



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Wirtschaft,
Bildung und Forschung WBF

Agroscope

Apfelzüchtung heute und morgen

Simone Bühlmann-Schütz & Team





AGROSCOPE

AGROSCOPE Agroscope ist das Kompetenzzentrum des Bundes für landwirtschaftliche Forschung und ist dem Bundesamt für Landwirtschaft angegliedert.



Kompetenzbereiche (3)

Tiere, tierische Produkte & Schweizer Nationalgestüt

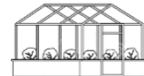
Pflanzen & pflanzliche Produkte

Methodenentwicklung & Analytik

Strategische Forschungsbereiche (7)



Pflanzenzüchtung



Produktionssysteme Pflanzen



Pflanzenschutz



Produktionssysteme Tiere & Tiergesundheit



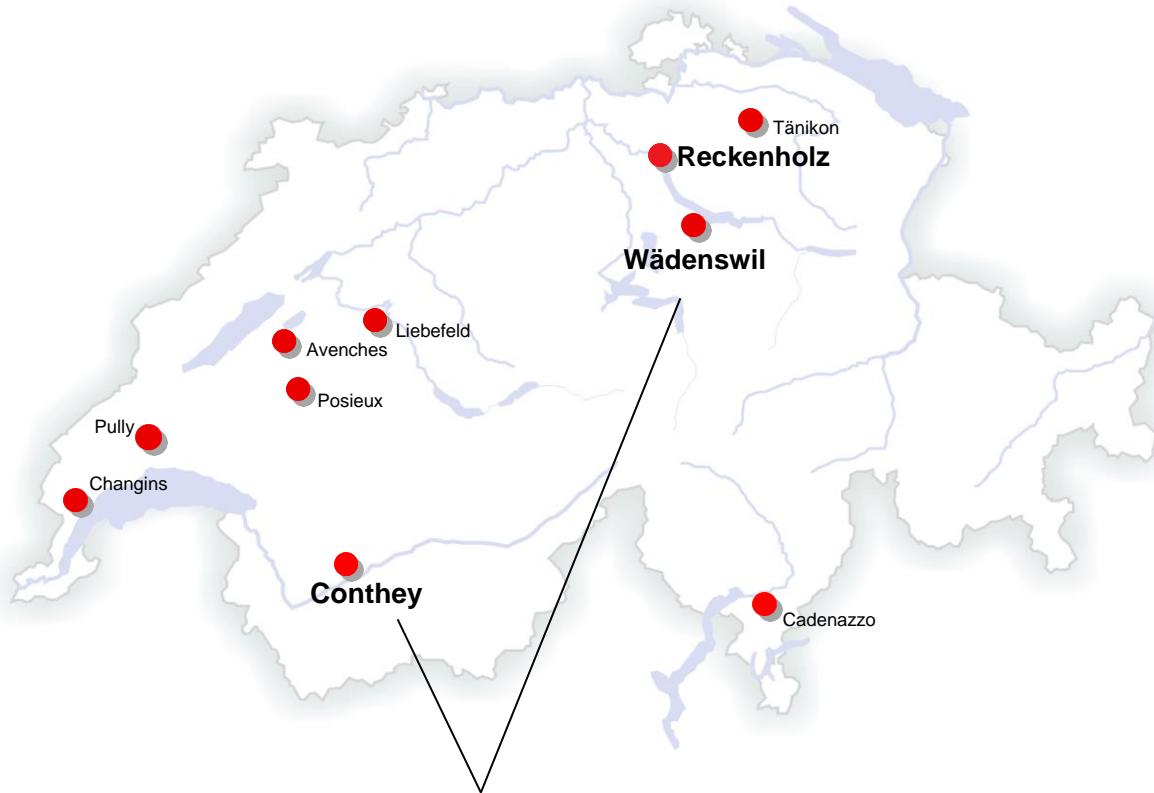
Mikrobielle Systeme von Lebensmitteln



Agrarökologie & Umwelt



Nachhaltigkeitsbewertung & Agrarmanagement



Forschungsgruppe «Obstzüchtung»



Obstzüchtung bei AGROSCOPE



Obstzüchtung

Sortenprüfung Obst



Leitung FG
«Obstzüchtung»
Andrea Patocchi

Simone Bühlmann-Schütz



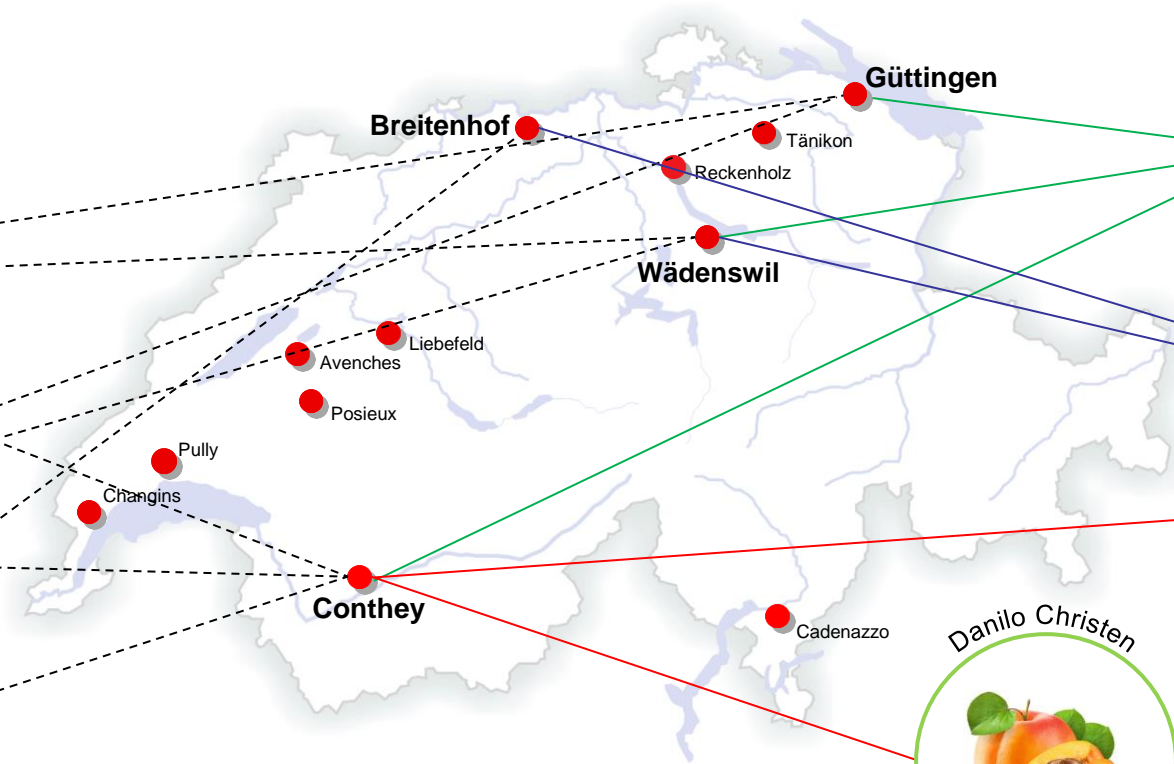
Damien Tschopp



Danilo Christen



Leitung FG «Obstkulturen im Alpenraum»



Samuel Cia



Moritz Köhle



Louis Sutter



Danilo Christen



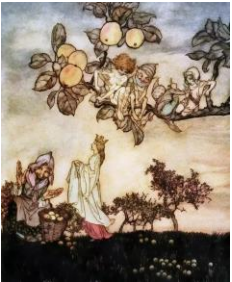


Lange Tradition – ein Handwerk im Wandel



Seidenstrasse

Quelle: South Tyrol Apple Consortium, 2022



Holzapfel (*Malus sylvestris*)



Sesshaftigkeit, Ackerbau und Viehzucht

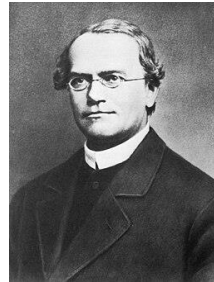
Selektion von Pflanzen

v. Chr.



Thomas Andrew Knight
Britischer Botaniker
und Pomologe

Beginn 19. Jh.



Mendelschen
Regeln der
Vererbung

1866



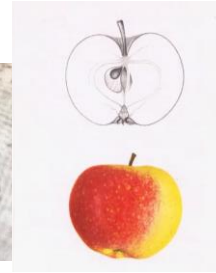
Gründung der Schweizerischen
Versuchsanstalt für Obst- / Wein-
und Gartenbau in Wädenswil, erster
Direktor Hermann Müller-Thurgau
→ Systematische Kreuzungen beim Obst

1891



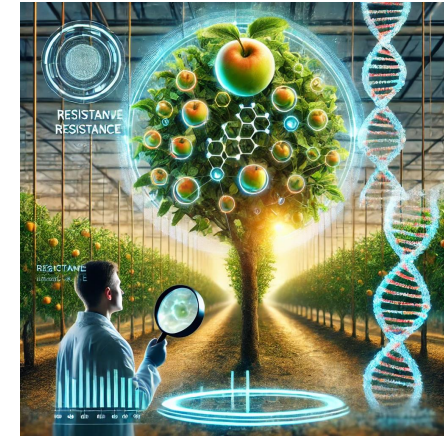
Prof. Fritz Kobel
Herausgeber des
Schweizer Orangen Apfels

1939



Dr. Markus Kellerhals
Start der Resistenzzüchtung

1984



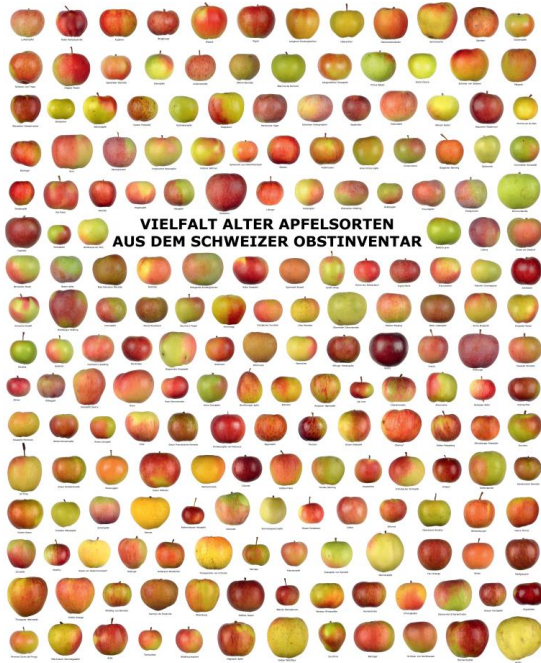
2050

?



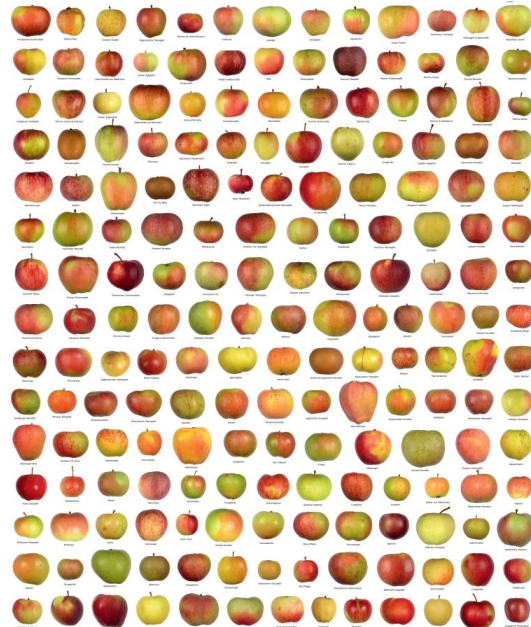
Diversität in der CH - früher und heute

Schweizer Apfel Genressourcen
ca. 1200 Akzessionen



VIelfalt ALTER APFELSORTEN
AUS DEM SCHWEIZER OBSTINVENTAR

→ dargestellt sind
390 Sorten aus
dem Schweizer
Obstinventar



Aktuelle Sorten



29%

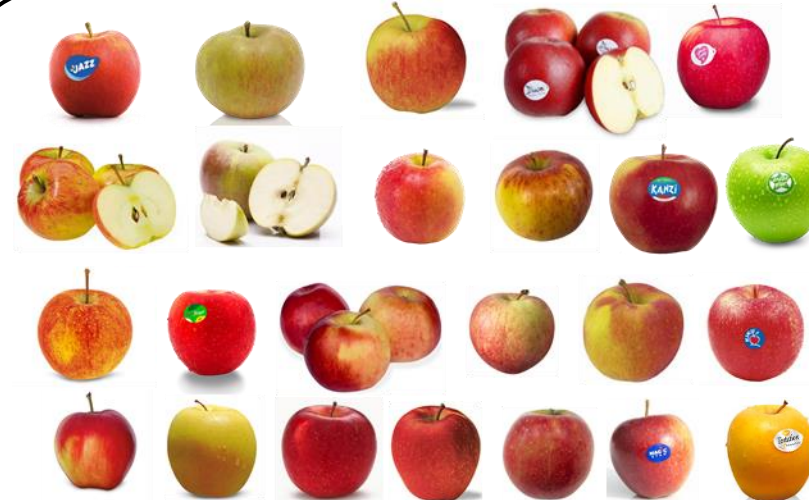


10.5%



10%

3 Sorten ca. 50%
der Anbaufläche



weitere 24
Sorten ca. 40%
der Anbaufläche



= 27 Sorten 90% der Anbaufläche

Anbaufläche CH 2023: ca. 3307.4 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

Agroscope

Agroscope



Was haben diese drei Sorten gemeinsam?



«Gala»



«Golden Delicious»



«Braeburn»



...sie sind alle krankheitsanfällig!

- Die Produktion dieser Apfel-Sorten erfordert einen beträchtlichen Einsatz von chemischen und biologischen Pflanzenschutzmitteln im konventionellen wie auch im biologischen Anbau
 - hoher Anteil der Frucht an Zucker ca. 10% & Wasser ca. 85%
 - lediglich durch eine dünne Schale vor Schaderregern geschützt
 - lange Lagerung des unverarbeiteten Produkts
 - Konsumenten erwarteten ganzjährig hohe Qualität
- Dies sollte bei der Entwicklung neuer Sorten unbedingt berücksichtigt werden

- Ein wichtiger Lösungsansatz dafür ist

die Resistenzzüchtung



Quelle: South Tyrol Apple Consortium, 2022



Zuchtziele und Herausforderungen in der Züchtung

gute Lagerfähigkeit & Shelf-Life

Saftigkeit
Attraktivität
Fruchtfleisch-
beschaffenheit

Grösse & Form

Geschmack Ausfärbung Aussehen
äussere & innere Qualität Aroma

Shelf-Life

Haltbarkeit

Homogenität

physiologische Schäden

Erntezeitpunkt

Ertragsstabilität

Pack Out

Energieeffizienz

Schnitt

**Produktivität
stabile hohe Erträge**

**homogene & gute
Fruchtqualität**

Lebensmittelallergien

Konsumentenakzeptanz

Alleinstellungsmerkmal Politik

Vermarktungskonzept

Vorgaben

Preis

Verarbeitung

regional

Klimawandel

Nachhaltigkeit

innovativ

rückstandsfrei

Handel mehrjährige Kultur

umweltschonend

Bekanntheit

Monokultur

**resistent / robust
gegen Krankheiten &
Schädlinge**

Frost- oder Hitzetoleranz

standortangepasst

Erziehungssystem

Unterlage Ausdünnung

Baumvermehrung

Arbeitseffizienz

dauerhaft

Baumform

Blühzeitpunkt

Krankheiten

Resilienz

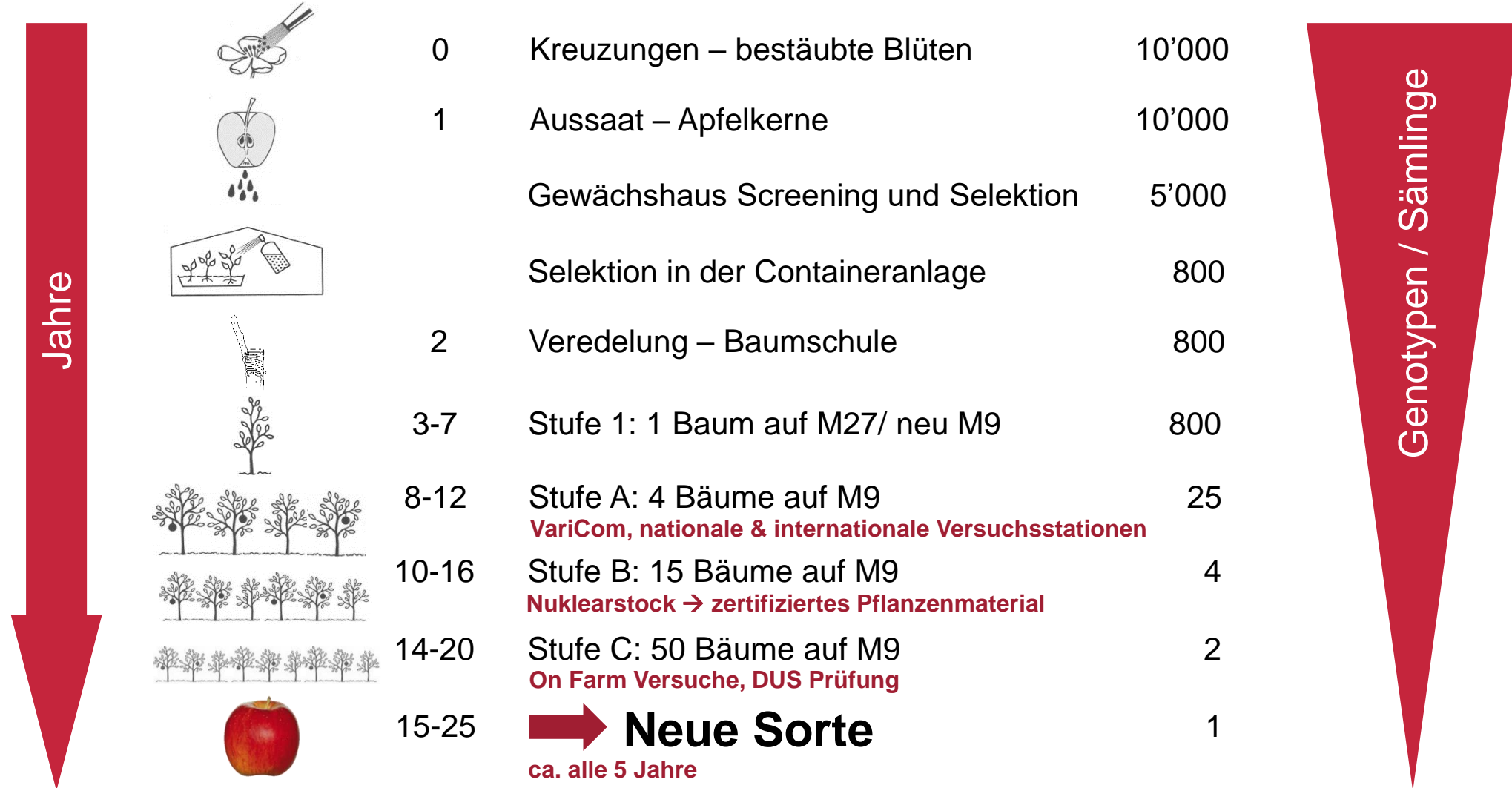
Abiotische
Stressfaktoren

Schädlinge





Ablauf der Apfelzüchtung Agroscope





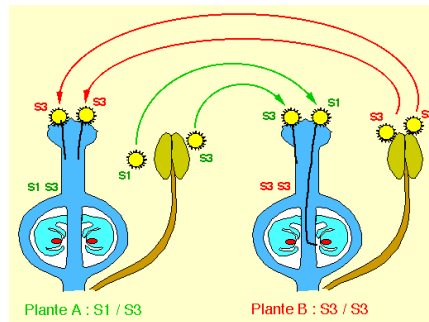
Ablauf der Apfelzüchtung Agroscope



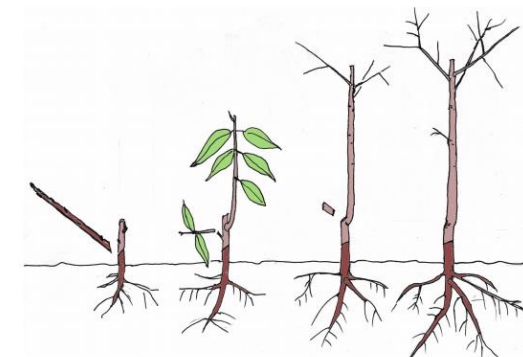


Selbstinkompatibel → Vegetative Vermehrung

- Der Apfel ist selbstinkompatibel → Blüten einer Sorte werden «nicht» mit dem Pollen derselben Sorte befruchtet
- Äpfel/Samen entstehen ausschliesslich bei einer Befruchtung mit fremdem Pollen einer oder mehrerer Sorten
- Vegetative Vermehrung durch Pfropfen / Veredeln auf eine Unterlage
- Lange juvenile Phase von 4 bis 5 Jahren bis zur ersten Bewertung der Fruchtqualität
- Nachkommen (Sämlinge) können sich stark von beiden Eltern unterscheiden → Segregation



- einhäusig (monözisch, männliche und weibliche Blüten an einer Pflanze)
- Zwitterblüten (zweigeschlechtige Blüten, weiblich = Fruchtblätter, männlich = Staubblätter)



- Reiserschnittbäume
- Unterlagen Mutterbeet



Segregierende Nachkommenschaften

Fiesta x Discovery





Ablauf der Apfelzüchtung Agroscope

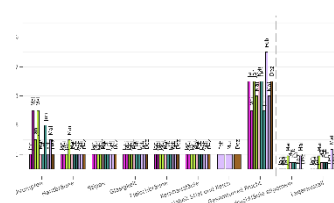
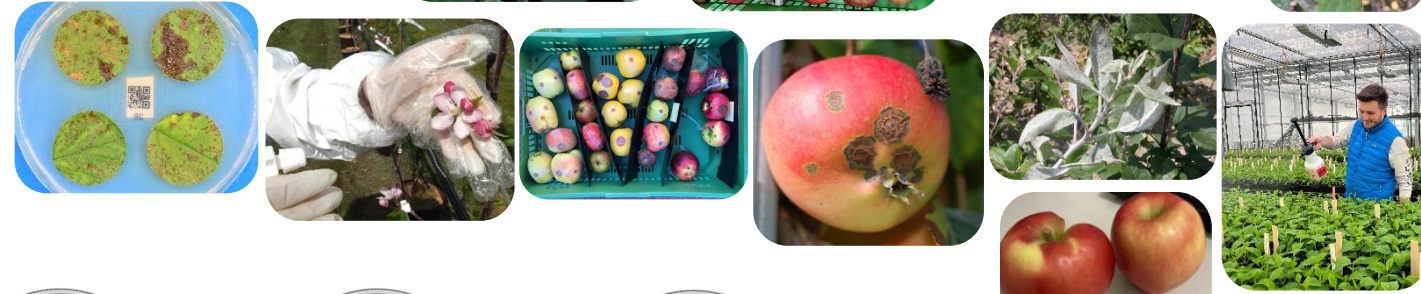


🇨🇭 Selektion der Nachkommen

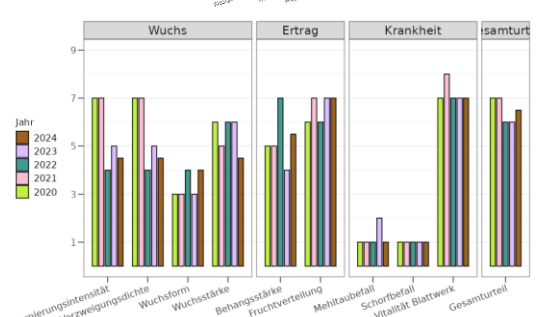
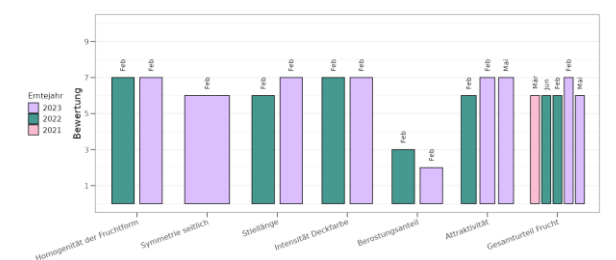
Phänotypische Prüfung

mehrfährige Beobachtung und Analyse...

- Krankheits-Screenings
- Selektion in der Topfanlage
- Bonitur und Selektion im Feld
- Degustation von Fruchtmustern
- Kalibration und Analytik
- Lagerversuche
- Sensorik
- nationales und internationales Netzwerk
- Konsumententest



Jahr	Ernte-datum	Zucker [°Brix]	Säure [g/L]	Festigkeit [kg/cm ²]	Stärke Index [Jod-Test 1-10]
2021	22.10	11.00	6.75	9.09	6.96
2022	10.10	13.57	7.05	8.42	5.43
2023	20.10	10.07	7.00	8.47	4.80
2024	14.10	12.45	7.35	8.17	6.82





Agroscope Tafelapfelsorten

Schweizer Orangen

Kreuzung 1935
Herausgabe 1955



Maigold

Kreuzung 1944
Herausgabe 1964



Goro

Kreuzung 1951
Herausgabe 1973



Arlet

Kreuzung 1958
Herausgabe 1984



Iduna

Kreuzung 1971
Herausgabe 1993



Marina

Kreuzung 1970
Herausgabe 1993



Galmac

Kreuzung 1986
Herausgabe 1996



Ariwa

Kreuzung 1986
Herausgabe 1996



Milwa-Diwa® Junami®

Kreuzung 1982
Herausgabe 2002



La Flamboyante Mairac®

Kreuzung 1986
Herausgabe 2002



CH 101-Galiwa®

Kreuzung 1992
Herausgabe 2011



Ladina

Kreuzung 1999
Herausgabe 2012



Mariella

Kreuzung 1982
Herausgabe 2013



Rustica

Kreuzung 1994
Herausgabe 2014



Iori

Kreuzung 1999
Herausgabe 2023



Schorfresistenz (Rvi6)

Schorfresistenz (Rvi6)

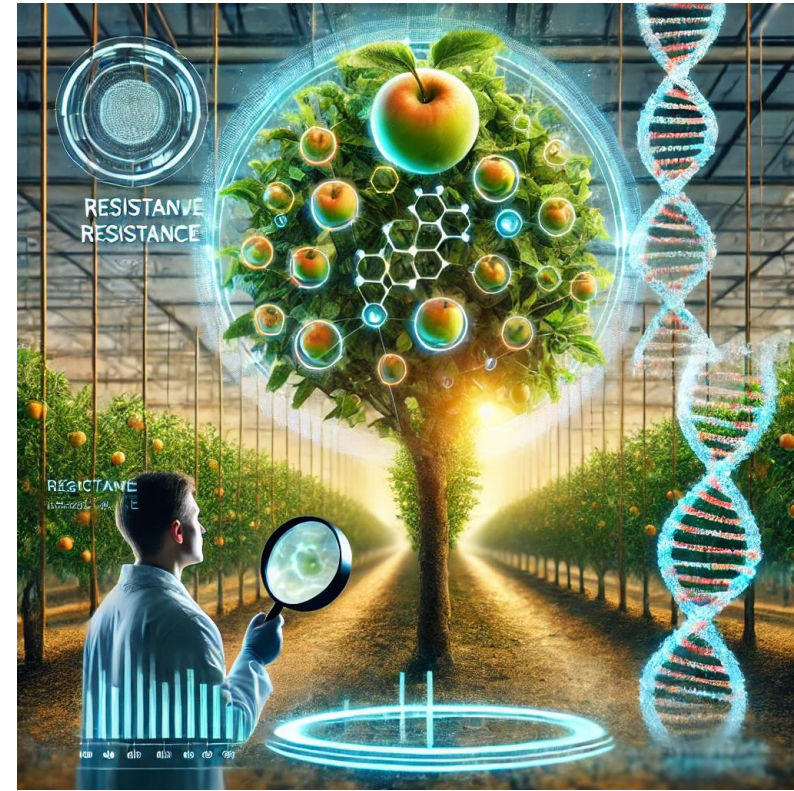
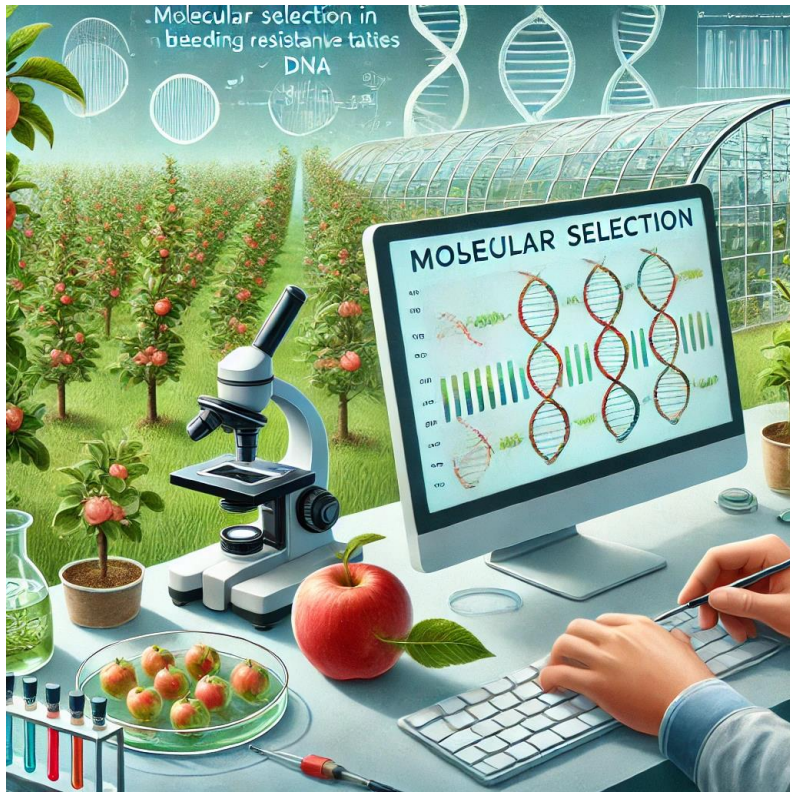
Schorfresistenz (Rvi6)
Feuerbrandtolerant (FB_F7)

Schorfresistenz (Rvi6)

Schorfresistenz (Rvi6)



Moderne Methoden in der Züchtung



Quelle: Bilder erstellt mit ChatGPT



Hauptkrankheiten beim Apfel in unserer Region

Robustheit / Teilresistenz: Genetische Ressourcen & moderne Sorten

Hauptresistenz (monogen): Hauptsächlich Wildäpfel & diverses Zuchtklone



Blatt- & Fruchtschorf
Venturia inaequalis

Mehltau
Podosphaera leucotricha

Feuerbrand
Erwinia amylovora



**diverse
Blattläuse**



Obstbaumkrebs
Neonectria galligena



Blattfallkrankheit
Diplocarpon coronariae



**diverse
Schädlinge**



**diverse
Lagerkrankheiten**

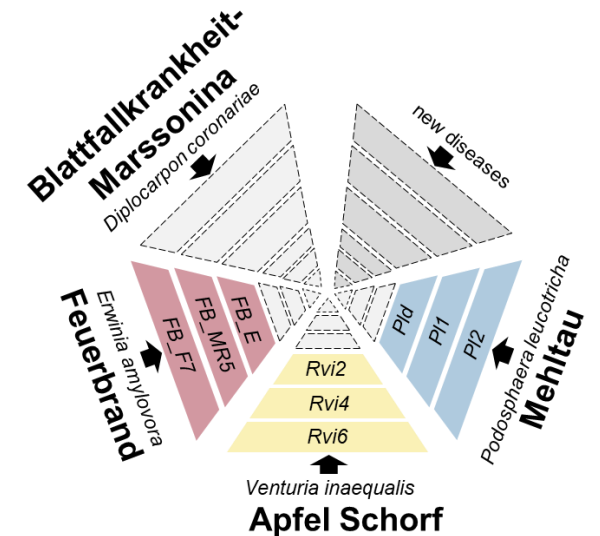


... und viele mehr...



Resistenzzüchtung

- Verwandte Wildarten mit monogener/qualitativer Resistenz
- Alte Sorten mit einem hohen Niveau an Robustheit («quantitativ oder qualitativ»)
- Moderne Sorten oder Zuchtklone mit einem hohen Niveau an Robustheit («quantitativ oder qualitativ»)
- Stetige Integration der neusten Erkenntnisse aus der Züchtungsforschung



pyramidiert / stacked

R-Gene gegen die gleiche Krankheit / Schädling

kombiniert

R-Gene gegen verschiedene Krankheiten / Schädlinge



versus



Phänotypisierung

Künstliche Inokulation im

- Labor
- Gewächshaus
- Feld

Bonitur im Feld

- mit PMS
- ohne PSM

Genotypisierung

Molekulare Marker

- SSR or SCAR Marker
- SNP (single nucleotide polymorphism)

Genomische Selektion

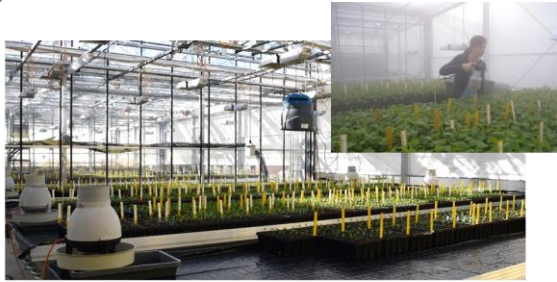
- SNP array
(Infinium® 20K SNP array or Affymetrix Axiom® Apple 480K SNP array)



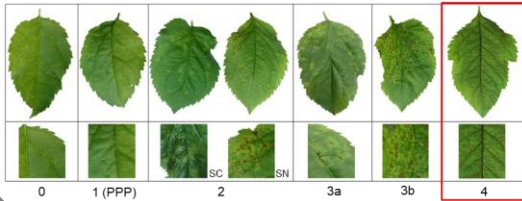
Weltweit vernetzt



Krankheitstests – künstliche Inokulation



Apfelschorf



→ Suche nach möglichen Resistenzquellen



Lentizellenfäulnis
(*Neofabraea* spp.)



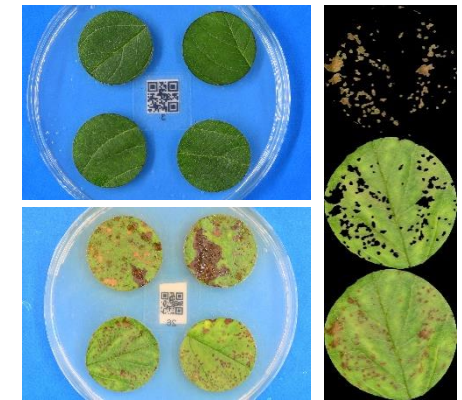
Triebtestung

Feuerbrand



Blütentestung

→ Entwicklung eines Tests und Suche nach möglichen Resistenzquellen



Marssonina Blattfallkrankheit
(*Diplocarpon coronariae*)



Markergestützte Selektion (MAS)

~~Phänotypische Prüfung /
Selektion~~



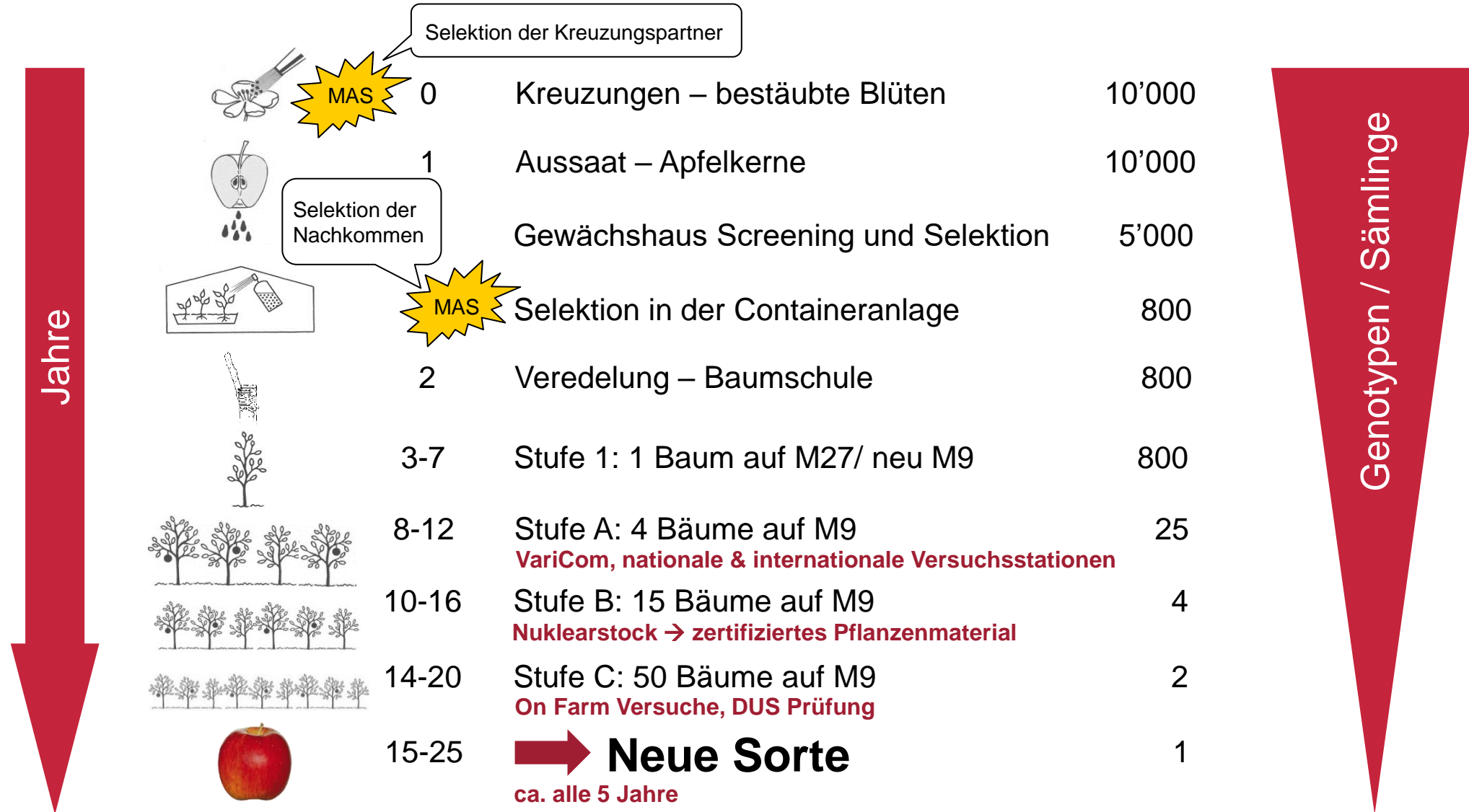
Markergestützte Selektion



... phänotypische Prüfung
entfällt für gewisse
Eigenschaften



Ablauf der Apfelzüchtung Agroscope



Genotypen / Sämlinge



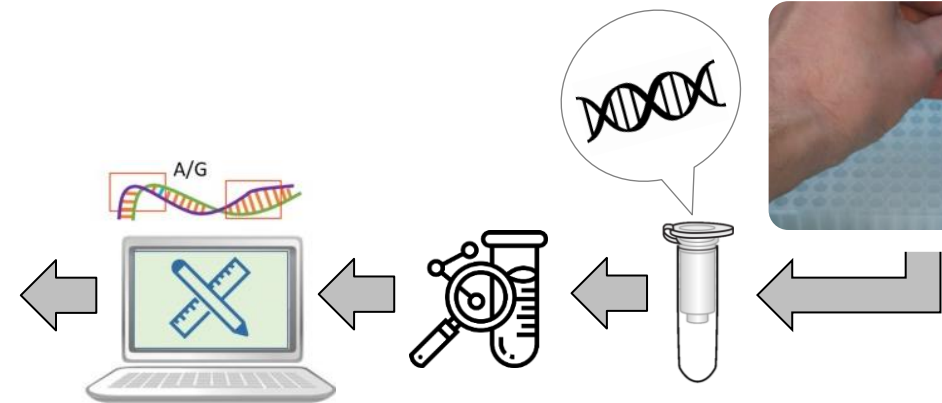
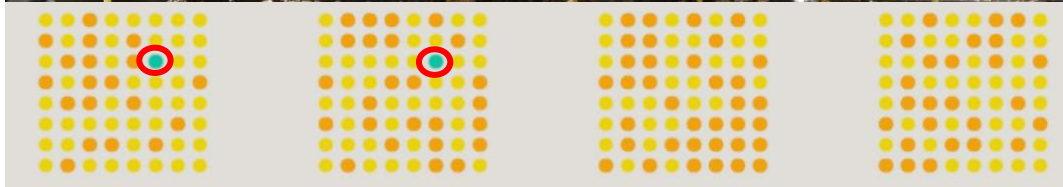
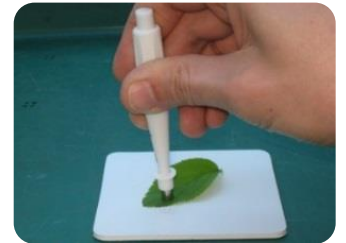
Markergestützte Selektion (MAS)

Möglich für bekannte monogene/qualitativ oder quantitative (QTL) Resistenzen

- Schorf
- Mehltau
- Feuerbrand
- ...

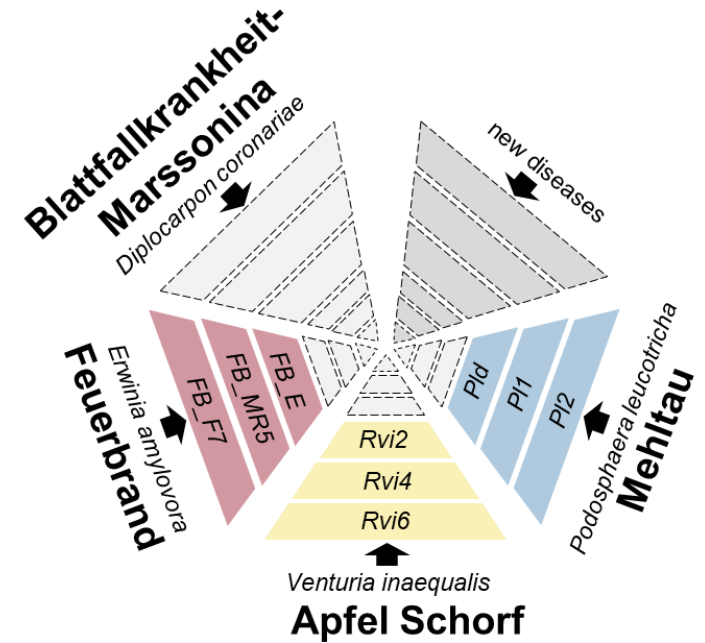
... und einige Qualitätsmerkmale (qualitativ oder quantitativ)

- Anteil roter Deckfarbe
- Erntezeitpunkt
- ...

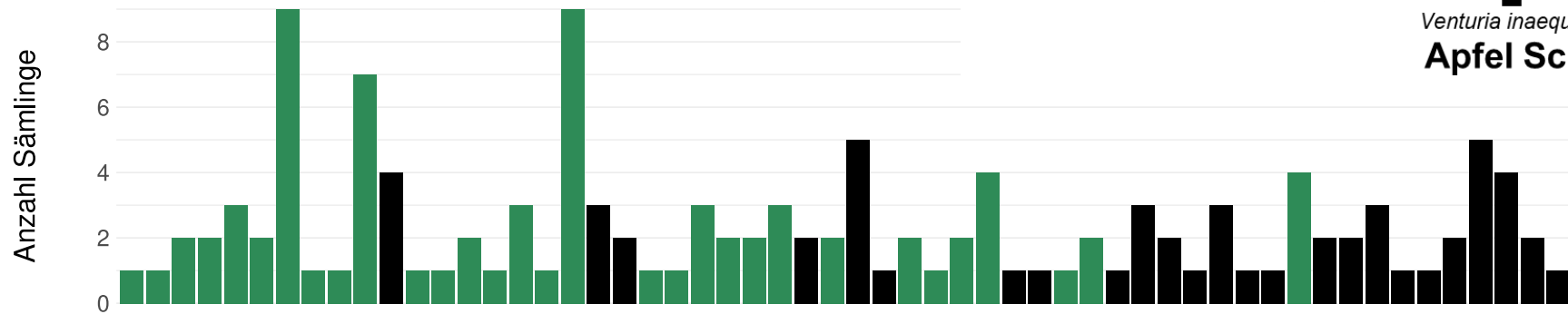




Markergestützte Selektion (MAS)

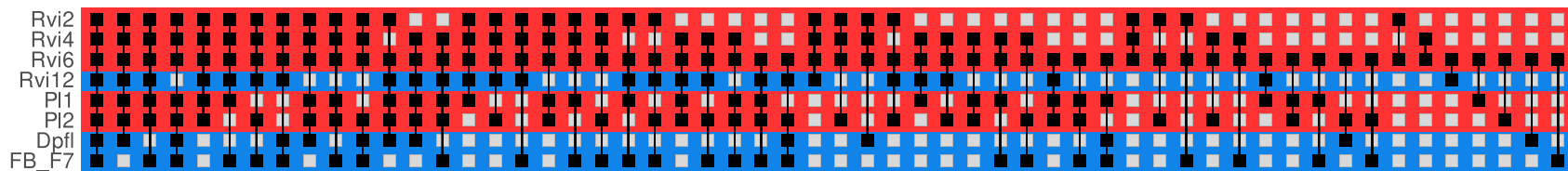


nicht selektiert
 selektiert

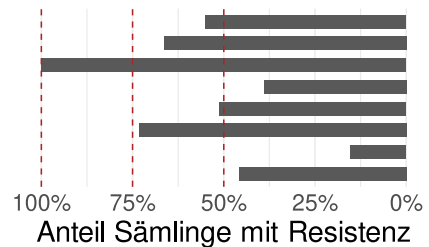


2330

ACW 24868 (Rvi2-Rvi4-Rvi6Rvi6-PI1-PI2-Pld-MdACS1-MdPG1-MYB10medium) X ACW 27682 (Rvi12-Dpfl-FB_F7-MdPG1-MYB10low)



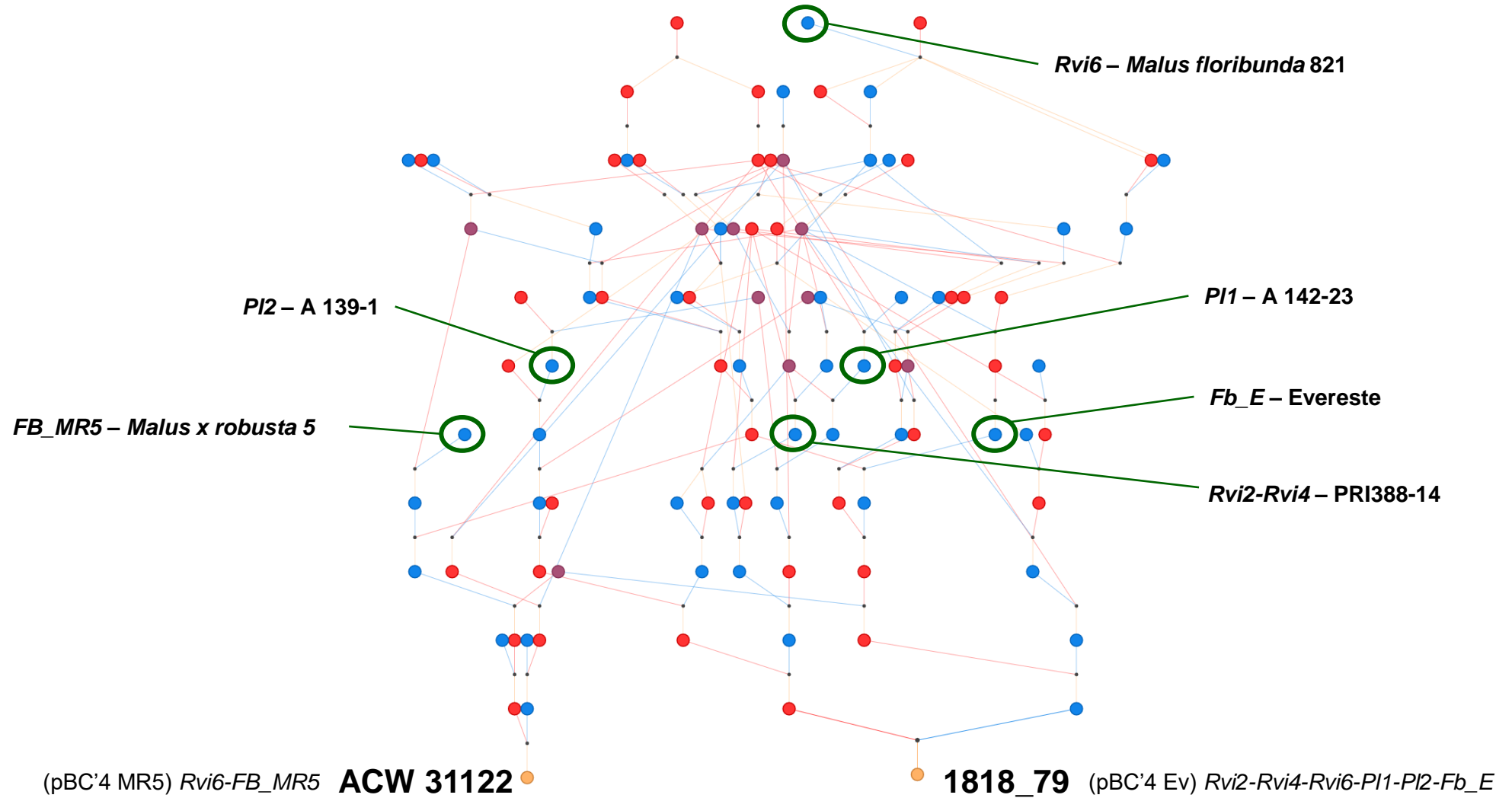
Mutter
 Vater



Marker-Kombination

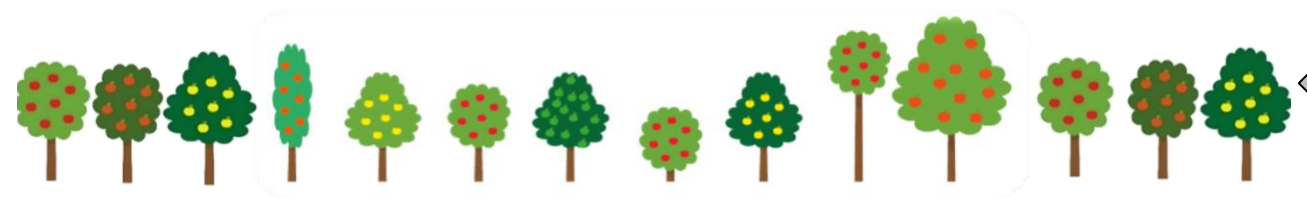
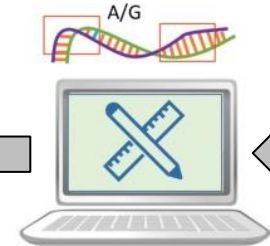
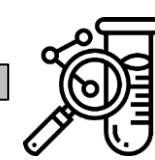
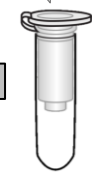
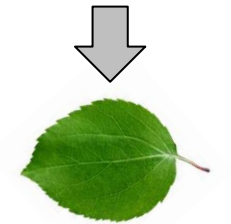
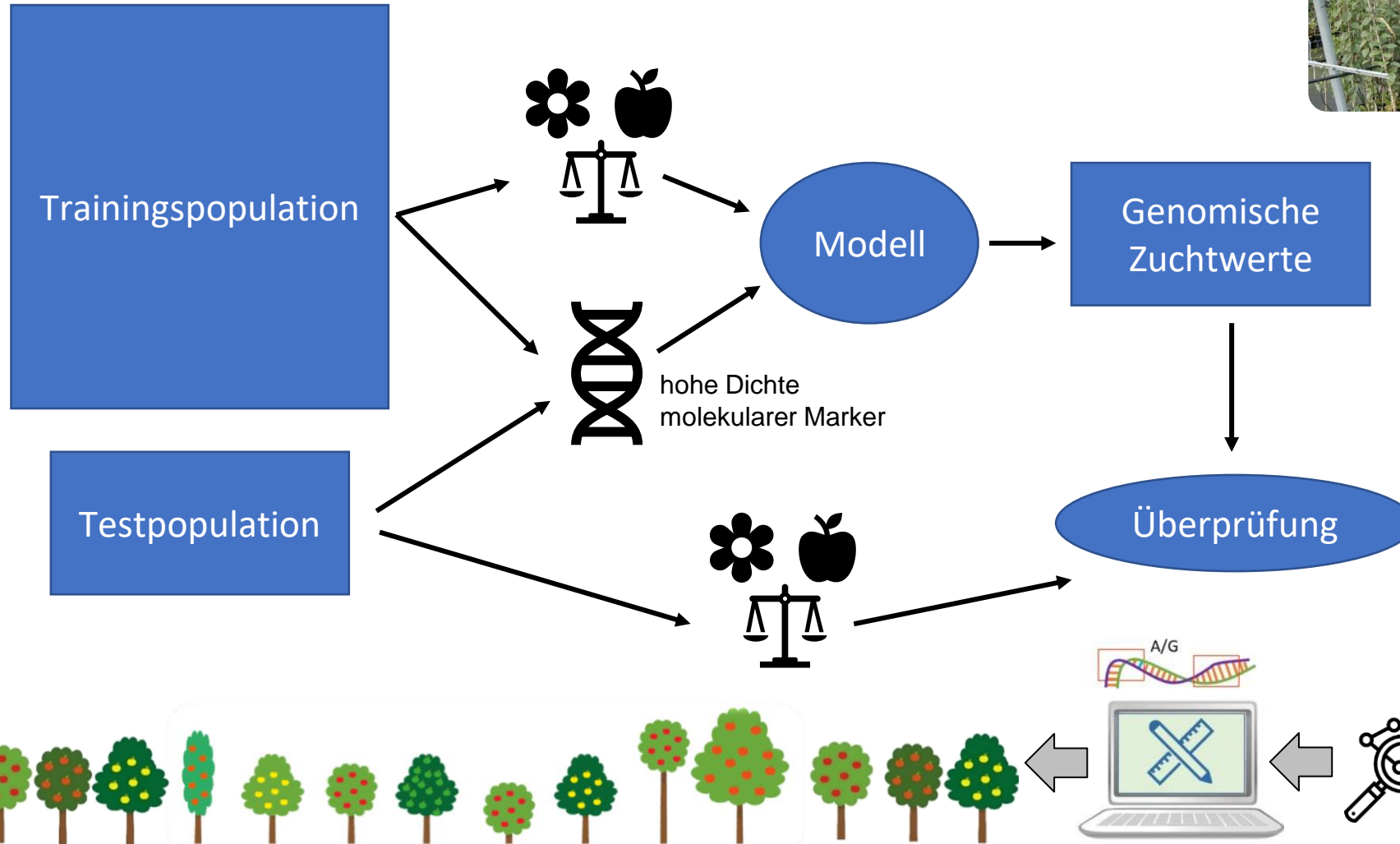


Markergestützte Selektion (MAS)





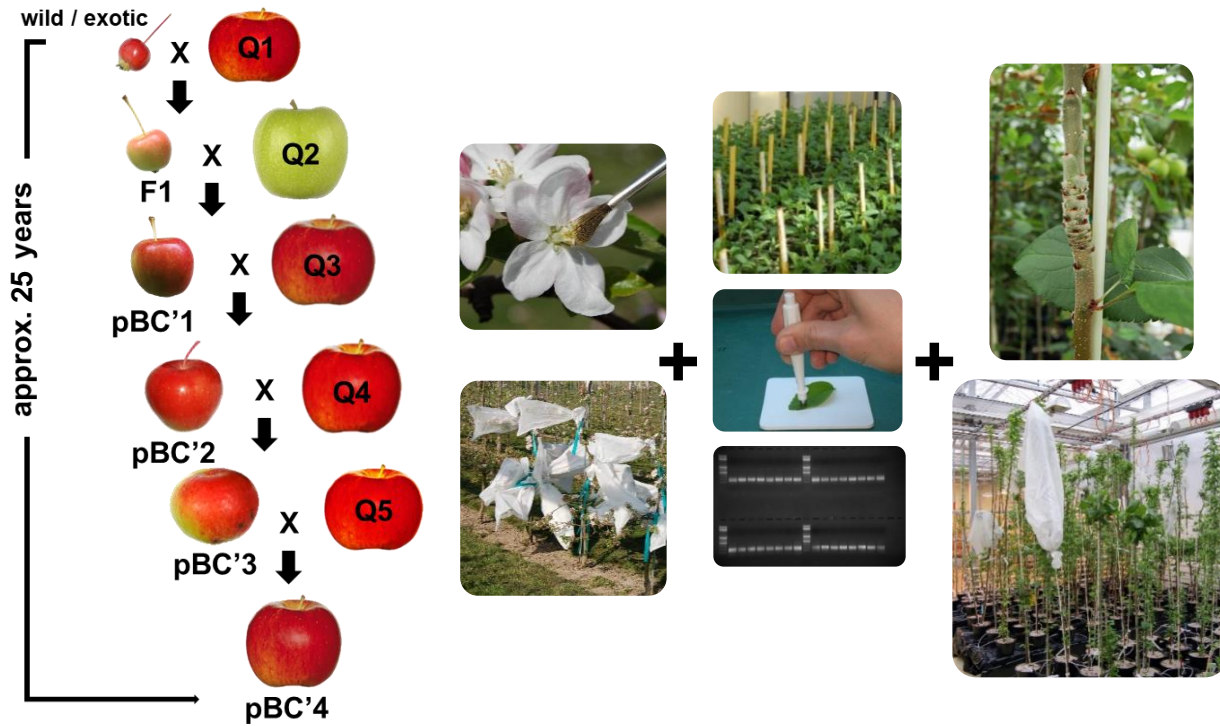
Entwicklung der genomischen Sektion (GS) für eine Vielzahl von Merkmalen





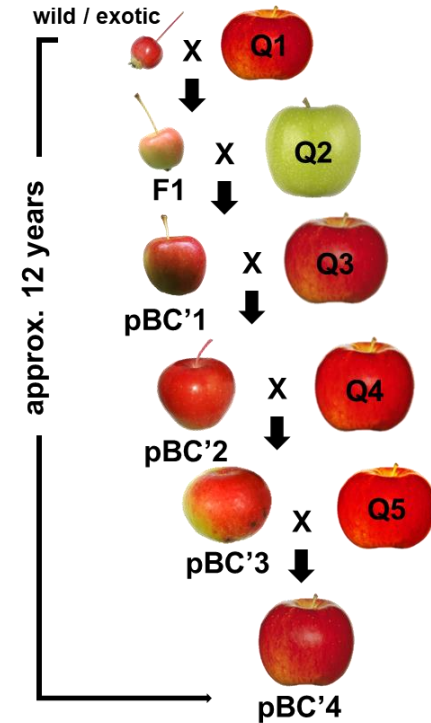
Generationsbeschleunigung «*Low Input Fast-Track*» beim Apfel

Klassisch im Feld



klassische Züchtung
starke Resistenz aus
Wildäpfeln oder
exotischem Material
Markergestützte Selektion
kontrollierte Bedingungen
im Gewächshaus
Künstliche Winterruhe im
Kühlraum
bei Agroscope beim Apfel
seit 2008 in Anwendung

«Fast-Track»



➔ Verkürzung der Generationszeit von
4 bis 5 Jahre ➔ ca. 2.5 Jahre
im Feld im Gewächshaus



Neue Züchtungsmethoden

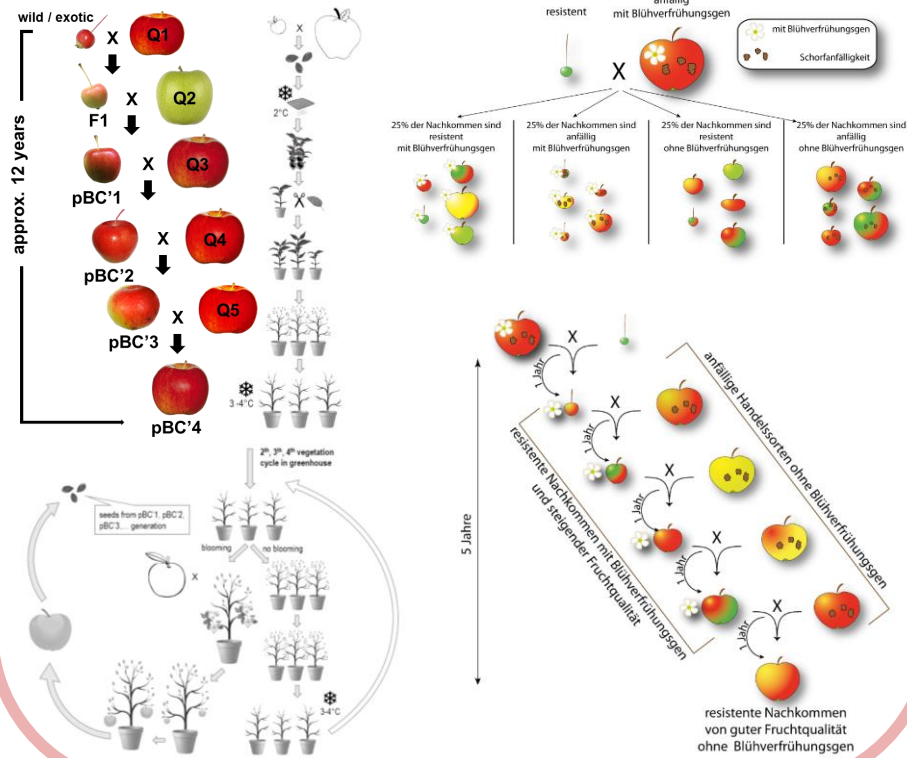
Generationsbeschleunigung

«Speed Breeding»

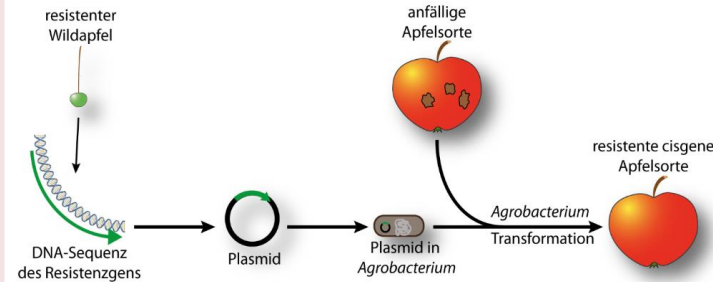
Beschleunigtes Einkreuzen von Resistenzen aus Wildäpfeln in eine neue Apfelsorten durch Verkürzung der Juvenilität

«Fast Track»

Early Flowering



Cisgenese

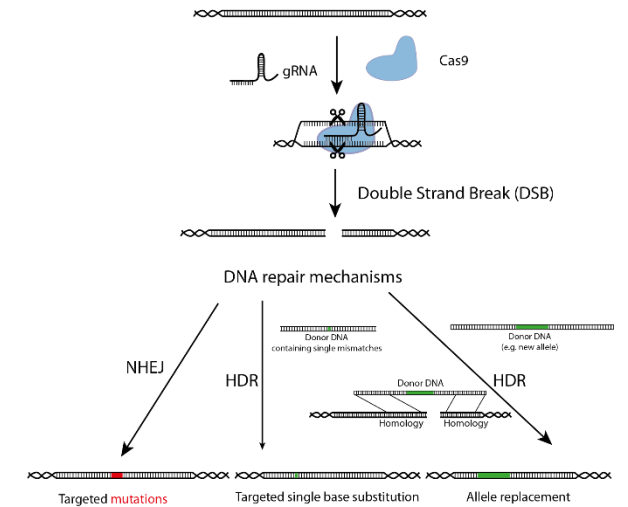


Cisgene Pflanzen sind gentechnisch modifizierte Pflanzen, die am Ende des Prozesses ein oder mehrere Gene aus kreuzbaren Organismen enthalten.

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.

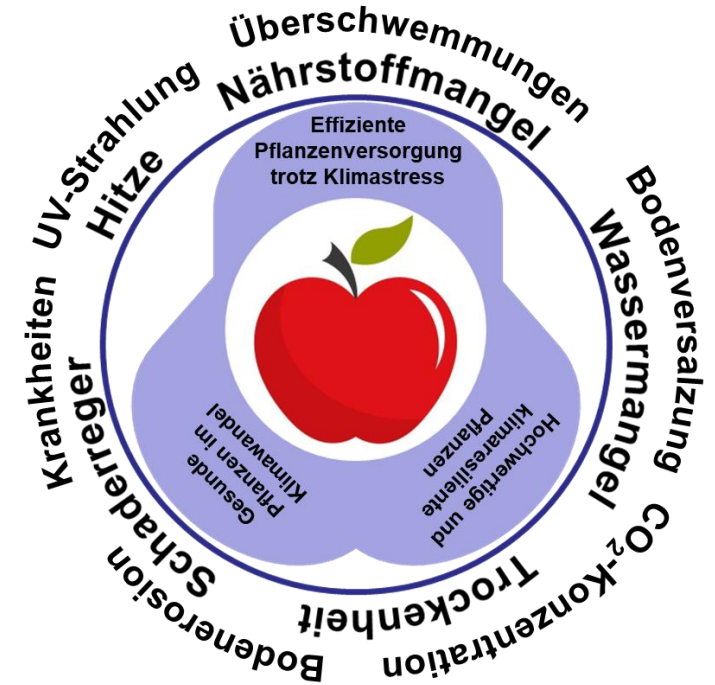


Züchtung von klimaangepassten Sorten

- 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

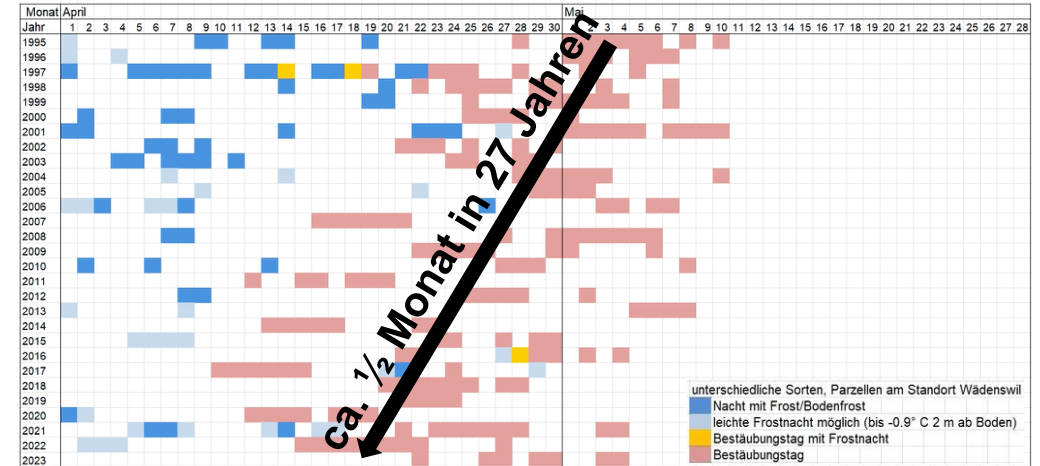
Die Phänologie → Trend zur früheren Blüte

- 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 (für CH nicht relevant)**
- Durch die höheren Temperaturen im Frühling
→ **Wärmebedürfnis zu früh erfüllt (für CH relevant)**

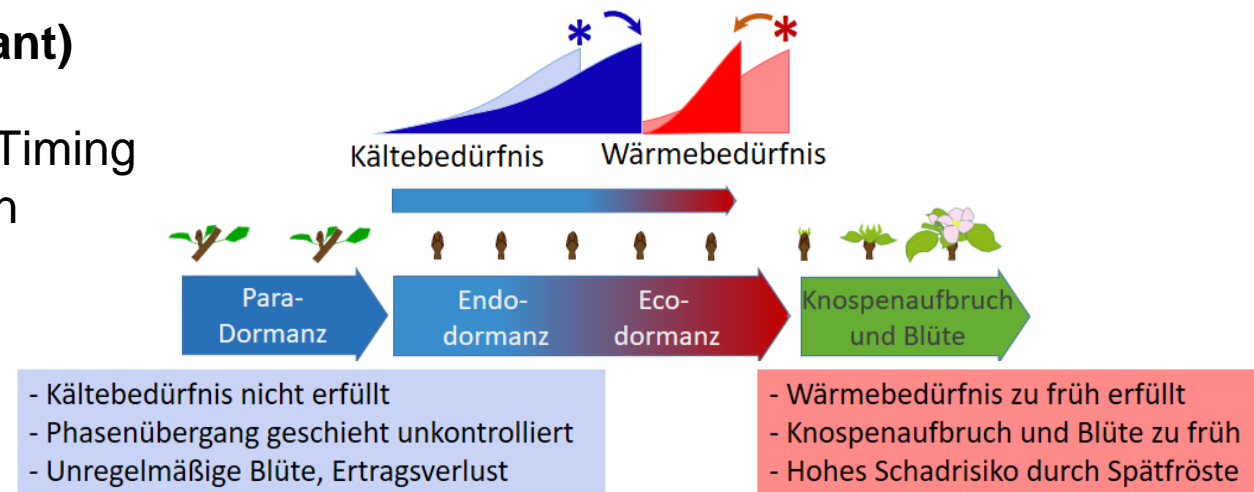
⇒ Identifizierung von Regionen im Genom, welche das Timing der Dormanz und des Knospenaufbruchs kontrollieren

⇒ 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



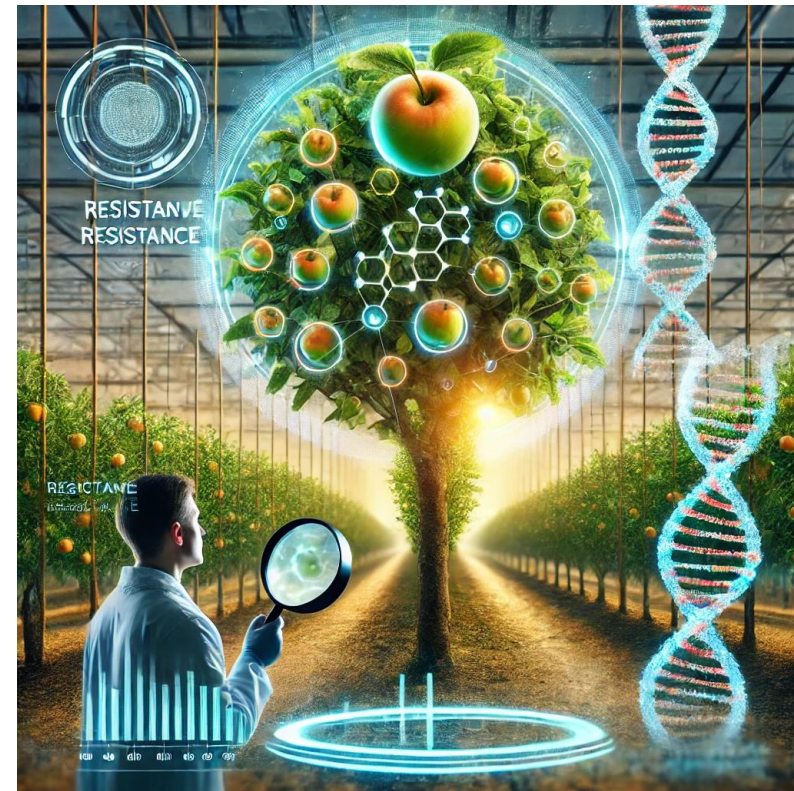
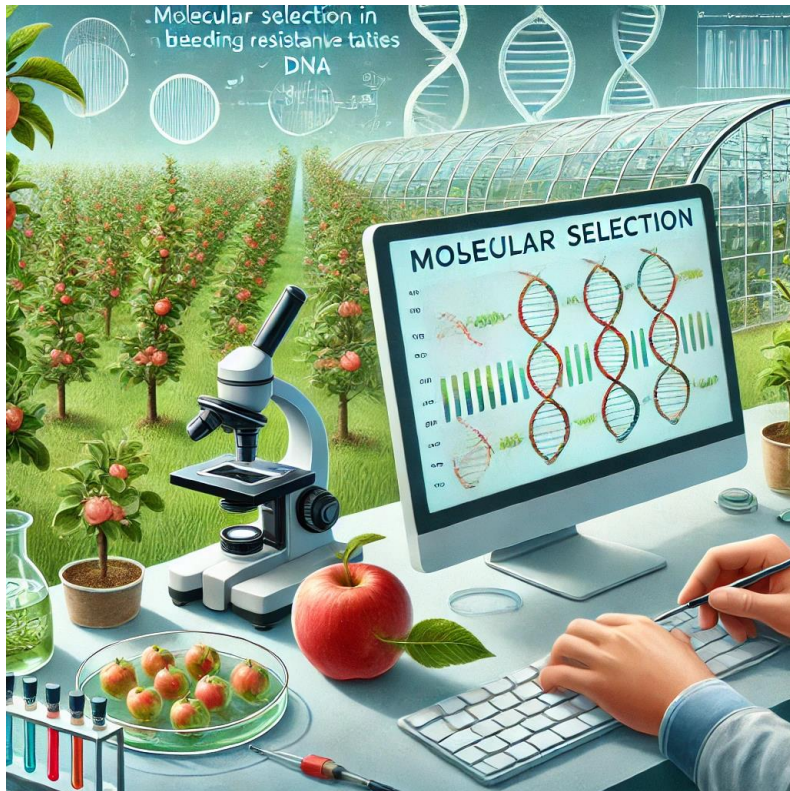
Quelle: Agroscope



Quelle: Janne Lempé, www.julius-kuehn.de



Zukunft der Apfelzüchtung???



Quelle: Bilder erstellt mit ChatGPT





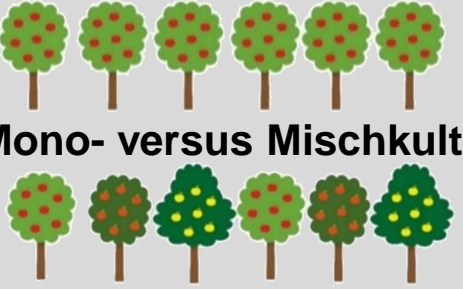
Strategien für eine dauerhafte Resistenz / Toleranz





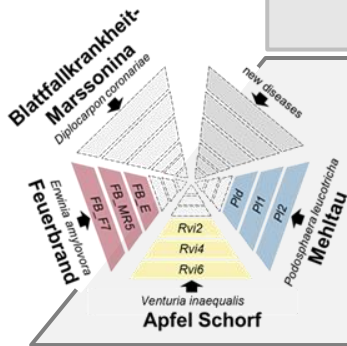


**angepasste
Pflanzenschutz-
strategie**

**an Standort
angepasste
Kombination von
Sorten und Anbautechniken**

Mono- versus Mischkultur



**Sortenvielfalt / robuste Sorten / Kombination
von qualitativen und quantitativ Resistenzen**



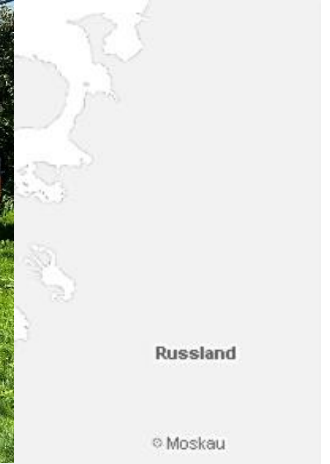


Entwicklung und Prüfung von Zuchtklonen und Einführung neuer Sorten

Varì Com

Geschäftsleitung - Michael Weber

- Artevos (D)
- IFO (F)
- Konsortium Südtiroler Baumschuler (I)



Versuchsnetzwerk:





Die drei Mehrfachnutzungssorten



Witta - ACW 11303
Süsse betonter Saft

robust gegen Mehltau/Feuerbrand
Rvi6/Vf Schorfresistenz



Wisper - ACW 15097
ausgeglichener Saft

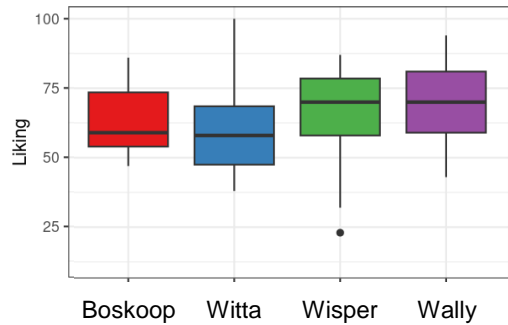
robust gegen Feuerbrand / *PI1* Mehlttauresistenz
Rvi6/Vf Schorfresistenz / triploid



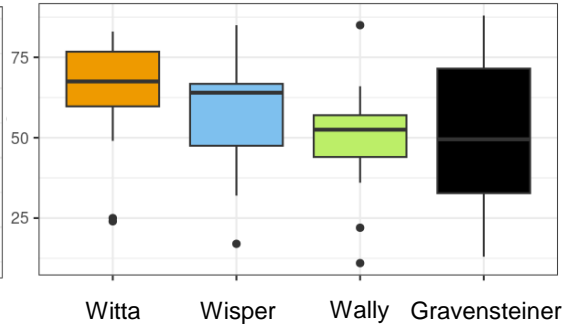
Wally - ACW 16426
Säure betonter Saft

robust gegen Feuerbrand / *PI2* Mehlttauresistenz
Rvi2/Vh2 Schorfresistenz

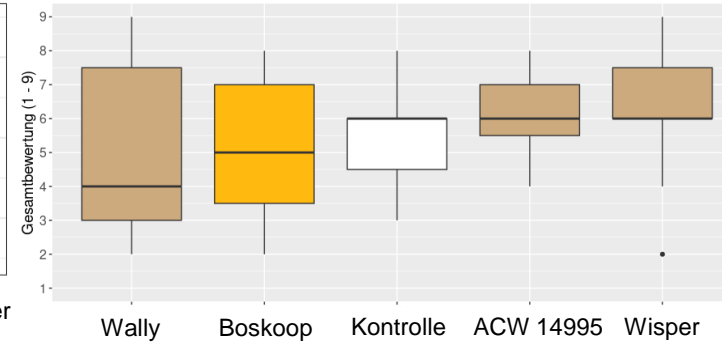
Cider (Saftgärung)



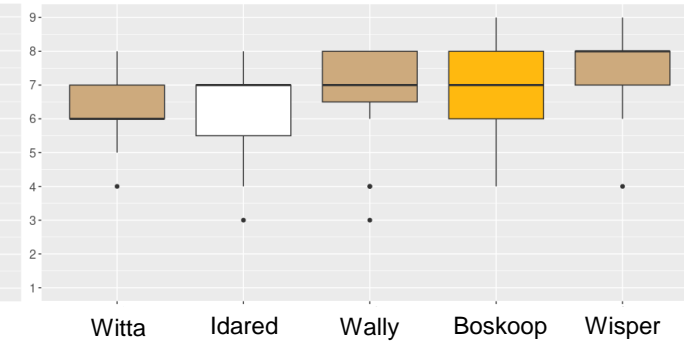
Edelbrand



Apfelmus



getrocknete Apfelringe





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





Wollt Sie mehr über die Obstzüchtung bei Agroscope erfahren, dann...

- SRF Einstein «Mit Gentechnik zu nachhaltigeren Äpfeln?»
Mit Gentechnik zu nachhaltigeren Äpfeln?



- Tages Anzeiger «Sie weiss, was den perfekten Apfel ausmacht»
«Sie weiss, was den perfekten Apfel ausmacht»
- Website
<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenzuechtung/obst.html>
- Comparison between artificial fire blight shoot and flower inoculations in apple
<https://doi.org/10.1007/s42161-023-01550-7>