



Molekulare Selektion in der modernen Apfelzüchtung

Simone Bühlmann-Schütz & Team





AGROSCOPE

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

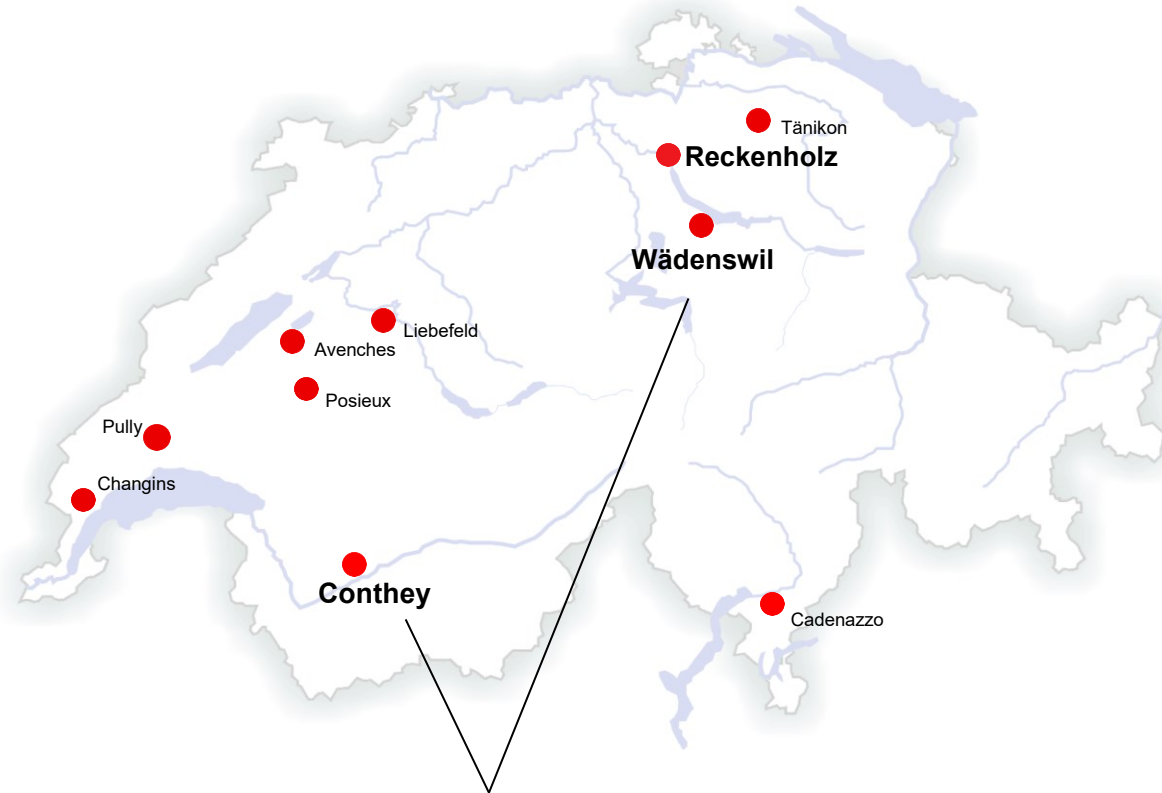


Kompetenzbereiche (3)

Tiere, tierische Produkte & Schweizer Nationalgestüt

Pflanzen & pflanzliche Produkte

Methodenentwicklung & Analytik



Forschungsgruppe «Obstzüchtung»

Strategische Forschungsbereiche (7)



Pflanzenzüchtung



Produktionssysteme Pflanzen



Pflanzenschutz



Produktionssysteme Tiere & Tiergesundheit



Mikrobielle Systeme von Lebensmitteln



Agrarökologie & Umwelt



Nachhaltigkeitsbewertung & Agrarmanagement



Obstzüchtung bei AGROSCOPE



Obstzüchtung

Sortenprüfung Obst



Leitung FG
«Obstzüchtung»
Andrea Patocchi

Simone Bühlmann-Schütz



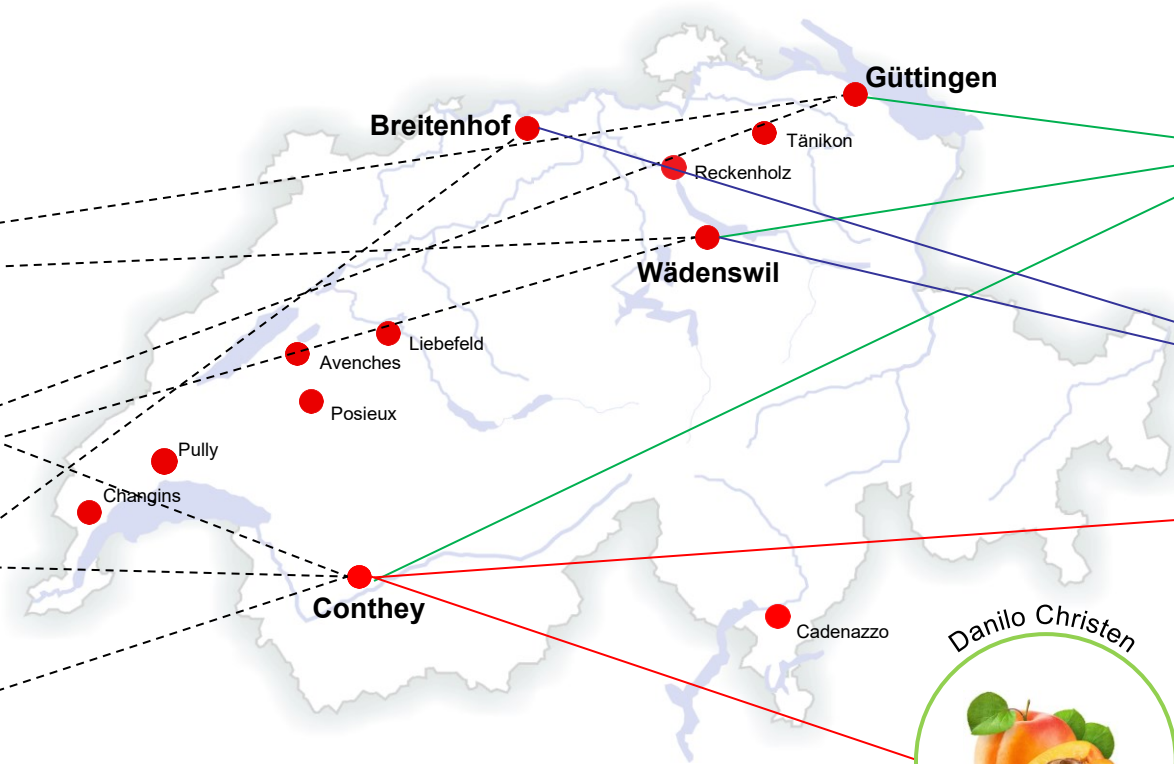
Damien Tschopp



Danilo Christen



Leitung FG «Obstkulturen im Alpenraum»



Samuel Cia



Moritz Köhle



Louis Sutter



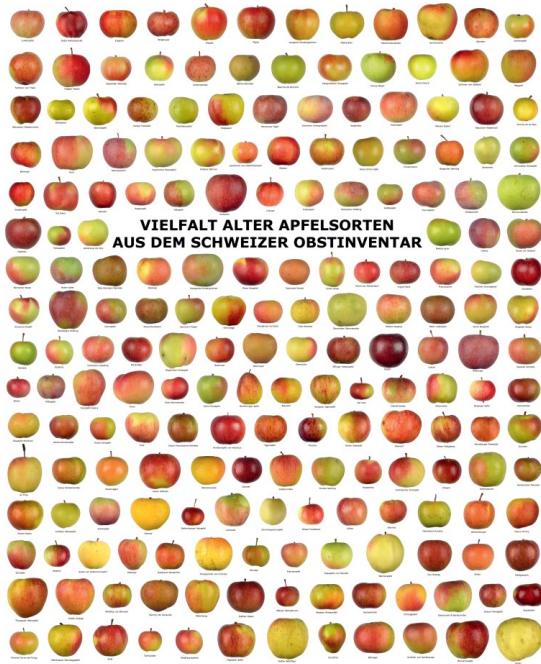
Danilo Christen





Diversität - früher und heute

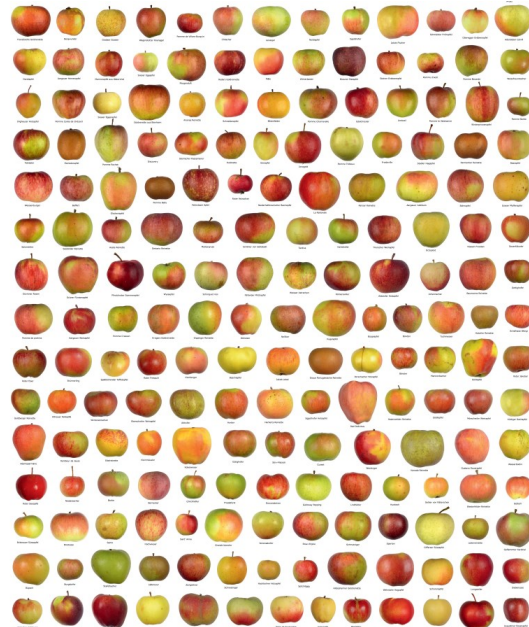
Schweizer Apfel Genressourcen
ca. 1200 Akzessionen



VIelfalt ALTER APFELSORTEN
AUS DEM SCHWEIZER OBSTINVENTAR



dargestellt sind
390 Sorten aus
dem Schweizer
Obstinventar



Aktuelle Sorten



29%

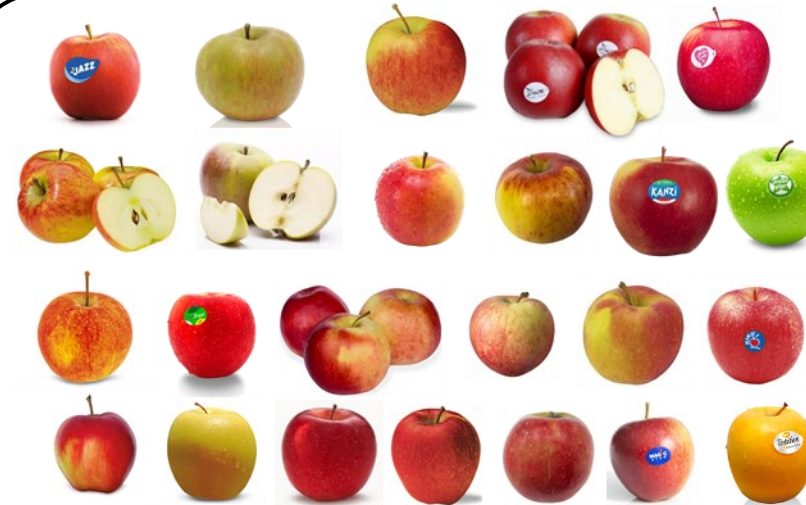


10.5%



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



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

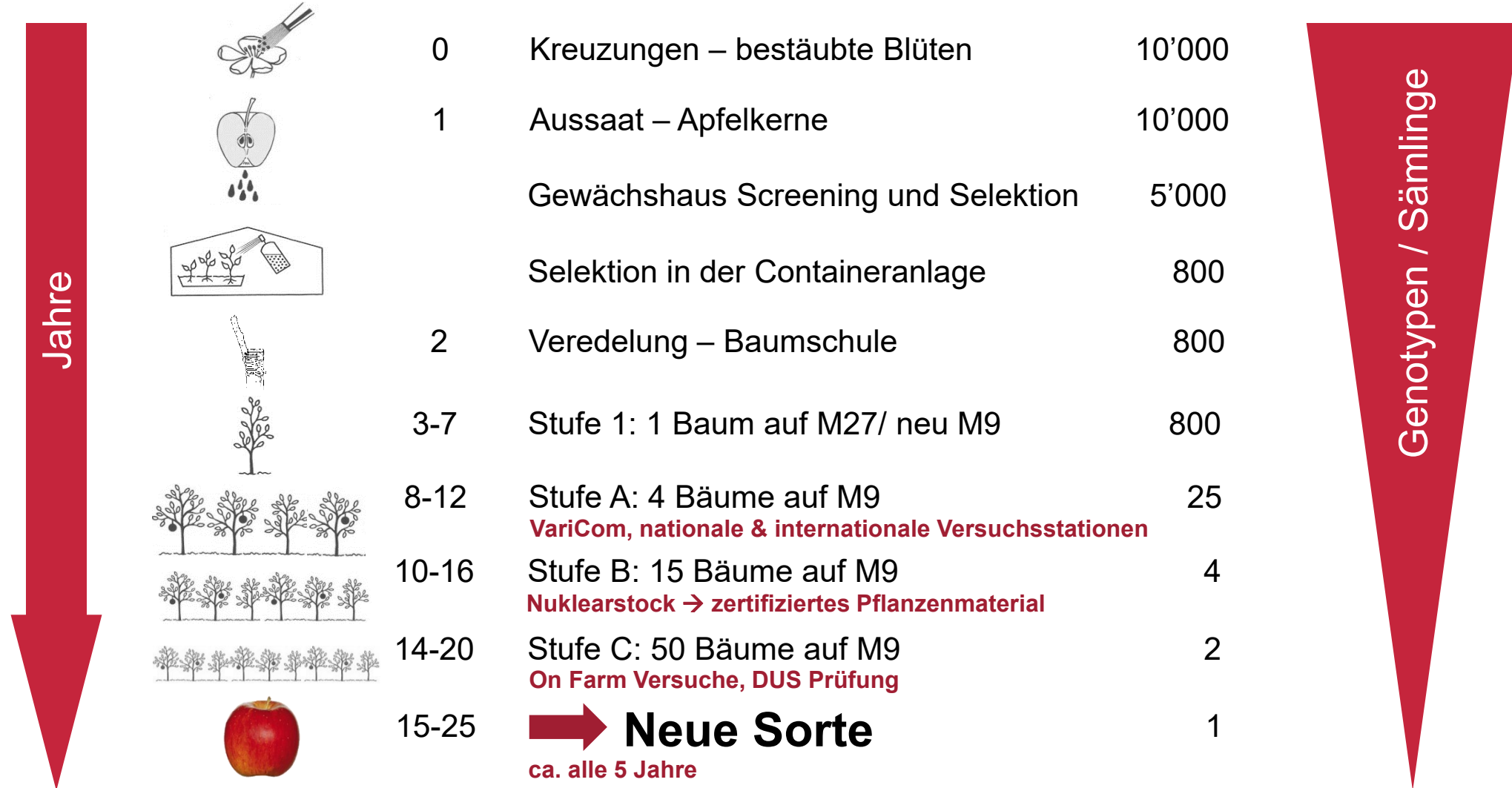


Zuchtziele und Herausforderungen in der Züchtung





Ablauf der Apfelzüchtung Agroscope





Ablauf der Apfelzüchtung Agroscope





Segregierende Nachkommenschaften

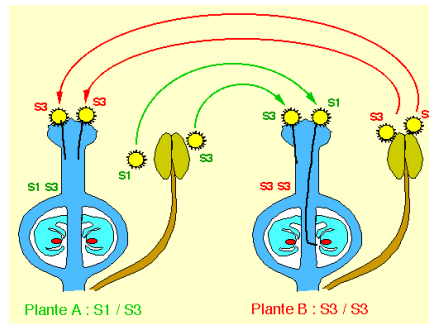
Fiesta x Discovery



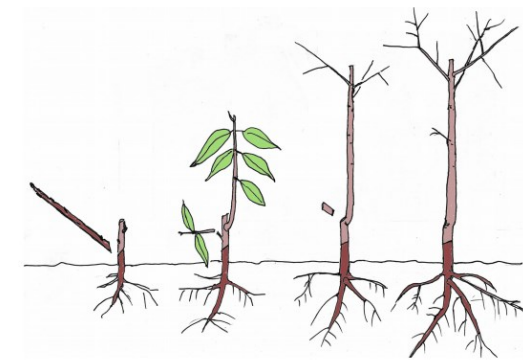


Selbstinkompatibel → Vegetative Vermehrung

- 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



Ablauf der Apfelzüchtung Agroscope

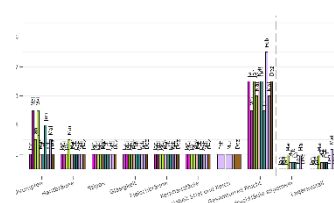
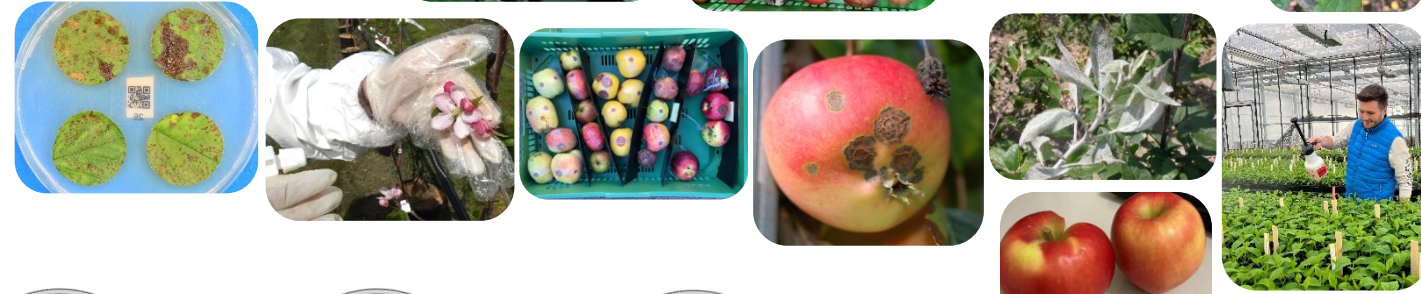


🇨🇭 Selektion der Nachkommen

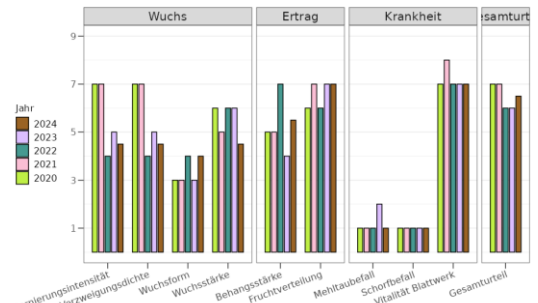
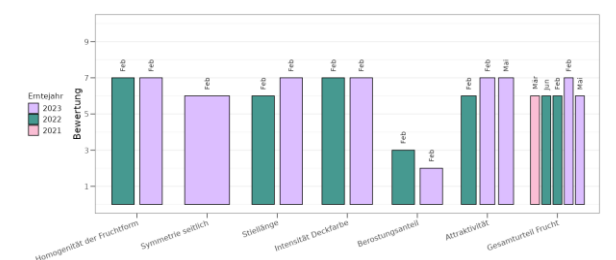
Phänotypische Prüfung

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



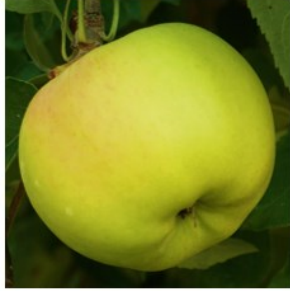
Maigold

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)

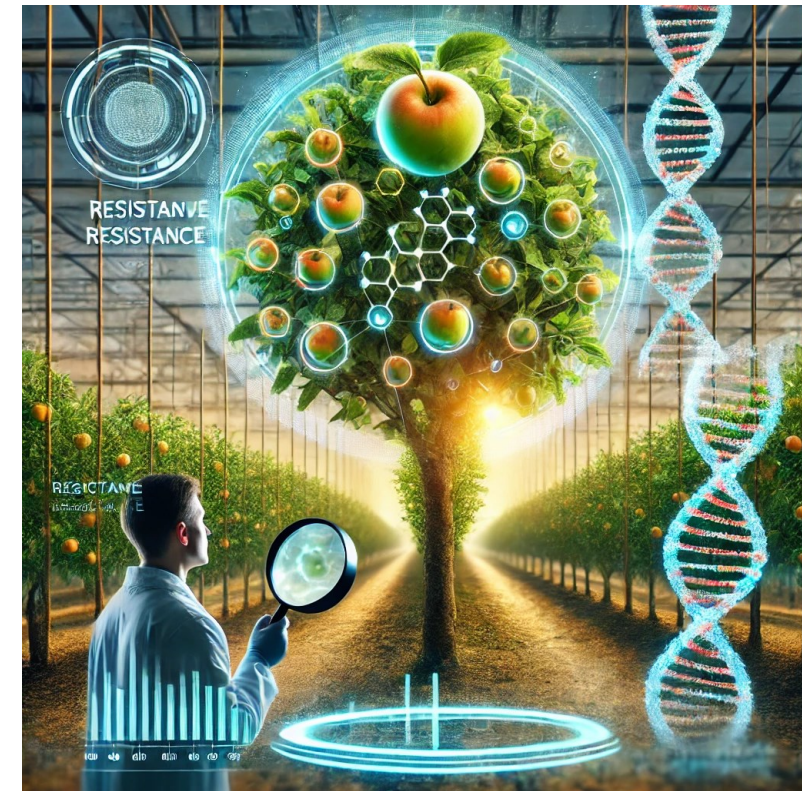
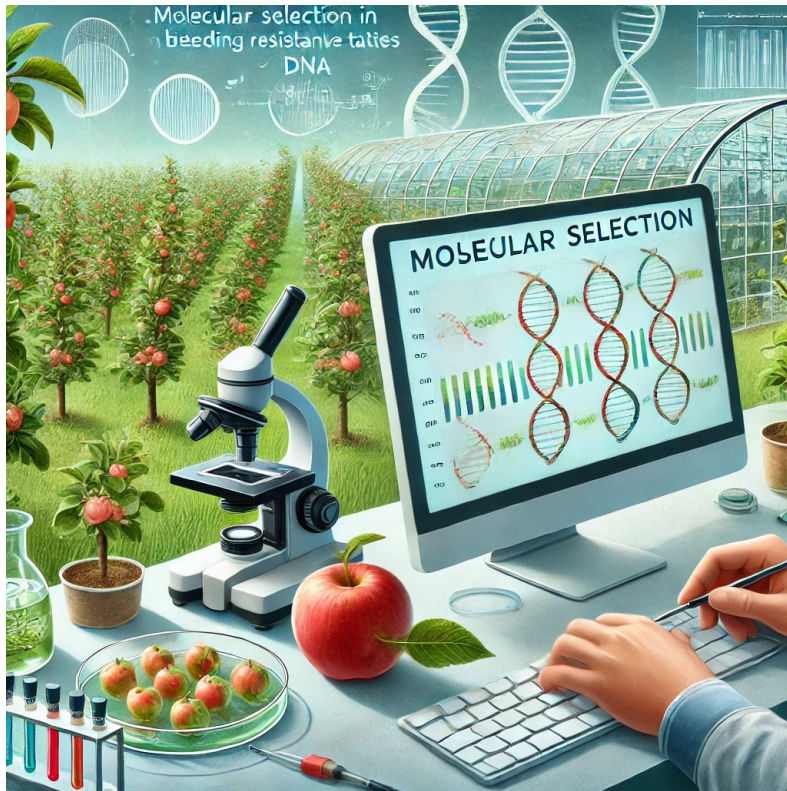
Schorfresistenz (Rvi6)
Feuerbrandtolerant (FB_F7)

Schorfresistenz (Rvi6)

Schorfresistenz (Rvi6)



Markergestützte Selektion (MAS) in der Apfelzüchtung



Quelle: Bilder erstellt mit ChatGPT



Markergestützte Selektion (MAS)

~~Phänotypische Prüfung /
Selektion~~



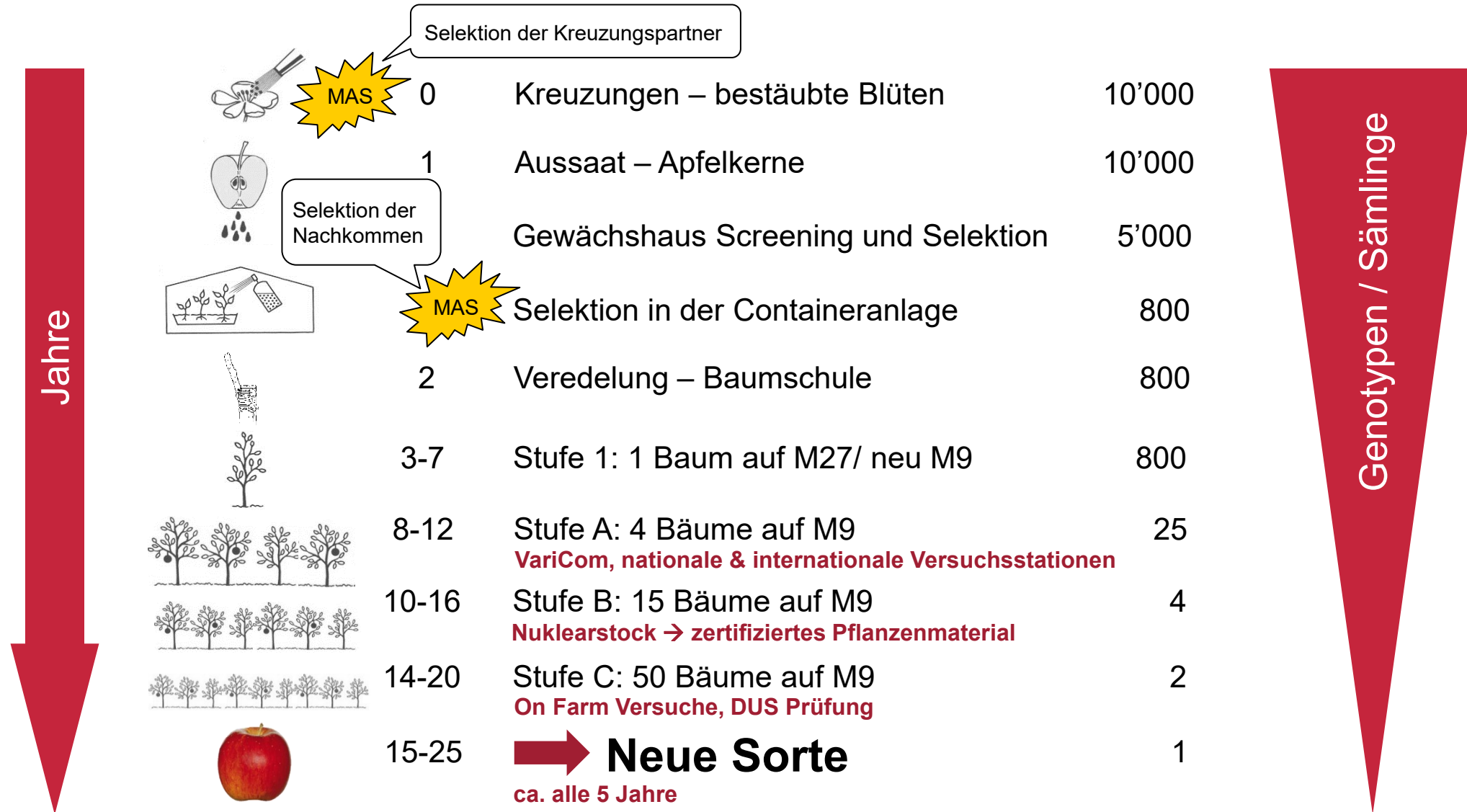
Markergestützte Selektion



... phänotypische Prüfung
entfällt für gewisse
Eigenschaften

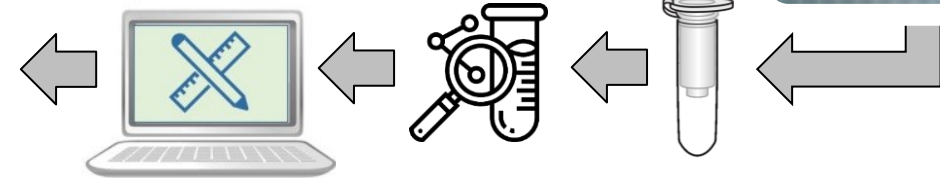
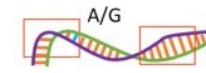
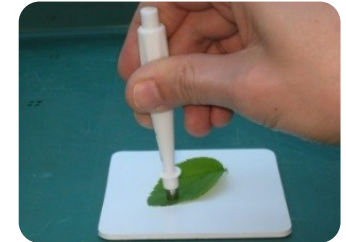
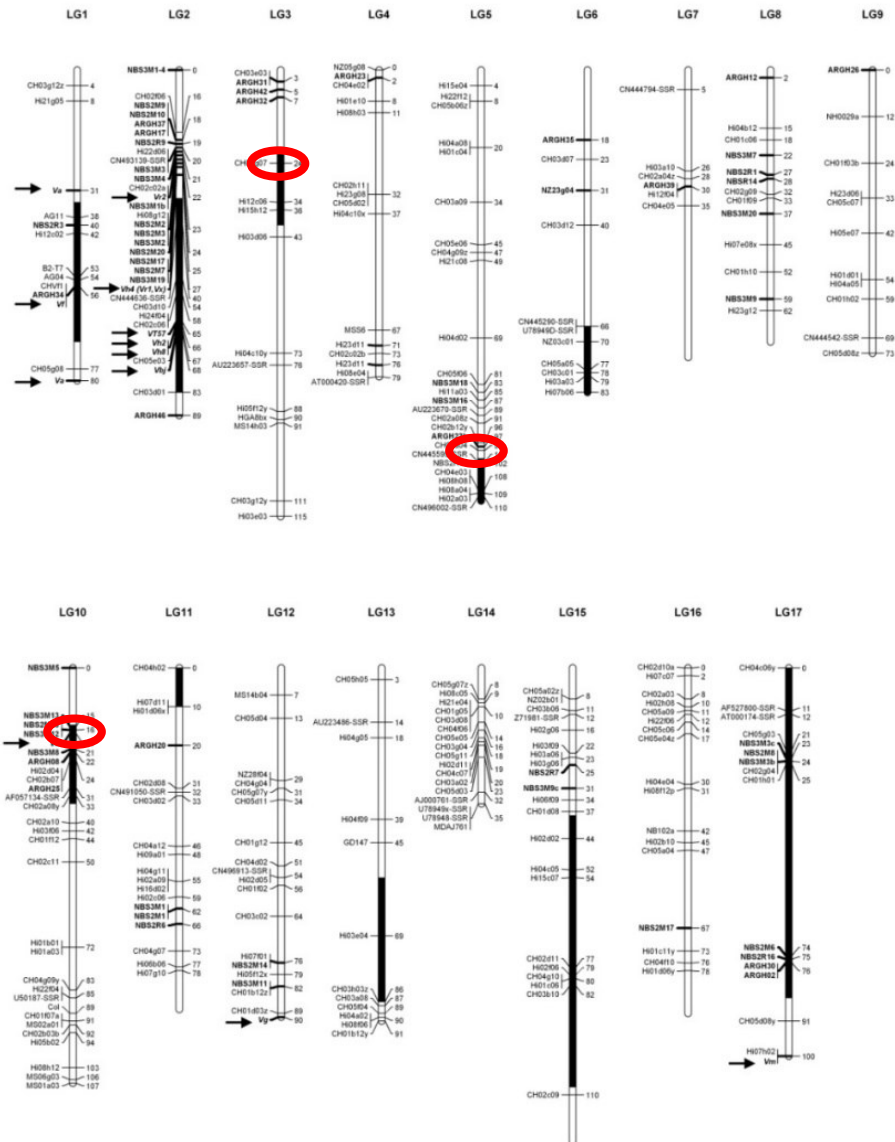


Ablauf der Apfelzüchtung Agroscope





Markergestützte Selektion (MAS)





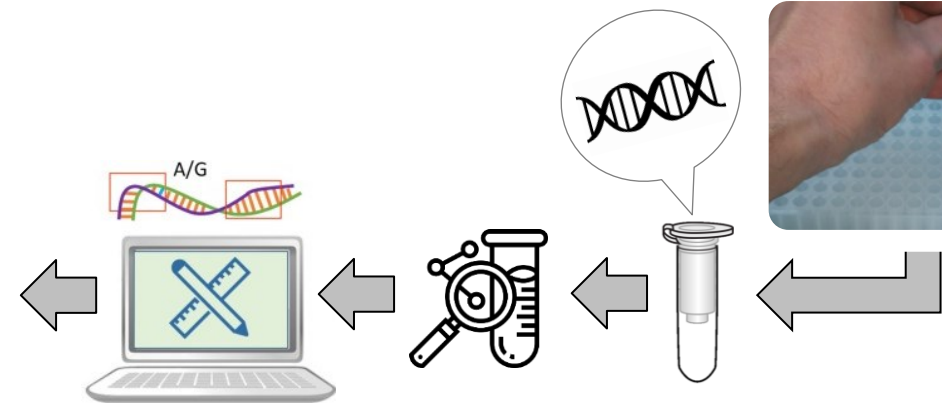
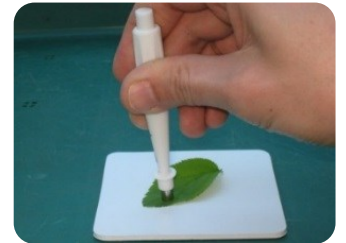
Markergestützte Selektion (MAS)

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

- Schorf
- Mehltau
- Feuerbrand
- ...

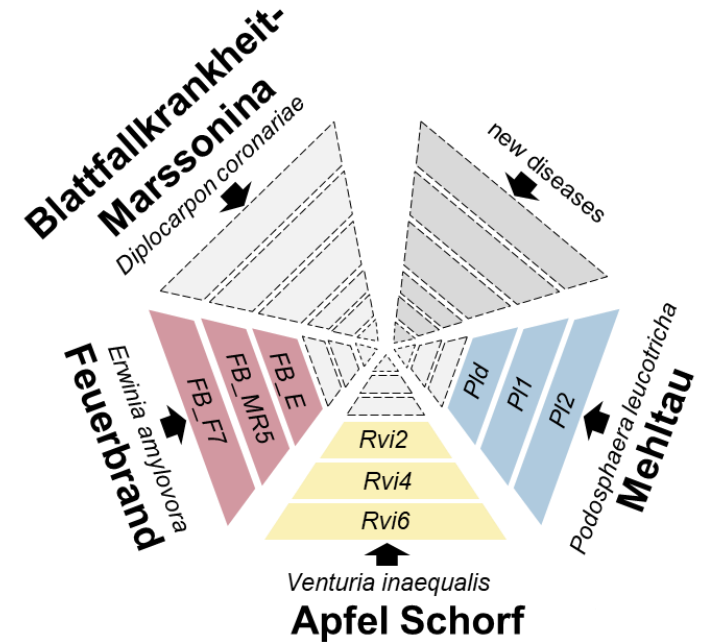
... und einige Qualitätsmerkmale (qualitativ oder quantitativ)

- Anteil roter Deckfarbe
- Erntezeitpunkt
- ...

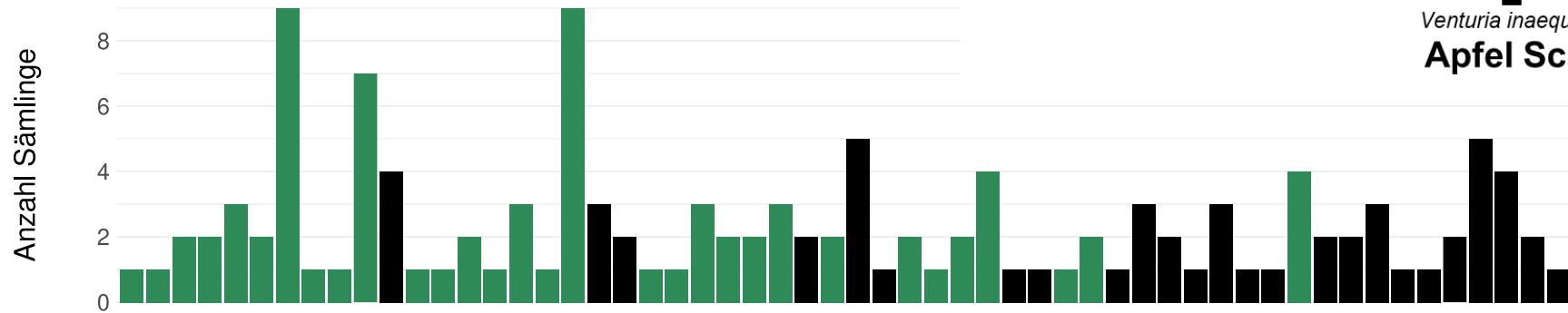




Markergestützte Selektion (MAS)

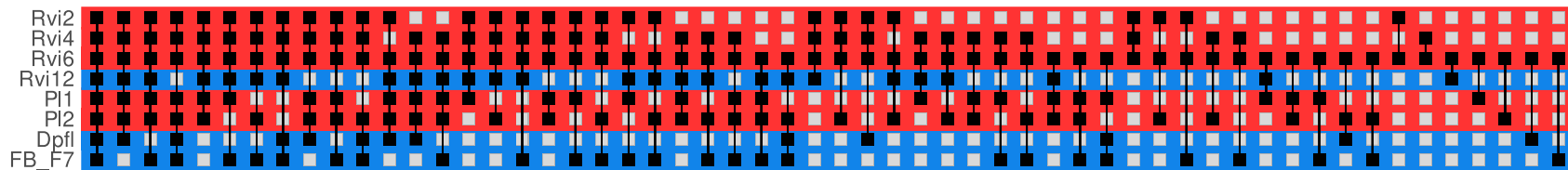


nicht selektiert
 selektiert

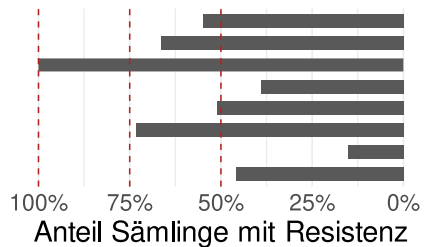


2330

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



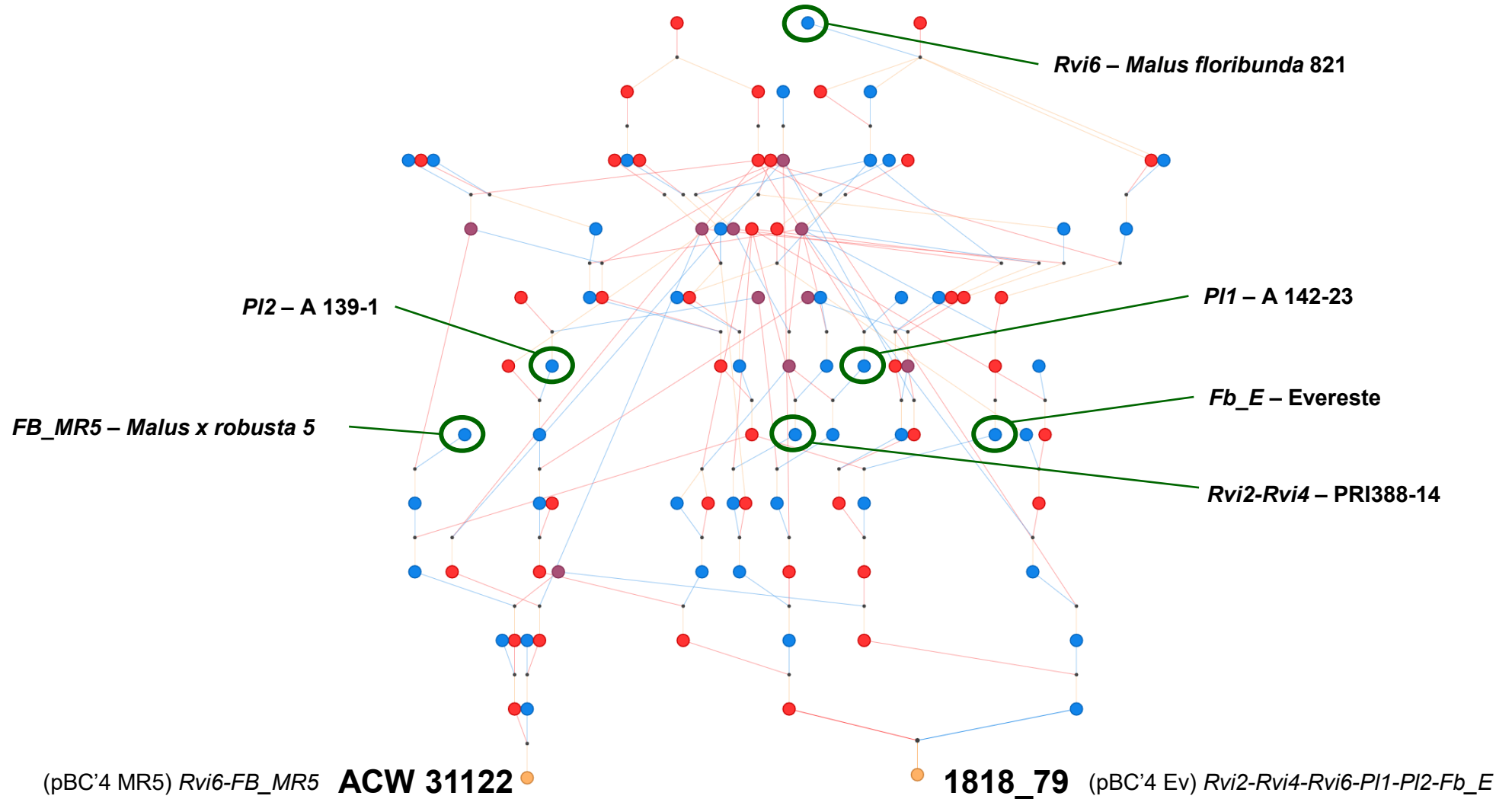
Mutter
 Vater



Marker-Kombination



Markergestützte Selektion (MAS)





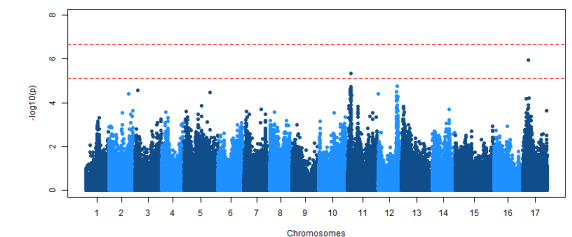
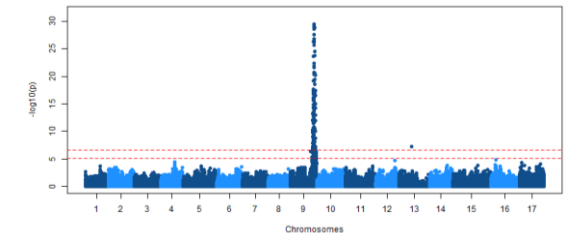
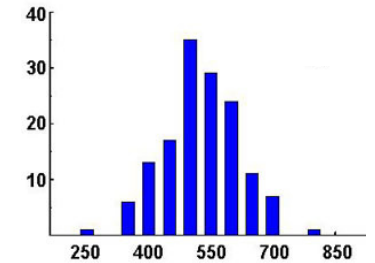
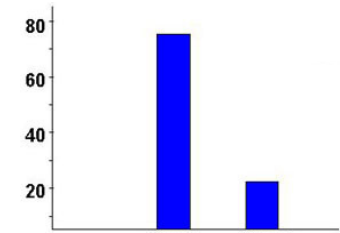
Markergestützte Selektion (MAS)

funktioniert sehr gut für ...

- Bekannte monogen / qualitativ vererbte Eigenschaften / Merkmale
- Bekannte QTLs (Quantitative Trait Locus) = bekannter Abschnitt in der DNA, der mit der Variation eines quantitativen Merkmals in Wechselwirkung steht

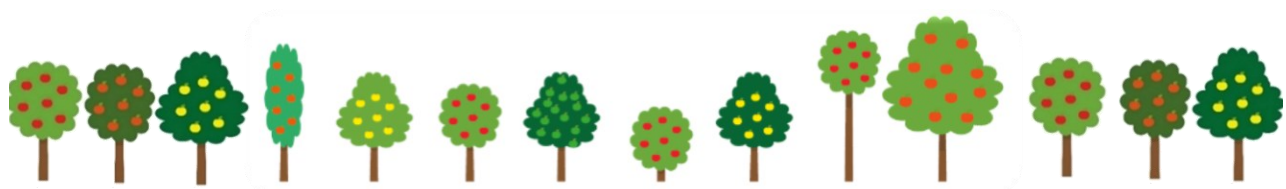
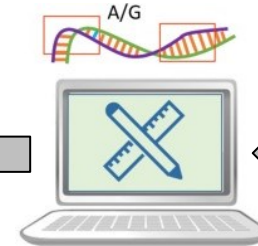
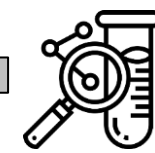
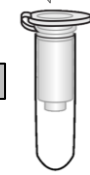
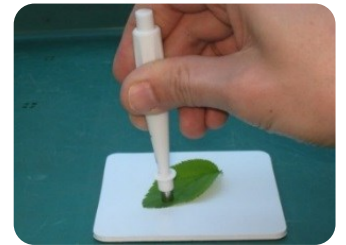
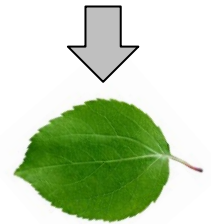
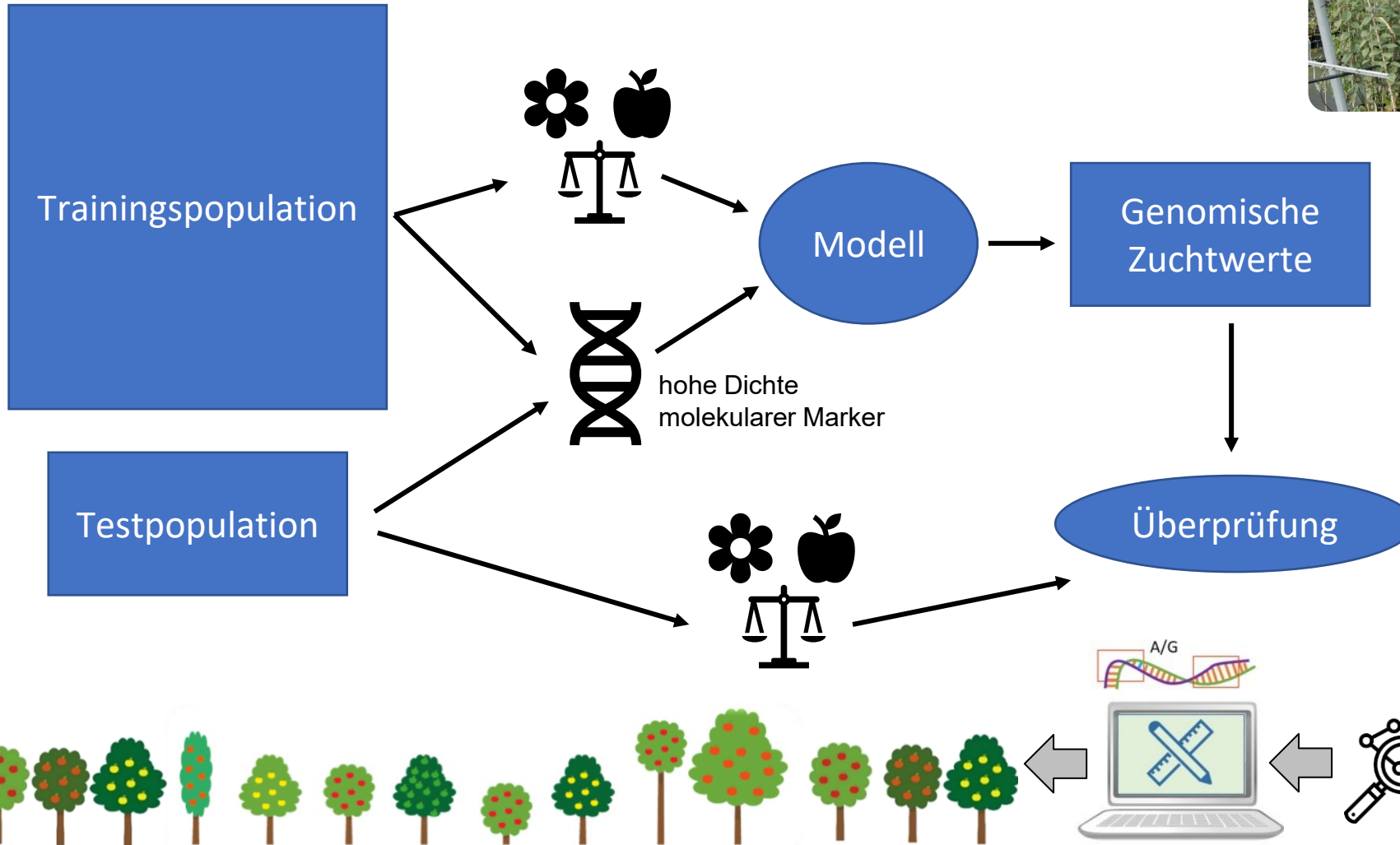
funktioniert nicht für ...

- Unbekannte Eigenschaften / Merkmale jeglicher Art
- Quantitative Eigenschaften / Merkmale die durch mehrere Abschnitte/Loci in der DNA (und ihre Interaktion) gesteuert wird



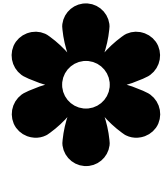


Entwicklung der genomischen Sektion (GS) für eine Vielzahl von Merkmalen





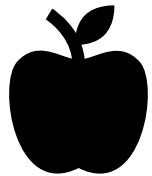
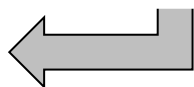
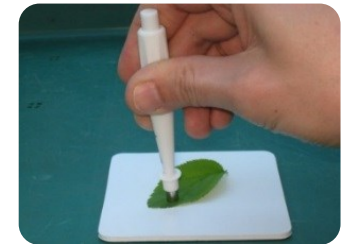
Entwicklung der genomischen Sektion (GS) für eine Vielzahl von Merkmalen



Blühintensität
Blühbeginn



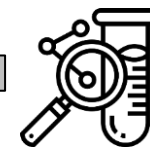
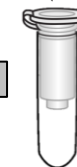
Erntedatum
Ertrag
Anzahl Früchte



Anteil Deckfarbe
Berostungsfrequenz
Einzelfruchtgewicht

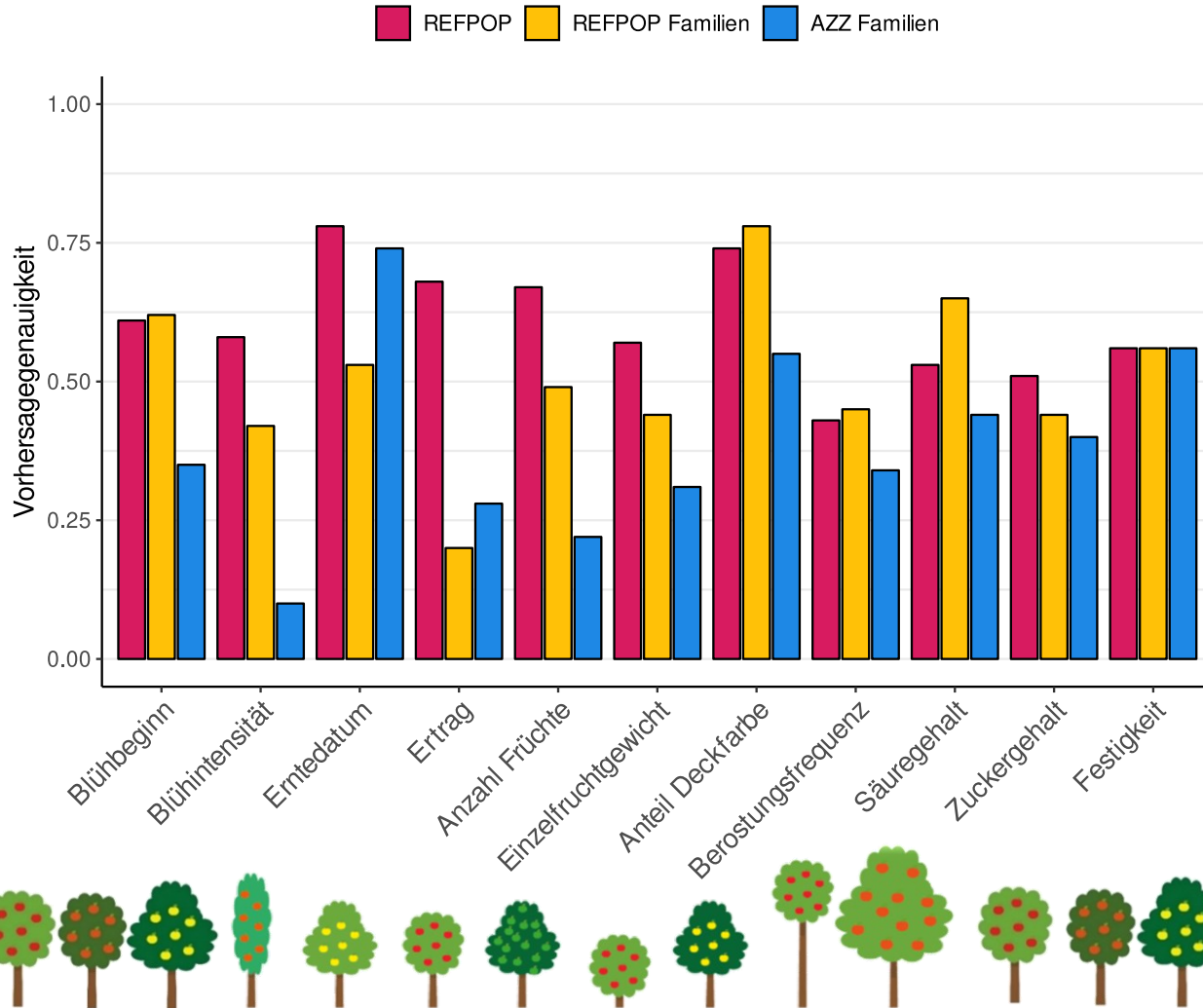


Zuckergehalt
Säuregehalt
Festigkeit



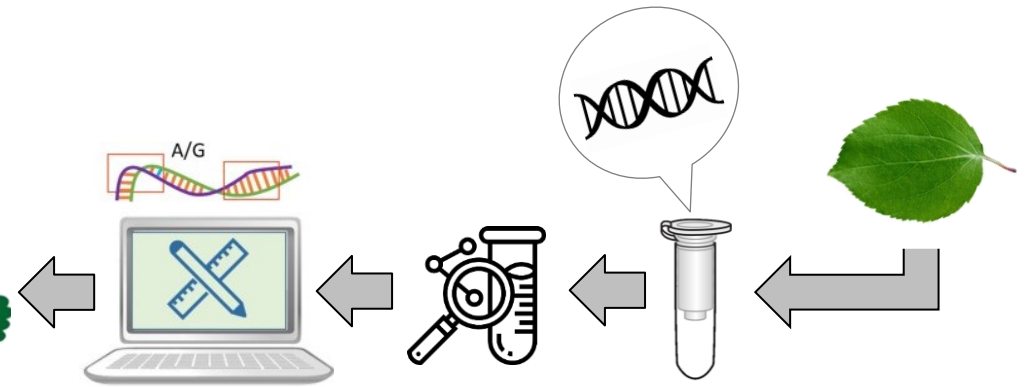


Entwicklung der genomischen Sektion (GS) für eine Vielzahl von Merkmalen



Weiterentwicklung nötig, weil ...

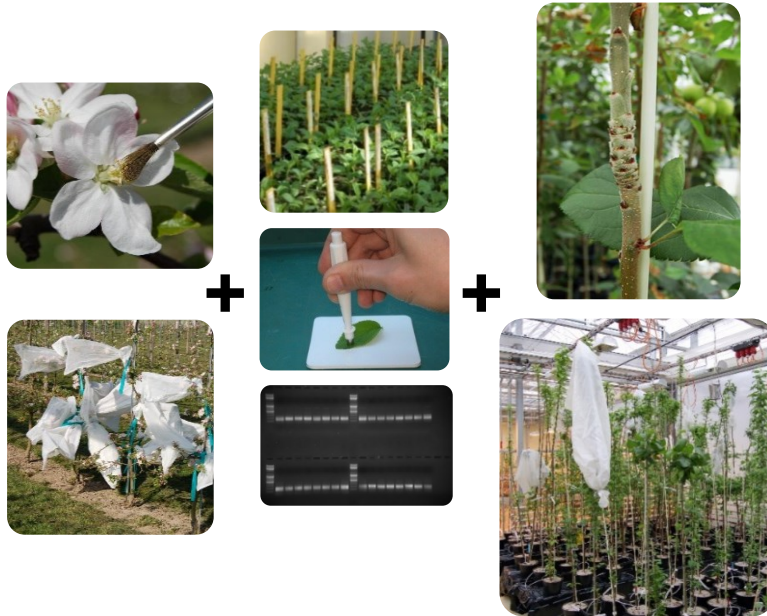
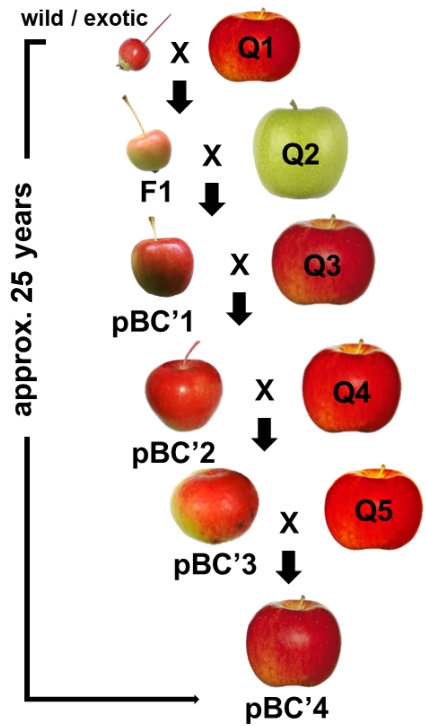
- kleiner Selektionsvorteil innerhalb einer Generation
- Qualitätsmerkmale: die meisten Vorhersagen sind bereits in einem akzeptablen Bereich
- schlechte Vorhersage von Extremwerten
- Genotypisierung immer noch relativ teuer





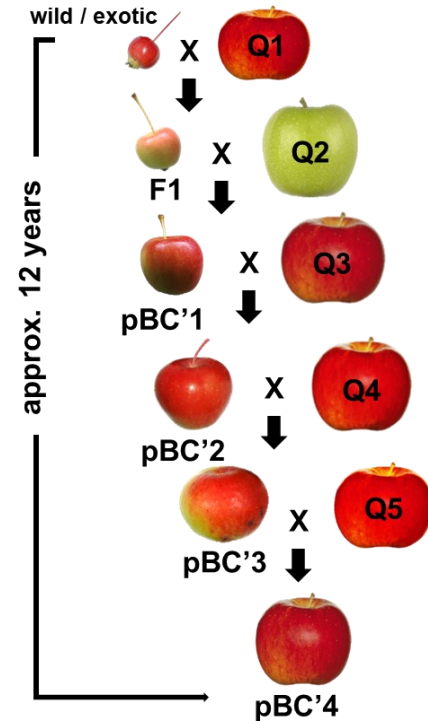
Generationsbeschleunigung «Low Input Fast-Track» beim Apfel

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

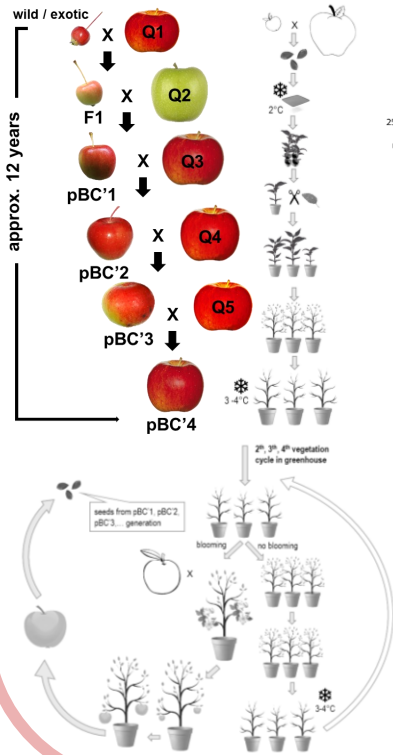


Neue Züchtungsmethoden

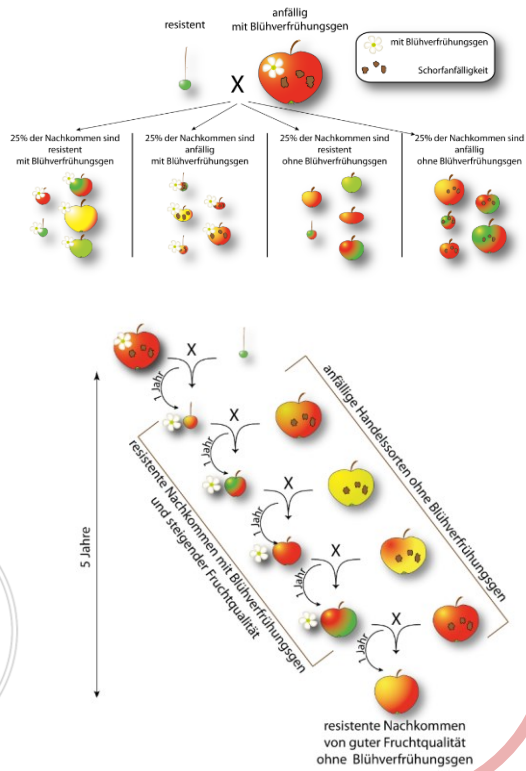
Generationsbeschleunigung «Speed Breeding»

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

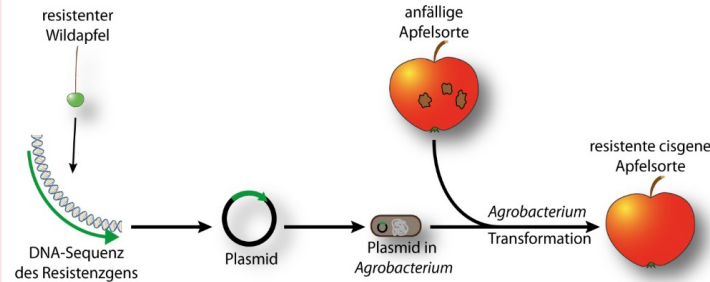
«Fast Track»



Early Flowering



Cisgenese

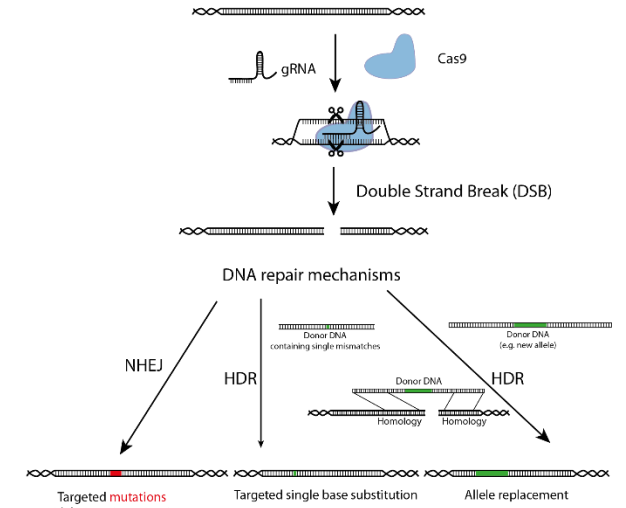


Cisgene Pflanzen sind gentechnisch modifizierte Pflanzen, die am Ende des Prozesses ein oder mehrere Gene aus kreuzbaren Organismen enthalten.

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.



Tools-RoBiS

Entwicklung von Tools für die Züchtung von robuste Birnensorten

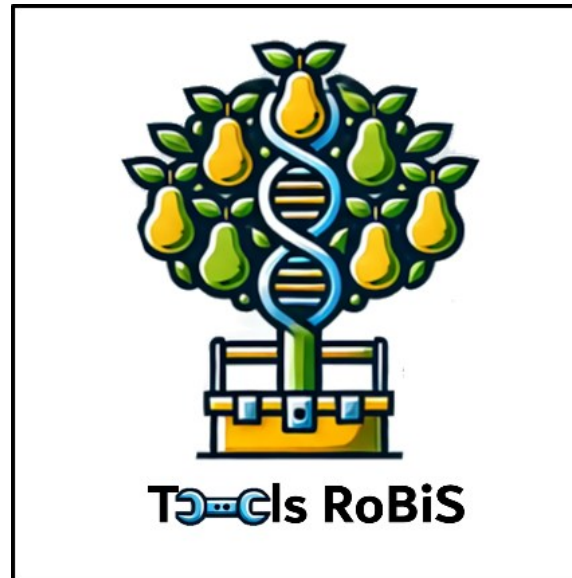


ZIEL 1

- A) Suche nach neuen Feuerbrandresistenzquellen in Schweizer Wildbirnen (*Pyrus Pyraeaster*) Akzessionen
- B) Entwicklung von molekularen Markern für bis zu drei bereits bekannte Resistenzen und die Evaluation, ob ihre Kombination zu einer stärkeren Resistenz führt.

ZIEL 2

Etablierung einer Screening-Methode, um eine grosse Anzahl von Sämlingen und/oder Akzessionen auf ihre Anfälligkeit gegen Birnenschorf (*Venturia pirina*) zu testen.



ZIEL 3

Entwicklung eines "Fast-Track"-Protokolls zur Beschleunigung des Generationszyklus.

ZIEL 4

Auswahl der Genotypen, Vorbereitung des Pflanzenmaterials und Etablierung eines Netzwerks für die Pflanzung einer Birnen-Referenzpopulation (REFPOP).



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landwirtschaft BLW



Agroscope

ETH zürich



Unsere Züchtungsstrategie beim

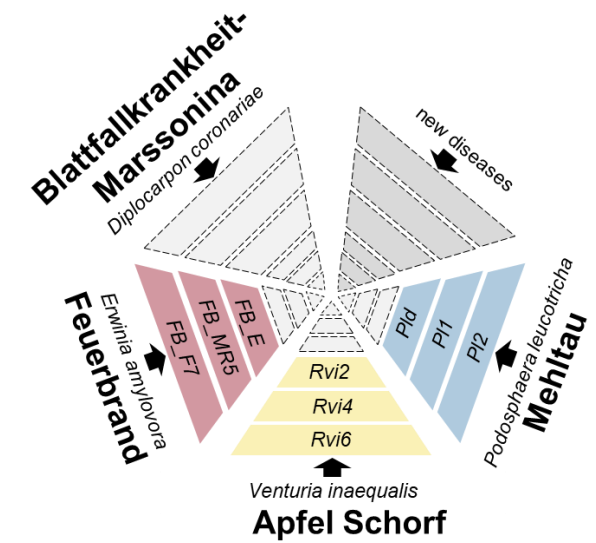


- Homogene, gute Fruchtqualität
- Stabile Produktivität und hohe Erträge
- Gute Lagerfähigkeit und Haltbarkeit im Shelf-Life
- Resistenz / Toleranz gegenüber Krankheiten und Schädlingen

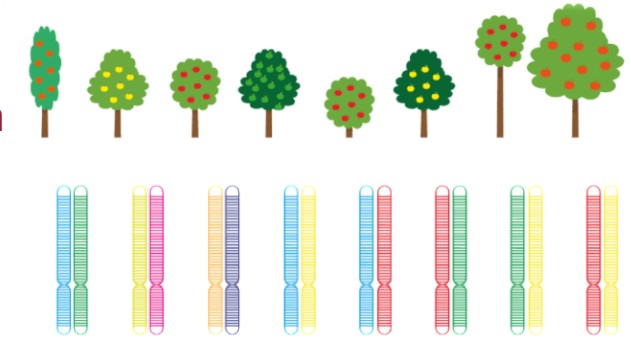
Verwendete Quellen:

- 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») oder monogener Resistenz
- Stetige Integration der neusten Erkenntnisse und Methoden aus der Züchtungsforschung

**Pyramidisierung
(Stacking)
&
Kombination
von R-Genen**



**Phänotypisches Selektion
versus
Genetische Selektion
«MAS» oder «GS»**



**nationale
&
internationale
Zusammenarbeit**







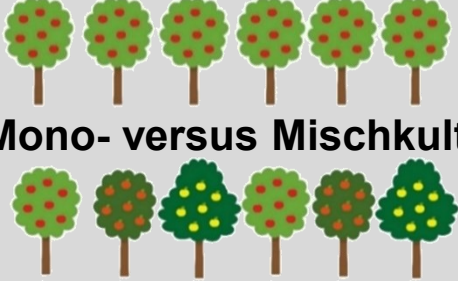
Strategien für eine dauerhafte Resistenz / Toleranz





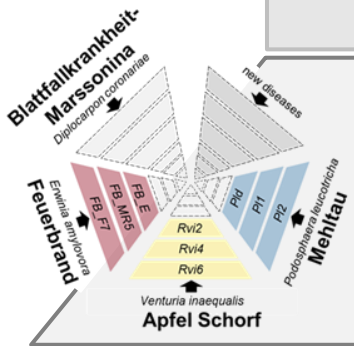


angepasste Pflanzenschutzstrategie

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

Varicom

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

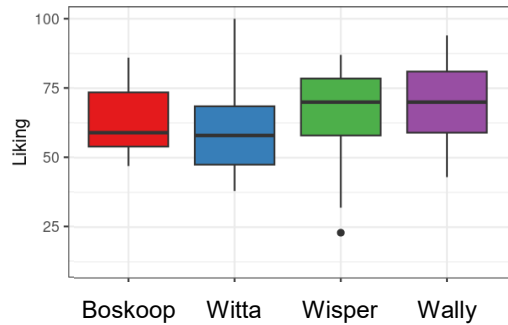
robust gegen Feuerbrand / *PI1* Mehlttauresistenz
Rvi6/Vf Schorfresistenz / triploid



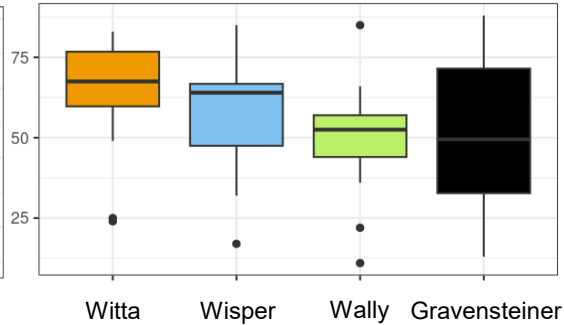
Wally - ACW 16426
Säure betonter Saft

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

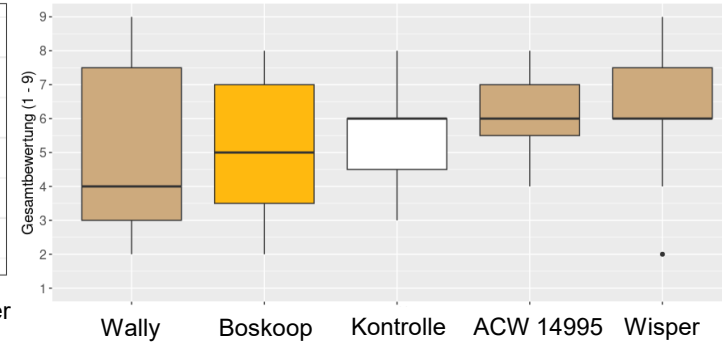
Cider (Saftgärung)



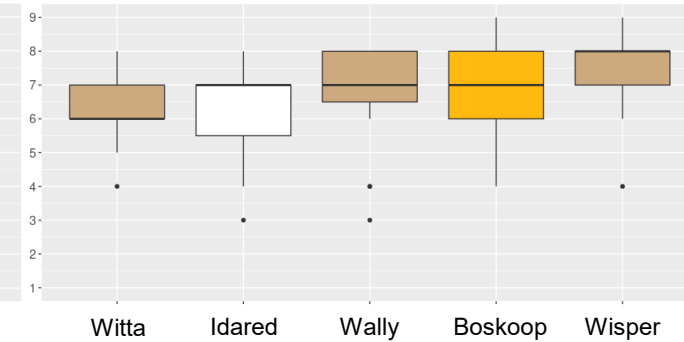
Edelbrand



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>