

Henryk Flachowsky<sup>1</sup>, Reinhard Töpfer<sup>2</sup>

## Obst- und Rebenzüchtung im Zeitraffer

Fruit and grapevine breeding in time lapse

197

### Zusammenfassung

Die wenigsten Menschen übersehen 100 Jahre. In der Obst- und Rebenzüchtung, bei denen eine Sortenentwicklung 20 bis 30 Jahre erfordert, scheint die Zeit daher stehen zu bleiben. Der Blick im Zeitraffer offenbart jedoch einen erheblichen Zuchtfortschritt mit vielen neuen Sorten. Auch wenn die heutigen Probleme mit anderen Vokabeln beschrieben werden und sich Zuchtziele und deren Begründung im Detail verschieben, es ist vieles gleich geblieben: früher standen Probleme der Bekämpfung von Schadorganismen (Sicherung der Ernährung, Mangel an Pflanzenschutzmitteln) genauso im Fokus wie heute (Wirkstoffverluste und Nachhaltigkeit), früher war eine Klimaanpassung genauso ein Thema (frühere Reife erwünscht) wie heute, nur haben sich (zumindest bei Rebe) die Vorzeichen umgekehrt (spätere Reife erwünscht). Im Zuge des „Green Deal“ mit seiner „Farm to Fork- Strategie“ hat die EU ehrgeizige Ziele und längst überfällige Vorgaben für die Verwirklichung einer „grünen Landwirtschaft“ mit Minimierung der negativen Auswirkungen auf die natürliche Umwelt festgelegt. Das ehrgeizige Ziel, den Einsatz von Pestiziden zu halbieren, erfordert eine Anpassung aller Anbausysteme, insbesondere bei pflanzenschutzintensiven Kulturen wie Obst- und Weinbau. Diese Kulturen stehen zudem in besonderer Weise für eine Kulturlandschaft mit hoher Wirtschaftskraft durch Naherholung und Tourismus.

Ehrgeizige Ziele können nur durch die Umsetzung von Innovationen erreicht werden. Angesichts der Transformationsziele in Richtung Nachhaltigkeit reicht eine indi-

viduelle unternehmerische Innovation jedoch nicht aus, um die ambitionierten Ziele zu erreichen – ein systemischer Innovationsansatz ist erforderlich. In einem von Erfolg verwöhnten System bestehen teils erhebliche Beharrungstendenzen anstatt proaktiv Innovationen anzugehen. Doch der Weg ist vorgezeichnet: Klimawandel zwingt zum Sortenwandel. Daraus ergibt sich eine Chance für neue robuste Sorten.

**Stichwörter:** Obstzüchtung, Rebenzüchtung, dauerhafte Resistenz, Schorf, Mehltau, Schwarzfäule, Botrytis, Klimaanpassung

### Abstract

Since not many people outlive 100 years, it appears that time stands still during the 20 to 30 years, which is required to develop a new variety in fruit and grapevine breeding. However, a time-lapse will reveal considerable breeding progress with the development of many new cultivars. Although breeding requirements and objectives of recent times are described in different vocabulary, not much has changed from times past. For example, problems of combating harmful organisms (food security, lack of plant protection products) are just as much a focus today (loss of active ingredients and sustainability) as in the past. In addition, breeding for climatic adaptation in the past (for earlier maturity, for example) is same as today, only (at least for grapevine) the goal is reversed for late maturity traits.

### Affiliationen

<sup>1</sup> Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Züchtungsforschung an Obst, Dresden

<sup>2</sup> Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Rebenzüchtung, Siebeldingen

### Kontaktanschrift

Prof. Dr. Henryk Flachowsky, Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Züchtungsforschung an Obst, Pillnitzer Platz 3a, 01326 Dresden, E-Mail: henryk.flachowsky@julius-kuehn.de

### Zur Veröffentlichung eingereicht/angenommen

6. Mai 2021 / 29. Juni 2021

In the wake of the 'Green Deal' with its 'Farm to Fork Strategy', the EU has set ambitious goals and long overdue targets for achieving 'green agriculture' with minimization of negative impacts on the natural environment. The ambitious goal of halving the use of pesticides requires adaptation of all farming systems, especially for pesticide-intensive crops such as orchards and vineyards. These crops also represent in a special way a cultural landscape with high economic power through local recreation and tourism.

Ambitious goals can only be achieved by implementing innovations. However, given the transformation goals towards sustainability, individual entrepreneurial innovation is not enough to achieve the ambitious goals. Thus, a systemic approach to innovation is required. In a system that has previously experienced huge success, there are sometimes tendencies to not innovate. Nevertheless, the current and future challenge is clear: climate change is forcing breeding for climatic adaptation that will ultimately lead to variety change. This situation presents an opportunity for new robust varieties.

**Key words:** fruit breeding, grapevine breeding, durable resistance, scab, powdery mildew, black rot, botrytis, climate adaptation

### Historie der Züchtung

Die Züchtung neuer Sorten bei Obst (Apfel, Kirsche, Erdbeere) und Weinreben ist sehr zeitaufwendig und eine Generationenaufgabe. Sie dauert wenigstens 20 bis 30 Jahre und erfordert Kontinuität in den Züchtungsprogrammen, die den Schlüssel zum Erfolg legt (TÖPPER et al., 2011). Neue Sorten sind immer ein Kompromiss auf der Zeitachse im Hinblick auf die Kombination der zahlreichen gewünschten und z. T. sehr komplexen Eigenschaften. Zu denen zählen neben einer hohen Produktqualität auch die Resistenz gegen biotische und abiotische Stressfaktoren sowie zahlreiche obst- bzw. weinbauliche Eigenschaften. Der Züchterfolg bei Obst und Reben ist in besonderer Weise mit Qualitätsfragen verknüpft, denn nur geschmacklich einwandfreie Sorten und deren Produkte finden Akzeptanz beim Konsumenten. Da über Geschmack trefflich gestritten werden kann, darf es nicht verwundern, wenn in einem Für und Wider auch gerne Vorurteile gepflegt werden. In so manchen Blindverkostungen können neue Sorten/Produkte selbst Spezialisten positiv überraschen. Das deutet an, wie subjektiv Bewertungen sind und spiegelt sich auch in den unterschiedlichen Vermarktungsstrategien wider.

### Obstzüchtung

Die Kreuzungszüchtung bei Obst hat ihren Anfang in der zweiten Hälfte des 18. Jh. Seit dieser Zeit werden in Deutschland gezielt Kreuzungen durchgeführt. Die Sorte 'Adersleber Kalvill' (Ersterwähnung 1830) gehört wohl zu den ersten deutschen Obstsorten, die durch künstliche Bestäubung entstanden sind. Verbunden mit dem Ziel,

den Obstbau wirtschaftlich zu gestalten, wurden ab der zweiten Hälfte des 19. Jh. verschiedene staatliche Züchtungsprogramme (z. B. Geisenheim, Dresden-Pillnitz, Müncheberg) initiiert. Deren Ziele lagen neben der Verbesserung von Fertilität und Frosthärte vor allem in der Erhöhung der Resistenz gegenüber pilzlichen Schaderregern, wie dem Apfelschorf (*Venturia inaequalis*). Ein Teil der in diesen Institutionen durchgeführten Arbeiten, zu denen auch die Nutzung der russischen Sorte 'Stein-Antonowka' mit polygener Schorfresistenz (Müncheberg) gehört, waren Ausgangspunkt für die Resistenzzüchtung in vielen Züchtungsprogrammen weltweit. In Folge der Trennung der beiden deutschen Staaten nach 1945 wurde die Obstzüchtung in der ehemaligen Bundesrepublik sowohl in staatlichen Forschungseinrichtungen (z. B. Köln-Vogelsang, Ahrensburg, Jork) als auch an Universitäten und Hochschulen (z. B. Gießen, Hohenheim, München, Geisenheim) und von Privatpersonen fortgesetzt. In der DDR war die Obstzüchtung staatlich organisiert und ab 1971 in Dresden-Pillnitz konzentriert. Seit der Wiedervereinigung Deutschlands erfolgt die systematische Obstzüchtung vorwiegend in Dresden-Pillnitz, wo sich heute das Institut für Züchtungsforschung an Obst des Julius Kühn-Instituts (JKI) dieser Aufgabe widmet. Neben der Pillnitzer Züchtung existieren noch weitere staatliche und nichtstaatliche Züchtungsinitiativen. Viele deutsche Züchtungen haben den Obstbau weltweit beeinflusst. Zu diesen gehören u. a. die von v. Sengbusch gezüchtete Erdbeersorte 'Senga Sengana', die Gießener Unterlagen der GiSelA-Serie, die Pillnitzer Apfelsorten der ‚Pi‘- und ‚Re‘-Serie, die Geisenheimer Säulenäpfel der ‚Proficats‘- und ‚Procats‘-Serien, die Scharka-toleranten bzw. -resistenten Pflaumensorten aus Geisenheim und Hohenheim sowie die aus Jork stammende Süßkirschen-sorte 'Regina'.

### Rebenzüchtung

In Europa wurde die Züchtung von Weinreben als Folge der Einschleppung der nordamerikanischen Schadorganismen Echter Mehltau (1845, *Erysiphe necator*), Reblaus (1863, *Daktulosphaira vitifoliae*) und Falscher Mehltau (1878, *Plasmopara viticola*) sowie Schwarzfäule (1885, *Guignardia bidwellii*) eingeleitet. Züchter, hauptsächlich in Frankreich, verwendeten amerikanische Wildarten und interspezifische Hybriden, die sogenannten amerikanischen Hybriden aus dem 19. Jh. Aus diesen wurden einerseits Unterlagen selektiert, die Anfang des 20. Jh. mit der Einführung des Pfropfrebenanbaus zur Entschärfung des Reblausproblems und dem ersten erfolgreichen biotechnologischen Schädlingsbekämpfungsverfahren führten. Andererseits waren die resultierenden Nachkommen in der Edelreiszüchtung, die sogenannten französischen Hybriden, weniger erfolgreich. Sie litten größtenteils unter unzureichender Weinqualität und konnten daher auf dem Weinmarkt nicht überzeugen. Diese Sorten prägten das Vorurteil von Hybriden als Sorten von schlechter Qualität, das in weiten Teilen der Weinwelt noch heute anzutreffen, aber für modernes Zuchtmaterial wissenschaftlich nicht begründbar ist.

Obwohl bereits einige dieser französischen Hybridsorten (z. B. 'Seyval Blanc', 'Vidal Blanc') eine gute Leistung/Qualität und erhebliche Züchtungsfortschritte zeigten, erloschen die frühen französischen Züchtungsaktivitäten in der ersten Hälfte des 20. Jh. mit dem Ausscheiden der ersten Züchtergeneration. Die insgesamt schlechten Erfahrungen mit amerikanischen und französischen Hybriden in Europa führten zur Aufgabe der Rebenzüchtung in Ländern wie Frankreich oder Italien. Einige Resistenzzüchtungsprogramme wurden jedoch wie in Ungarn oder Deutschland fortgesetzt. Konsequenz und Kontinuität in diesen Ländern führten zu einer Reihe sehr interessanter Sorten. Gegen Ende des 20. Jh. kamen in Deutschland die ersten Sorten auf den Markt (z. B. 'Phoenix', 'Regent'), die eine hohe Widerstandsfähigkeit und gute Weinqualität zeigten. Seitdem sind viele neue Sorten auf den Markt gekommen. Diese bieten Winzern die Möglichkeit, ihr Sortenportfolio zu erweitern. In der jüngeren Vergangenheit wurden Resistenzzüchtungsprogramme, z. B. in Frankreich oder Italien, wiederbelebt, in denen die verfügbaren Sorten, z. B. aus Deutschland und Ungarn, als Kreuzungspartner Verwendung finden.

### Stand der Züchtung

Die Züchtungsprogramme in Deutschland bei Obst und Reben zählen zu den weltweit führenden. Die staatliche Unterstützung, langjährige Erfahrungen in der Zuchtarbeit, umfangreiches Zuchtmaterial und die Verfügbarkeit genetischer Ressourcen sind die Grundlagen für diesen Erfolg. Den zweiten Baustein liefert die Züchtungsforschung mit Methoden im Bereich der strukturellen (genetische und QTL-Kartierung, Markerentwicklung und markergestützte Selektion, Sequenzierung etc.) und funktionellen Genomanalyse (Gentechnik, Genome Editing). Neuerdings kommen Verfahren der digitalen Phä-

notypisierung als innovative Werkzeuge der Züchtung hinzu.

### Obstzüchtung

Die Erwartungen des Handels und der Verbraucher an neue Obstsorten sind heute extrem hoch. Das betrifft nicht nur das Aussehen und den Geschmack der Früchte. Transport- und Lagerfähigkeit, ein gutes Shelf life sowie hohe Fruchtfleisch- und Schalenfestigkeit gehören ebenso dazu wie der Gehalt an gesundheitsfördernden Inhaltsstoffen. Eine weitere Herausforderung stellt die Selektion von regional angepassten Sorten dar, um den verschiedenen lokalen Klimabedingungen gerecht zu werden. Viele neue Sorten werden diesen Anforderungen bereits gerecht. Ein gutes Beispiel dafür ist 'Areko' (Abb. 1), eine attraktive, großfruchtige und gutschmeckende Süßkirschensorte aus der Züchtung des JKI, die aufgrund ihrer hervorragenden Fruchteigenschaften eine wertvolle Bereicherung für den Obstbau ist. Zukunftsweisend ist auch die hochproduktive Sauerkirsche 'Taurus' (Abb. 1). Sie verbindet sehr gute Fruchteigenschaften mit guter Widerstandsfähigkeit gegenüber pilzlichen Schaderregern, wie *Monilia*-Spitzendürre (*Monilia laxa*) und der Sprühfleckenkrankheit (*Blumeriella jappii*). Aufgrund des hohen Gehaltes an Zucker und Fruchtsäure sowie der starken Farbintensität ist 'Taurus' ideal für die Verarbeitung geeignet.

Auch bei der Verbesserung der Resistenz sind erste Fortschritte zu verzeichnen. So gibt es inzwischen viele Apfelsorten mit einer monogenen Schorfresistenz (meist *Rvi6*) am Markt (Tab. 1). Diese ist zum Teil noch kombiniert mit Widerstandsfähigkeit gegenüber Feuerbrand (*Erwinia amylovora*) und/oder Apfelmehltau (*Podosphaera leucotricha*). Für die Züchtung von Sorten mit dauerhafter Resistenz bedarf es jedoch der Kombination von mehreren Resistenzen, die gegen das gleiche Pathogen gerichtet sind. Hier sind vor allem beim Apfel erste vielversprechende Sorten in der Entwicklung (Tab. 1, Abb. 2).

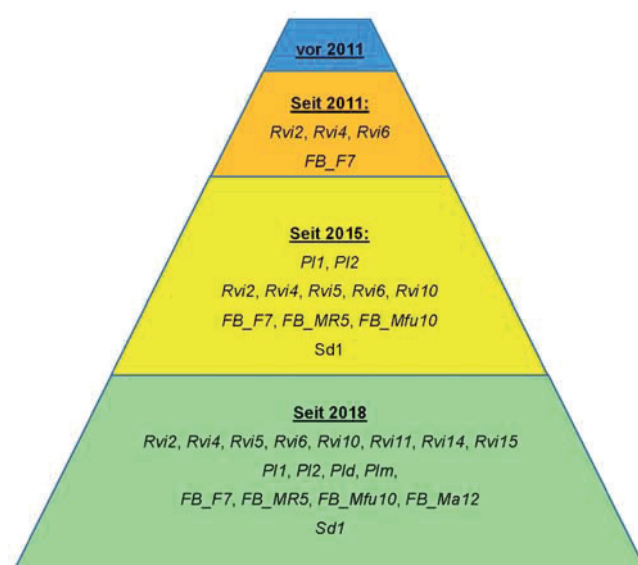


**Abb. 1.** Neue Kirschensorten aus der Züchtung des JKI. Links: Süßkirschensorte 'Areko', Rechts: Sauerkirschensorte 'Taurus'. Fotos: M. Schuster, JKI.



**Tab. 1. Beispiele für die Sortenentwicklung bei Apfel und wichtige Resistenzen aufgrund genetischer Fingerabdrücke und Feldbeobachtungen.**

| Schritte der Züchtung             | Rea Gold | Rea Juice | Rea Bellina        | Rea Agata          |
|-----------------------------------|----------|-----------|--------------------|--------------------|
| Kreuzungsjahr                     | 1995     | 1995      | 2000               | 2000               |
| Sortenschutz                      | 2016     | 2016      | Ukraine, beantragt | Ukraine, beantragt |
| Pflanzenschutzinsparungspotential | 60–70 %  | 60–70 %   | 75–80 %            | 75–80 %            |
| Merkmal                           |          |           |                    |                    |
| Apfelschorf                       | + Rvi6   | + Rvi6    | +++ Rvi2, Rvi4     | +++ Rvi2, Rvi4     |
| Apfelmehltau                      | +        | +         |                    | +                  |
| Feuerbrand                        |          |           |                    | +                  |
| Apfelfaltenlaus                   | +        | +         | +                  | ++ Sd1             |

**Abb. 2.** Neue Apfelsorten aus der Züchtung des JKI. Links: 'Rea Bellina', Rechts: 'Rea Gold'. Fotos: A. Peil, JKI.**Abb. 3.** Markergestützte Selektion zur Erweiterung der genetischen Basis für die Verbesserung der Resistenz in der Apfelzüchtung. Rvi..., Bezeichnung für einzelne Schorfresistenzgene; Pl..., Bezeichnung für einzelne Mehltausresistenzgene; FB..., Bezeichnung für einzelne Feuerbrandresistenzgene; Sd1, Resistenzgen gegenüber Apfelfaltenlaus *Dysaphis devecta*.

Künftig wird neben der Sortenzüchtung der kontinuierlichen Entwicklung von neuem Ausgangsmaterial eine große Bedeutung beigemessen. So konnte durch Artbastardierungen sowie den Aufbau von Sammlungskollektionen aus den Ursprungsgebieten der Kirsche die genetische Basis für die Züchtung bei Süß- und Sauerkirsche in den letzten Jahren systematisch erweitert werden. Im Ergebnis steht der Züchtung heute vielfältigstes Material mit interessanten Werteigenschaften und Widerstandsfähigkeit gegenüber verschiedenen Krankheiten zur Verfügung.

Bei Apfel wurden die in der ersten Hälfte des 20. Jh. begonnenen Arbeiten auf dem Gebiet der Resistenzzüchtung kontinuierlich fortgesetzt. Um diese Arbeiten effektiver zu gestalten, wurde im Jahr 2011 ein Programm zur markergestützten Selektion gestartet. Seit dieser Zeit hat es auf diesem Gebiet eine enorme Entwicklung gegeben (Abb. 3). Durch die gezielte Anwendung einer stetig an-

steigenden Anzahl von Markern für verschiedene Resistenzgene war es möglich, die genetische Ausgangsbasis stark zu erweitern. Heute existieren bereits Zuchtklone mit Kombinationen von bis zu vier Schorfresistenzgenen. Damit ist die Züchtung der Schaffung von Sorten mit einer dauerhaften Resistenz einen wesentlichen Schritt nähergekommen.

### Rebenzüchtung

Klimawandel und Nachhaltigkeit sind die treibenden Kräfte für die Entwicklung neuer Rebsorten. Sorten der ersten Generation, z. B. 'Phoenix' oder 'Regent', reifen unter heutigen Bedingungen im Durchschnitt früh (zwei bis drei Wochen früher als vor 30 bis 40 Jahren, als frühe Reife und hohe Mostgewichte (Zuckerbildungsvermögen) prioritäre Zuchtziele waren). Sie sind von einfachen

Resistenzen gegen Echten und Falschen Mehltau geprägt. Mit der erfolgten Zulassung und Klassifizierung der neuen Rebsorten 'Calardis Blanc' und 'Felicia' im Jahr 2020 und die für dieses Jahr erwartete Klassifizierung von 'Calardis Musqué' stehen weitere qualitativ hochwertige Rebsorten bereit. Diese neuen Sorten bieten dem Winzer eine Reihe von Vorteilen, die sie für neue Märkte relevant machen und für Verbraucher eine Entdeckungsreise wert sind. Neben ihrer hohen Produktqualität zeigen diese Sorten teils Mehrfachresistenzen gegen Echten Mehltau, Falschen Mehltau und Schwarzfäule sowie Widerstandsfähigkeit gegen *Botrytis* (Tab. 2, Abb. 4).

- Das elegante Bouquet aus tropischen Früchten und dezenten Muskataromen, kombiniert mit angepasster Säure führt zu frischen, fruchtigen Weinen (und Sekten) aus 'Calardis Blanc' ('Calardis Musqué' × 'Seyve Villard' 39–639) mit moderatem Alkoholgehalt. Die weinbaulichen Vorteile von 'Calardis Blanc' sind die hohe Beständigkeit gegen Falschen Mehltau und Schwarzfäule, die mittlere Beständigkeit gegen Echten Mehltau, die mittlere bis hohe Widerstandsfähigkeit gegen *Botrytis* und eine hohe Toleranz gegenüber Sonnenbrand. Aufrechtes Wachstum, Austrieb mit 'Riesling' und Reifung eine Woche vor dem 'Riesling'

**Tab. 2. Beispiele für die Sortenentwicklung jüngster Rebsorten und wichtige Resistenzen aufgrund genetischer Fingerabdrücke und Feldbeobachtungen.**

| Schritte der Züchtung             | Calardis Blanc                    | Felicia                          | Calardis Musqué              |
|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Kreuzungsjahr                     | 1993                              | 1984                             | 1964                         |
| Sortenschutz                      | 2018                              | 2009                             | 2024/2025 erwartet           |
| Jahr der Klassifizierung          | 2020                              | 2020                             | 2021 erwartet                |
| Artzugehörigkeit                  | <i>V. vinifera</i>                | <i>V. vinifera</i>               | <i>V. vinifera</i>           |
| Pflanzenschutzinsparungspotential | bis zu 80 %                       | bis zu 70 %                      | bis zu 60 %                  |
| Merkmal                           | Calardis Blanc                    | Felicia                          | Calardis Musqué              |
| Echter Mehltau                    | ++ <i>Ren3</i> , <i>Ren9</i>      | ++ <i>Ren3</i> , <i>Ren9</i>     | ++ <i>Ren3</i> , <i>Ren9</i> |
| Falscher Mehltau                  | +++ <i>Rpv3.1</i> , <i>Rpv3.2</i> | ++ <i>Rpv3.1</i> , <i>Rpv3.3</i> | ++ <i>Rpv3.2</i>             |
| Schwarzfäule                      | +++                               | +++                              | +++                          |
| Traubendichte <sup>a</sup>        | locker                            | locker                           | mittel bis locker            |

<sup>a</sup> Die Dichte oder Kompaktheit einer Traube ist eng mit der Widerstandsfähigkeit gegenüber *Botrytis* korreliert. Lockere Traubenarchitektur gilt als physikalische Barriere und erlaubt ein schnelleres Trocknen. Feuchtigkeit in Trauben begünstigt das *Botrytis*-Wachstum.



**Abb. 4.** Neue Rebsorten aus der Züchtung des JKI. Links: 'Calardis Blanc', Mitte: 'Felicia', Rechts: 'Calardis Musqué'.

beschreiben weitere wichtige Merkmale. 'Calardis Blanc' ist ein Prototyp für eine Generation von multi-resistenten Sorten mit pyramidierten Resistenzen (Pflanzenschutzersparung bis zu 80 %), erstklassiger Weinqualität sowie Anpassung an einige durch den Klimawandel hervorgerufene Veränderungen. Der Name „Calardis“ lehnt sich an die historische Bezeichnung für Geilweilerhof (Calardiswilre = Gailhardswailer) an.

- **'Felicia'** ('Sirius' × 'Vidal Blanc') zeichnet sich durch einen blumigen Weintyp aus, oft kombiniert mit Aromen reifer gelber Früchte (Banane, Melone). Der Wein erinnert in seiner unkomplizierten Art an 'Müller-Thurgau'-Weine. Seine Resistenzen für Echten Mehltau, Falschen Mehltau und *Botrytis* sind als mittlere Resistenzen einzustufen. Die Sorte besitzt zudem eine hohe Resistenz gegenüber Schwarzfäule. Es können bis zu 70 % der Fungizide eingespart werden.
- Die filigrane und dennoch deutliche Aromatik mit komplexen Fruchtnoten und würzigem Muskaton umgeben einen vollmundigen Wein von besonderer Harmonie und Finesse. **'Calardis Musqué'** ('Bacchus' × 'Seyval Blanc') bildet seit Jahrzehnten die Avantgarde unter unseren Zuchtstämmen in Sachen Weinqualität. Sie ist weinbaulich nicht in allen Belangen die perfekte Sorte (die Laubarbeit und eine leichte Sonnenbrandanfälligkeit erfordern Beachtung), entschädigt aber dafür mit Ihrer Qualität. Mittlere Resistenzen für Echten Mehltau, Falschen Mehltau und *Botrytis* sowie hohe Resistenz gegenüber Schwarzfäule zeichnen 'Calardis Musqué' aus und erlauben eine Reduktion des Pflanzenschutzes um bis zu 60 %.

### Zukunft der Züchtung

Obst- und Weinbau prägen die Kulturlandschaft, schaffen eine hohe regionale Identität mit hohen primären (Obst- und Weinbau selbst) aber auch sekundären wirtschaftlichen Potentialen (Tourismus und Naherholung). Beide Produktionszweige weisen ein hohes Image auf, die Produktionsrealitäten sind jedoch noch weit von den Zielen des „Green Deal 2030“ entfernt. Durch die hohe Nachfrage nach Pestiziden zur Bekämpfung von Schädlingen und Krankheiten und angesichts der wachsenden Herausforderungen durch den Klimawandel stehen Obst- und Weinbau an einem Scheideweg. In der Weinbaupraxis blockiert derzeit die außerordentlich enge Bindung traditioneller Sorten an die gängigen Vermarktungskonzepte Sorteninnovationen. Im Obstbau ist die Situation aufgrund der z. T. starren Anforderungen des Handels sehr ähnlich. Ein wichtiger Schritt in Richtung Nachhaltigkeit erfordert einen Übergang zum Anbau robuster Sorten/Klone, die an den Klimawandel angepasst sind.

Eine gezielte Verbesserung der Resistenz **traditioneller Sorten** ist jedoch nach Stand der Technik nicht ohne gentechnische Eingriffe möglich. Solche Eingriffe eröffnen neue Wege, sie werden jedoch vielfach kritisch diskutiert und stehen bei Obst und Reben noch in den

Anfängen. Bislang wurden erst wenige Gene funktional getestet; sie vermitteln nach Genübertragung Resistenz in traditionellen Sorten (VANBLAERE et al., 2011, BROGGINI et al., 2014, SCHOUTEN et al., 2014). Neue Züchtungstechniken stehen am Anfang einer potentiellen Anwendung und müssen in der Züchtung bei Obst und Reben erst noch implementiert und validiert werden. Wie die resultierenden Sorten dann rechtlich einzustufen sein werden, ist eine politische Entscheidung und soll an dieser Stelle nicht thematisiert werden. Zunächst sind in den kommenden Jahren technische Hürden bei der Implementierung von z. B. CRISPR/Cas zu beseitigen. Die Regeneration von Obst und Reben in Zellkultursystemen ist sehr aufwendig und oft nur bei ausgewählten Genotypen erfolgreich. Es ist zwar denkbar, dass Gene für Anfälligkeit (z. B. *mlo* und *drm6* gegenüber Echtem und Falschem Mehltau bei Rebe bzw. *mlo* sowie *HIPM* und *DIPM* gegenüber Mehltau und Feuerbrand bei Apfel) gezielt ausgeschaltet werden können, bisherige Versuche waren jedoch nicht in jedem Fall erfolgreich (GIACOMELLI et al., 2019, PESSINA et al., 2016; 2017).

Die klassische Züchtung hat aufgrund der Fortschritte bei der Identifizierung und Introgression von Resistenzen aus Wildarten zahlreiche neue Resistenzen erschlossen. Diese werden sukzessive an das Qualitätsniveau von Elitesorten herangeführt und für die Sortenentwicklung genutzt. Derzeit stehen den Rebenzüchtern mit Zielrichtung „Sorten für nördliches Weinbauklima“ die Resistenzen *Run1*, *Ren1*, *Ren3/Ren9* gegen Echten Mehltau und *Rpv1*, *Rpv3-1*, *Rpv3-2*, *Rpv3-3*, *Rpv10* und *Rpv12* gegen Falschen Mehltau zur Verfügung. Insgesamt sind weit mehr Resistenzgene beschrieben, die jedoch noch in Elitematerial überführt werden müssen. In der Apfelmehrzüchtung sieht es ähnlich aus. Hier stehen der Züchtung heute 18 Resistenzgene gegenüber Apfelschorf zur Verfügung. Auch für Feuerbrand, Apfelmehltau und verschiedene Insekten gibt es bereits mehrere nutzbare Resistenzen (HANKE et al., 2020).

Zuchtstämmen bzw. Zuchtklone und erste Sorten mit pyramidierten Resistenzen werden heute bereits getestet. Künftige Sorten werden jeweils zwei oder drei Resistenzen gegen den gleichen Erreger tragen und sollen mit einem minimalen Pflanzenschutz kultiviert werden können. Anpassungen an die Auswirkungen des Klimawandels (z. B. Spätfrost, Hitze, Sonnenbrand, Krankheitsdruck) und Veränderungen in den Inhaltsstoffen der Früchte bzw. der Zusammensetzung der Produkte, die bei Trauben maßgeblich die Weinqualität beeinflussen, stehen zunehmend im Blick der Züchtungsforschung. Geeignetes Pflanzenmaterial für die Analyse wurde innerhalb der letzten Dekade entwickelt, welches die Grundlage für genetische Studien bildet. Dank der raschen Entwicklung der Genomanalysetechniken und der Phänotypisierung werden die Analysen präziser und steigern mit ihren Resultaten den Zuchtfortschritt. Derzeit laufen einige Verbundforschungsprojekte, die mit Hilfe von Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI) die Erhebung von Merkmalsdaten beschleunigen werden. Das JKI hat in den vergangenen Jahren wichtige methodische Grund-



steine gelegt und Merkmale wie Botrytis-Festigkeit auf der Ebene der Traubenarchitektur (ROSSMANN et al., 2020, RICHTER et al., 2020, RIST et al., 2019) und Beerenhaut-Permeabilität und -festigkeit (HERZOG et al., 2015, BARRÉ et al., 2019, HAUCKE et al., 2021) analysiert. Auch bei Obst wurden erste Projekte in diese Richtung gestartet. Es wird erwartet, dass nutzerfreundliche Anwendungspipelines in den kommenden Jahren zur Verfügung stehen.


### Erklärung zu Interessenkonflikten

Die Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.


### Literatur

- BARRÉ, P., K. HERZOG, R. HÖFLE, M.B. HULLIN, R. TÖPFER, V. STEINHAGE, 2019: Automated phenotyping of epicuticular waxes of grapevine berries using light separation and Convolutional Neural Networks. *Computers and Electronics in Agriculture* **156**, 263-274, DOI: 10.1016/j.compag.2018.11.012.
- BROGGINI, G.A.L., T. WÖHNER, J. FAHRENTTRAPP, T. KOST, H. FLACHOWSKY, A. PEIL, ... C. GESSLER, 2014: Engineering fire blight resistance into the apple cultivar 'Gala' using the FB\_MR5 CC-NBS-LRR resistance gene of *Malus × robusta* 5. *Plant Biotechnology Journal* **12** (6), 728-733, DOI: 10.1111/pbi.12177.
- GIACOMELLI, L., T. ZEILMAKER, M. MALNOY, J. ROUPPE VAN DER VOORT, C. MOSER, 2019: Generation of mildew-resistant grapevine clones via genome editing. *Acta Horticulturae* **1248**, 195-200, DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1248.28.
- HANKE, M.-V., H. FLACHOWSKY, A. PEIL, O.F. EMERIEWEN, 2020: *Malus × domestica* Apple. In: *Biotechnology of Fruit and Nut Crops*. LITZ, R.E., F. PLIEGO-ALFARO, J.I. HORMAZA (Eds), 2<sup>nd</sup> Edition. CAB International 2020, CABI, Boston, USA, ISBN 9781780648279.
- HAUCKE, T., K. HERZOG, P. BARRÉ, R. HÖFLE, R. TÖPFER, V. STEINHAGE, 2021: Improved optical phenotyping of the grape berry surface using light-separation and automated RGB image analysis. *Vitis* **60** (1), 1-10, DOI: 10.5073/vitis.2021.60.1-10.
- HERZOG, K., R. WIND, R. TÖPFER, 2015: Impedance of the grape berry cuticle as a novel phenotypic trait to estimate resistance to *Botrytis cinerea*. *Sensors* **15** (6), 12498-12512, DOI: 10.3390/s150612498.
- PESSINA, S., D. ANGELI, S. MARTENS, R.G. VISSER, Y. BAI, F. SALAMINI, ... M. MALNOY, 2016: The knock-down of the expression of *MdMLO19* reduces susceptibility to powdery mildew (*Podosphaera leucotricha*) in apple (*Malus domestica*). *Plant Biotechnol J.* **14** (10), 2033-44, DOI: 10.1111/pbi.12562.
- PESSINA, S., L. PALMIERI, L. BIANCO, J. GASSMANN, E. VAN DE WEG, R.G.F. VISSER, ... M. MALNOY, 2017: Frequency of a natural truncated allele of *MdMLO19* in the germplasm of *Malus domestica*. *Molecular Breeding* **37**, 7, DOI: 10.1007/s11032-016-0610-8.
- RICHTER, R., S. ROSSMANN, D. GABRIEL, R. TÖPFER, K. THERES, R. ZYPRIAN, 2020: Differential expression of transcription factor- and further growth-related genes correlates with contrasting cluster architecture in *Vitis vinifera* 'Pinot Noir' and *Vitis* spp. Genotypes. *Theoretical and Applied Genetics* **133** (12), 3249-3272, DOI: 10.1007/s00122-020-03667-0.
- RIST, F., D. GABRIEL, J. MACK, V. STEINHAGE, R. TÖPFER, K. HERZOG, 2019: Combination of an automated 3D field phenotyping workflow and predictive modelling for high-throughput and non-invasive phenotyping of grape bunches. *Remote Sensing* **11** (24), 2953, DOI: 10.3390/rs11242953.
- ROSSMANN, S., R. RICHTER, H. SUN, K. SCHNEEBERGER, R. TÖPFER, E. ZYPRIAN, K. THERES, 2020: Mutations in the *miR396* binding site of the growth-regulation factor gene *VvGRF4* modulate inflorescence architecture in grapevine. *The Plant Journal* **101**, 1234-1248, DOI: 10.1111/tpj.14588.
- SCHOUTEN, H.J., J. BRINKHUIS, A. VAN DER BURGH, J.G. SCHAART, R. GROENWOLD, G.A.L. BROGGINI, C. GESSLER, 2014: Cloning and functional characterization of the *Rvi15* (*Vr2*) gene for apple scab resistance. *Tree Genetics & Genomes* **10**, 251-260, DOI: 10.1007/s11295-013-0678-9.
- TÖPFER, R., L. HAUSMANN, M. HARST, E. MAUL, E. ZYPRIAN, R. EIBACH, 2011: New horizons for grapevine breeding. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* **5** (Special Issue 1), 79-100.
- VANBLAERE, T., I. SZANKOWSKI, J. SCHAART, H. SCHOUTEN, H. FLACHOWSKY, G.A.L. BROGGINI, C. GESSLER, 2011: The development of a cisgenic apple. *Journal of Biotechnology* **154** (4), 304-311, DOI: 10.1016/j.jbiotec.2011.05.013.

© Der Autor/Die Autorin 2021.

 Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt wird (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

© The Author(s) 2021.

 This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).