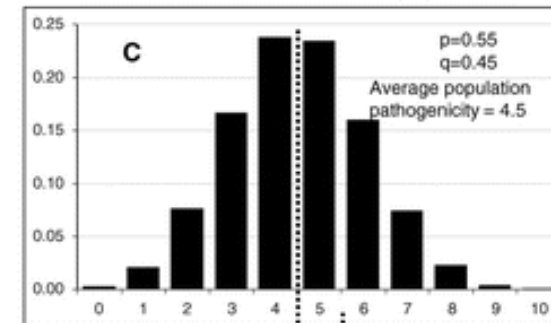
«gemischter Reproduktionszyklus = ein hohes Potenzial für genetische Variabilität, schnelle Vermehrung und Ausbreitung, Akkumulation von Mutationen»

→ Reproduktionszyklus und Ausbreitung kennen

Major gene resistance “breaks”



Quantitative resistance “erodes”



Quelle: PATHOGEN POPULATION GENETICS, EVOLUTIONARY POTENTIAL, AND DURABLE RESISTANCE, Bruce A. McDonald and Celeste Linde, Annual Review of Phytopathology 2002 40:1, 349-379

⇒ Kombination von mehreren monogenen Resistenzen, oder Kombination mit quantitativen/polygenen Resistenzen



# Resistenzzüchtung

- monogen
- polygen
- polygen + monogen

## pyramidiert

gegen den gleichen Krankheitserreger

## kombiniert

gegen verschiedene Krankheiten

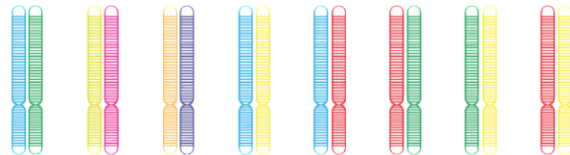
## Phänotypisierung

- künstliche Inokulation im
  - Labor, Gewächshaus, Feld
- Bonitur im Feld
  - mit oder ohne PSM

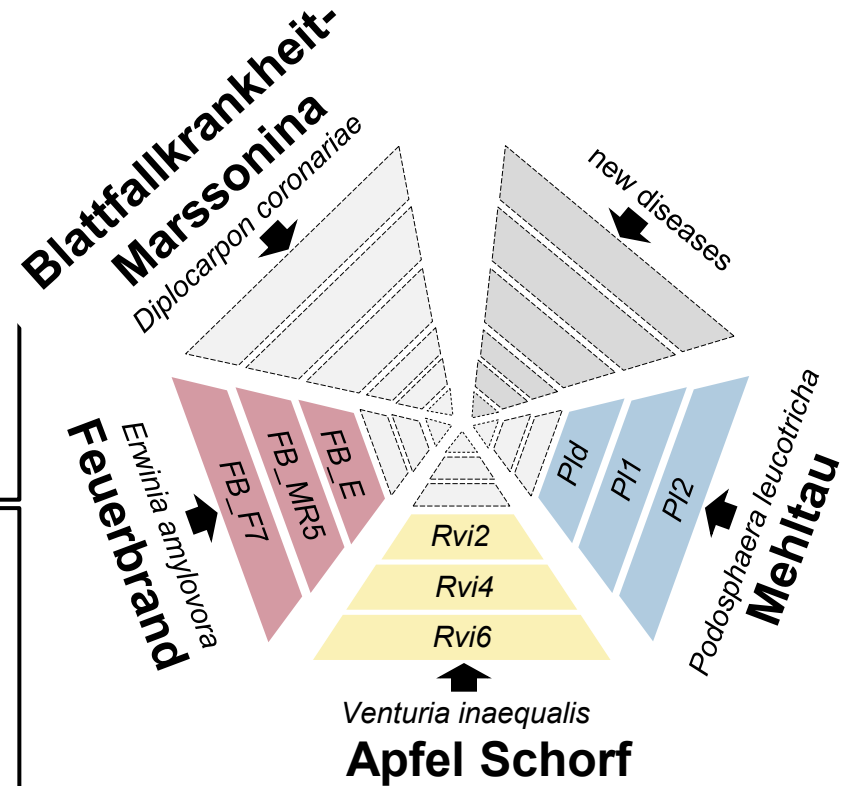


## Molekulare Selektion

- Marker gestützte Selektion
- Genomische Selektion (Zukunft?)



## Züchtungsforschung



➔ **Dauerhafte Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge**



# Fakt ist jedoch, dass der Wissenstand nicht bei allen Schaderregern gleich ist...



**Blatt- & Fruchtschorf**  
*Venturia inaequalis*

**Mehltau**  
*Podosphaera leucotricha*

**Feuerbrand**  
*Erwinia amylovora*



**diverse  
Blattläuse**



**Obstbaumkrebs**  
*Neonectria galligena*



**Blattfallkrankheit**  
*Diplocarpon coronariae*



**diverse  
Schädlinge**



**diverse  
Lagerkrankheiten**



... und viele mehr...



# ... und das neue resistente Sorten nicht von heute auf morgen vom Himmel fallen...

ca. 95 Jahre

ca. 70 Jahre



Thomas Andrew Knight  
Britischer Botaniker und Pomologe

Nachweis von Feldimmunität in *Malus* Wildtypen (*M. floribunda* 821 und *M. atrosanguinea* 804/240-57)



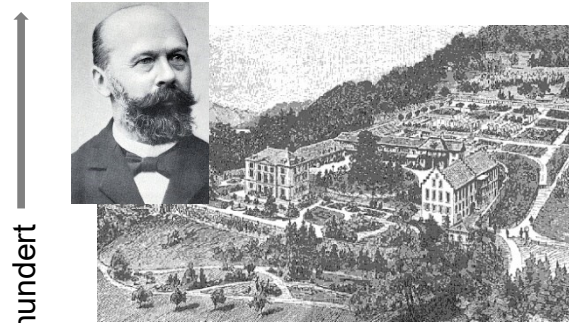
Erste Vf/Rvi6-schorffreistente Apfelsorte "Prima" aus dem kooperativen Züchtungsprogramm PRI, U.S.A.



Prof. Dr. Cesare Gessler  
ETH Zürich + Team + internationale Projekte  
Entwicklung von molekularen Markern und deren Anwendung in der Züchtung



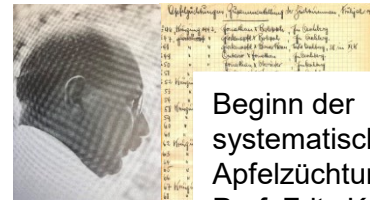
1998 Herausgabe Topaz, bis heute eine der erfolgreichsten Vf/Rvi6-schorffreistente Sorten



Gründung der Schweizerischen Versuchsanstalt für Obst- / Wein- und Gartenbau in Wädenswil, erster Direktor Hermann Müller-Thurgau



Erste Kreuzungen mit der Quelle der Vf/Rvi6-Schorffreistenz von *M. floribunda* 821 an der Universität von Illinois, U.S.A.



Beginn der systematischen Apfelmzüchtung durch Prof. Fritz Kobel



Dr. Markus Kellerhals  
Start der Resistenzzüchtung in der Schweiz



Erste Vf/Rvi6-schorffreistente Sorte "Ariwa" aus dem Schweizer Apfelmzüchtungsprogramm

Anfangs 19. Jahrhundert

1890

Anfangs 20. Jahrhundert

1914

1939

1970

1984

Anfang 1990

1996

1998



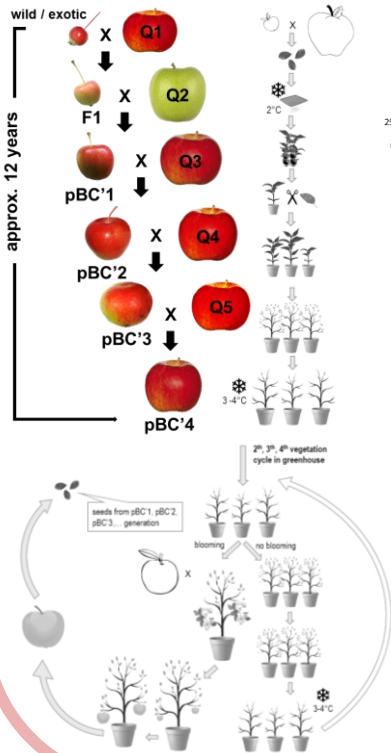


# Neue Züchtungsmethoden als Lösung?

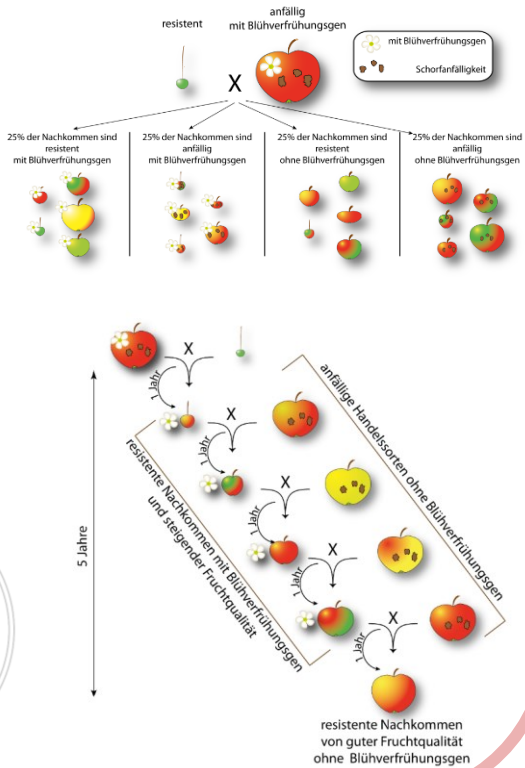
## Generationsbeschleunigung «Speed Breeding»

Beschleunigte Einkreuzung von Resistenzen aus Wildäpfeln in eine neue Apfelsorten durch Verkürzung der Juvenilität

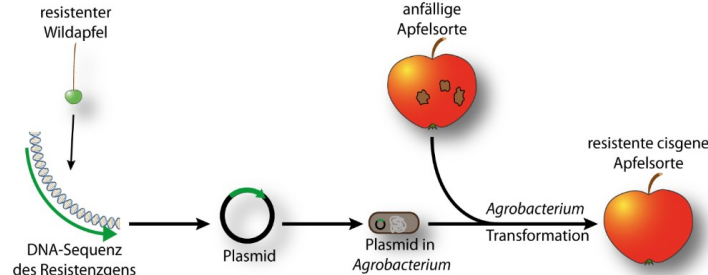
### «Fast Track»



### Early Flowering



## Cisgenese

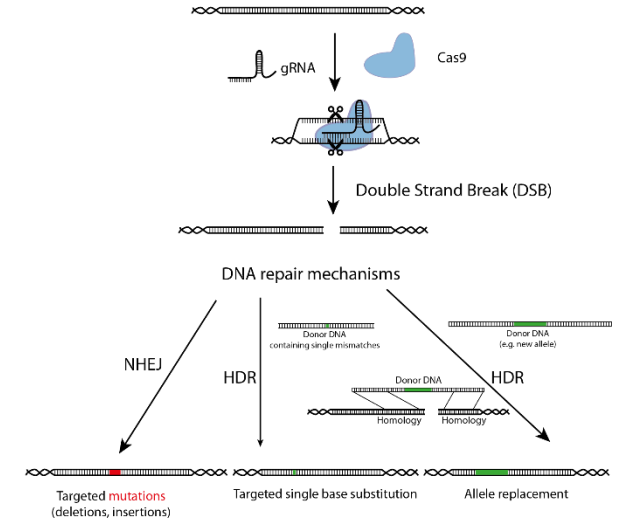


Cisgene Pflanzen sind gentechnisch modifizierte Pflanzen, die am Ende des Prozesses ein oder mehrere Gene aus kreuzbaren Organismen enthalten.

D.h. beim Apfel kann man nur Apfelgene einschleusen/einbauen.

Die restlichen Sorteneigenschaften bleiben dabei +/- unverändert.

## Genomeditierung



Verfahren zur gezielten Veränderung von Erbinformation in lebenden Pflanzenzellen.

Die restlichen Sorteneigenschaften bleiben dabei +/- unverändert.



# Herausforderungen in der Züchtung



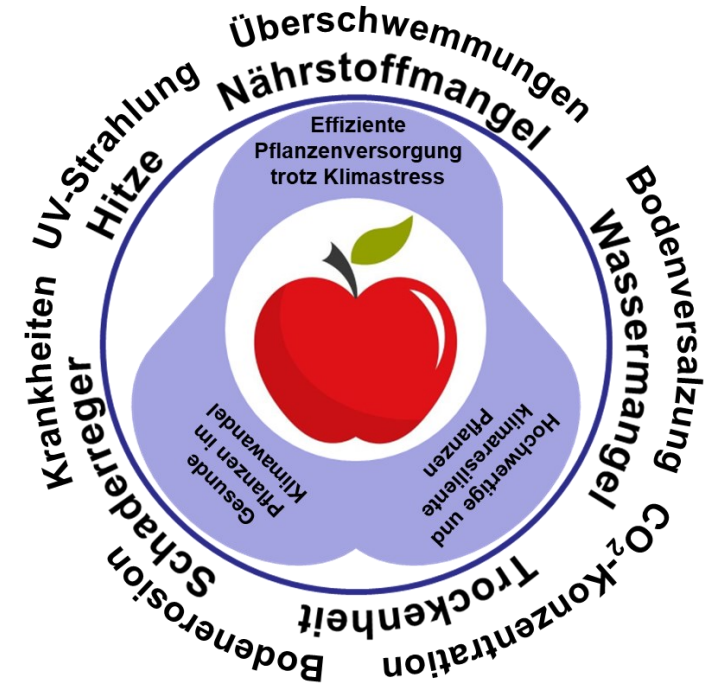


# Züchtung von klimaangepassten Sorten

- Forderung nach widerstandsfähigen Sorten...
  - Widerstandsfähig gegen... ?
- Der Klimawandel führt zur Erwärmung der Erde...
  - Trockenheitsresistenz? Hitzetoleranz? Low-Chill? ...
- Der Klimawandel führt zur Häufung von Extremereignissen...
  - trockenheits- oder überschwemmungsresistente Sorten? Frosttoleranz? ...
- Sorten mit einer kurzen Regenerationszeit?
- Sorten mit einer erhöhten Effizienz in der Nutzung der eingesetzten Ressourcen?
- Sorten mit einer hohen Ertrags- und Qualitätsstabilität?
- Sorten mit einer erhöhten Toleranz oder Resistenz?
- Adaption an neue Produktionssysteme?



**Früher oder später wird der Klimawandel zu Veränderung / Verschiebung der Vegetationsperiode und der Anbauregionen führen.**





# Einfluss des Klimawandels auf die Phänologie

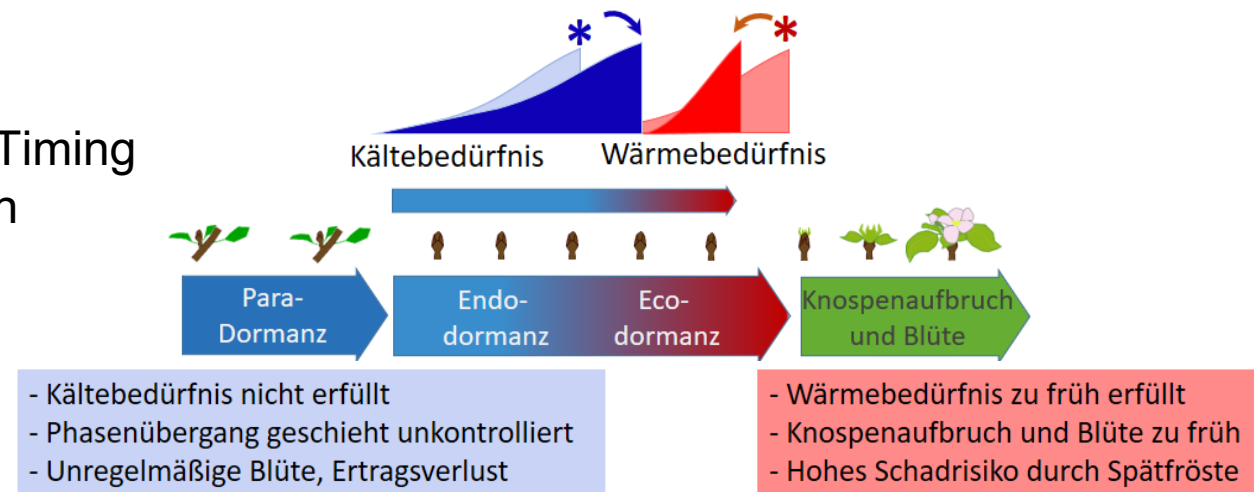
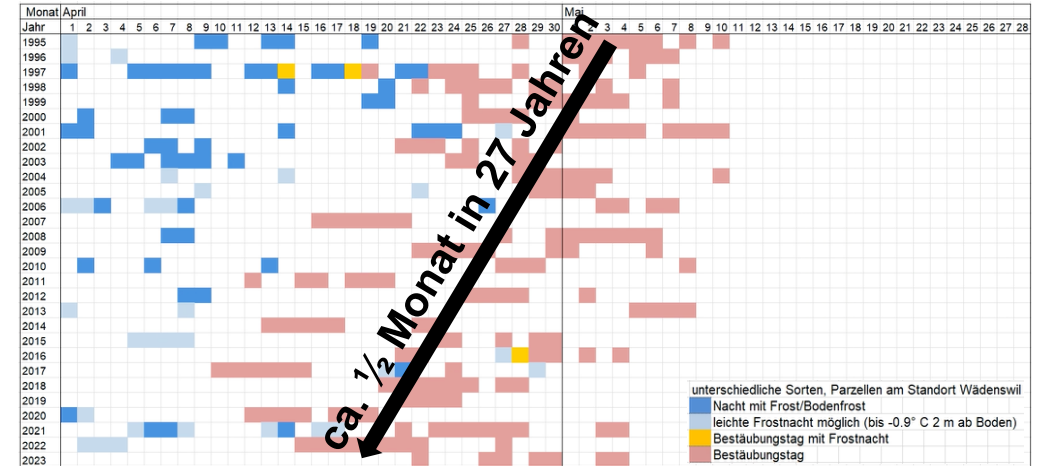
## Die Phänologie → Trend zur früheren Blüte

- Negative Folgen des frühen Blühzeitpunkts
  - Zusammentreffen von Spätfrostereignissen und hoch empfindlichen frühen Entwicklungsstadien der Blüten und Früchte
- Durch die höheren Temperaturen im Winter → **Kältebedürfnis nicht erfüllt**
- Durch die höheren Temperaturen im Frühling → **Wärmebedürfnis zu früh erfüllt**

⇒ Identifizierung von Regionen im Genom, welche das Timing der Dormanz und des Knospenaufbruchs kontrollieren

⇒ Grundlagen für eine effiziente Züchtung von Apfelsorten mit geringerem Risiko für Ertragseinbussen bei Spätfrostereignissen

Zeitpunkt der Bestäubung in der Apfelzüchtung: 1995 bis 2023 Standort Wädenswil





# Resilienz – versus robuste Sorten

- **Resilienz (Ökologie):** Ist die Fähigkeit eines Ökosystems sein Zustand trotz der Einwirkung von Stress/eines Schocks zu bewahren. *(Crawford Stanley Holling, 1973)*



**Resilienz bezieht sich also immer auf ein System, nicht auf eine einzelne Sorte.**

**In der Landwirtschaft sind Systeme gesucht die resilient, stabil und produktiv sind:**

- **Resilienz:** Widerstandsfähigkeit eines Anbausystems eine Krise mit möglichst hohen Erträgen zu überstehen
- **Stabilität:** minimale Variabilität der Erträgen in normalen Jahren
- **Produktivität:** hoher Durchschnittsertrag in normalen Jahren  
*(Picasso et al. 2019, crop science, vol. 59)*
  - **Stabilität** und **Resilienz** korrelieren stark mit dem Standort → angepasste Sortenwahl
  - **Produktivität** kann negativ mit der **Resilienz** gekoppelt sein
  - **Krankheitsresistenz** ist ein Teilfaktor der **Resilienz** und stark vom vorherrschenden **Krankheitsdruck** abhängig



**Sorten-Diversität kann zu einer erhöhten Resilienz eines Agrarsystems beitragen, indem sie den externen Stress/Schock abfedert.** *(Snyder et al. 2020, frontiers in sustainable food systems, vol. 4)*



# Take-Home Message: Strategien für eine dauerhafte Resistenz/Toleranz







**angepasste  
Pflanzenschutz  
Strategie**

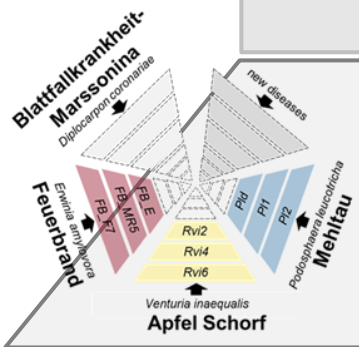




**Mono- versus Mischkultur**

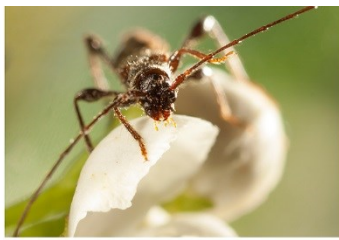


**Standort  
angepasste  
Kombination von  
Sorten und Anbautechniken**



**Sortenvielfalt / robuste Sorten / Kombination  
von Monogenen- und Teilresistenzen**





# Danke für Ihre Aufmerksamkeit

**Simone Bühlmann-Schütz & Team**  
simone.buehlmann-schuetz@agroscope.admin.ch

**Agroscope** gutes Essen, gesunde Umwelt  
www.agroscope.admin.ch



An  
**APPLE**  
a day keeps  
the doctor away

