

SCHRIFTEN ZUR WEINGESCHICHTE · NR. 172

GESCHICHTE UND
ENTWICKLUNG DER
REBENZÜCHTUNG AUF DEM
GEILWEILERHOF

VON REINHARD TÖPFER,
ERIKA MAUL UND RUDOLF EIBACH



GESELLSCHAFT FÜR GESCHICHTE DES WEINES E.V.
WIESBADEN 2011

Anschrift der Autoren:

Dir. und Prof. Dr. Reinhard Töpfer

Dr. Erika Maul

Dr. Rudolf Eibach

Julius Kühn-Institut (JKI)

Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof

D-76833 Siebeldingen

Privatdruck für die Mitglieder der Gesellschaft für Geschichte des Weines e. V.

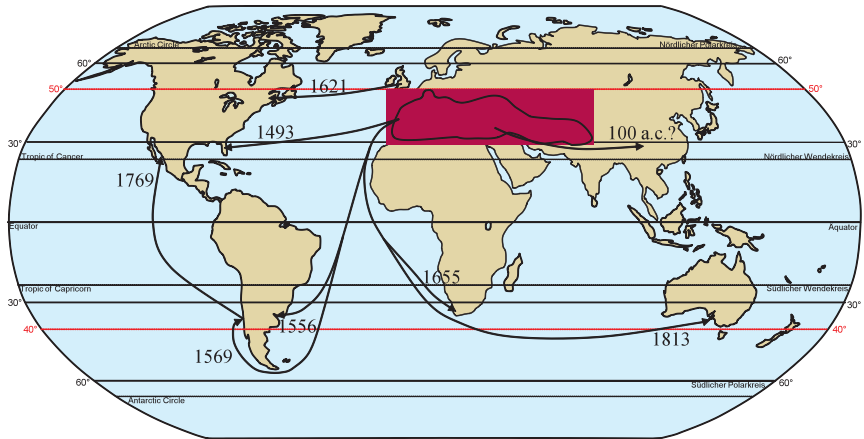
Kein Teil dieser Schrift darf ohne schriftliche Genehmigung der Gesellschaft in irgendeiner Form reproduziert oder gespeichert werden. Wiedergabe einer Textstelle bis zu höchstens 20 Zeilen nur mit genauer Zitierung (Verfasser, Titel, Jahr, Schriften zur Weingeschichte Nr. 172) gestattet.

Nicht im Buchhandel

1. Einleitung

Die Ursprünge der Nutzung und der (primären) Domestikation von Reben werden auf die Region des Südkaukasus zurückgeführt. Archäologische Nachweise der Weinherstellung reichen in die Zeit von 5400 bis 5000 vor Christus. In diese Zeit (siehe Exkurs) wird ein neolithisches Weingefäß datiert, das im mesopotamischen Hajji Firuz Tepe im heutigen Iran gefunden worden ist. Es enthielt u. a. Weinstein (McGovern et al. 1996) und ist damit eines der ältesten Zeugnisse der Weinkultur. Ungeachtet solcher Zeugnisse darf die Nutzung von Weintrauben als Nahrungsmittel und Getränk als weitaus älter eingestuft werden und sich im Schnittpunkt des natürlichen Verbreitungsgebietes der Rebe und nomadischen Wanderungen des Frühmenschen ergeben haben. Es ist davon auszugehen, dass die Domestikation mit dem Entstehen erster fester Siedlungen einhergegangen sein dürfte. Die Verbreitung der aus der Wildform *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* im Laufe der Jahrtausende selektierten hermaphroditen (zwittrigen), ertragreichen und qualitativ wertvollen Sorten begann mit der Entwicklung der Hochkulturen in Mesopotamien, erfolgte über den Vorderen Orient (Ägypten, Syrien, Libanon, Israel) und Griechenland bis in den gesamten Mittelmeerraum. Mit der Ausbreitung des römischen Reiches drangen Kulturreben bis in das nördliche Germanien vor. In den letzten Jahren wurden auf Grund genetischer Studien vermehrt Hinweise auf sekundäre Domestikationsereignisse gefunden (Grassi et al. 2003). Menschen verbreiteten auf Handelswegen sowie im Zuge von Eroberungen und Unterwerfungen Reben, die sich in ihrer „neuen“ Heimat mit den dort verbreiteten einheimischen Reben kreuzten und neue Formen hervorbrachten, die bessere Eigenschaften besaßen, z. B. eine bessere klimatische Eignung (insbesondere im Norden Europas). Die weitere Verbreitung der Rebe auf andere Kontinente erfolgte in Folge der Entdeckungsreisen in der frühen Neuzeit und mit den späteren Auswanderern (Abb. 1).

Wanderung der Rebe um die Welt



 *Vitis vinifera*

Abb. 1: Natürliches Verbreitungsgebiet der europäischen Wildrebe vom westlichen Mittelmeer bis Tadschikistan. Nach der Primärdomestikation im Übergangsbereich zwischen dem Südkaukasus und dem nördlichen Rand des fruchtbaren Halbmondes (Mesopotamien) erfolgte im 2. und 1. Jahrtausend v. Chr. die Verbreitung ertragreicher kultivierter Formen im Mittelmeerraum. Nach der Zeitenwende erreichten Kulturreben die heutigen Weinbauregionen des nördlichen Europas. Ihr Siegeszug um die Welt begann mit Entdeckungen Amerikas und Australiens in der frühen Neuzeit.

Exkurs

Zeitliche Einordnung der Domestikation:

Die Entstehung der Landwirtschaft beginnt etwa 10000 v. Chr. mit dem Ende der letzten Eiszeit. Der Übergang zur bäuerlichen Lebensweise, also dem Wandel hin zur Kultivierung geeigneter Arten, vollzog sich unabhängig voneinander, aber nicht gleichzeitig, an mindestens drei, wahrscheinlich sogar an fünf oder mehr Orten: Naher Osten – früheste Entstehung, Südchina, Nordchina, Mittelamerika, Südamerika (Anden), Westafrika, Indien (vermutlich mehrere Neolithisierungsherde), ungesichert aber wahrscheinlich: Äthiopien, im Osten Nordamerikas und Neuguinea.

Die *Jungsteinzeit*, auch *Neolithikum* (vom altgriech. *neos* „neu, jung“ und *lithos* „Stein“), ist eine Epoche der Menschheitsgeschichte, deren Beginn mit

dem Übergang von Jäger- und Sammlerkulturen zu sesshaften Bauern mit domestizierten Tieren und Pflanzen definiert ist.

Der Übergang zur neolithischen Wirtschaftsweise wird als Neolithische Revolution bezeichnet. Sie vollzog sich weltweit unterschiedlich. Nomadische Lebensweise wurde im Zuge von Ackerbau und Viehhaltung gegen Sesshaftigkeit in Dorfgemeinschaften eingetauscht. Der Ackerbau schuf die Grundlage zu einer arbeitsteiligen Gesellschaft. Nahrungsproduktion und Vorratshaltung führten zu einer größeren Unabhängigkeit von der natürlichen Umwelt und bildeten die Basis für Bevölkerungswachstum. Dieser Prozess vollzog sich vor etwa 12000 Jahren erstmals im Gebiet des „Fruchtbaren Halbmonds“, vor allem an den Südrändern von Taurus- und Zagrosgebirge. Noch bevor der dörfliche Hausbau aus Holz oder Stein archäologisch belegt ist, gab es in dieser Region bereits monumentale Tempelanlagen, wie auf dem Göbekli Tepe oder in Nevalı Cori (Südosttürkei).

- 11500 bis 9500 v. Chr.: *Proto-Neolithikum* (auch Natufien). – Die Jäger- und Sammler- und Fischerkultur, die in der Levante und am mittleren Euphrat auftrat, war zumindest saisonal sesshaft, kannte allerdings weder Viehzucht noch Getreideanbau. Die Wohnplätze bestanden aus Rundhütten (Ohalo). Feuersteinwerkzeuge wurden noch nicht geschliffen, sondern in die gewünschte Form geschlagen.
- 9500 bis 8200 v. Chr.: *Präkeramisches Neolithikum A*, (*Pre-Pottery Neolithic A*, PPNA), ältere Phase des Akeramikums. – In dieser Zeit bestanden erste Siedlungen aus Rundhäusern (Trockenmauerwerk). Die Kunst dieser Zeit beschränkte sich hauptsächlich auf Idole, kleine Steinskulpturen, die hauptsächlich Frauen, seltener Männer oder Tiere darstellten. Getreideanbau war zu dieser Zeit schon bekannt. Die Viehzucht lässt sich in diesem Frühstadium anhand von Tierknochenrekonstruktionen noch nicht belegen, es wurden weiter Gazellen gejagt.
- 8200 bis 6800/6500 v. Chr.: *Präkeramisches Neolithikum B*, (*Pre-Pottery Neolithic B*, PPNB) – Die Häuser waren rechteckig oder quadratisch. Die *Domestikation von Tieren ist festgestellt*, eine Ausbreitung nach Westen fand statt, mit Floß und Einbaum auch übers Meer (Zypern). Meist weibliche Idole aus Stein oder Ton mit nur angedeuteten Gesichtern, aber deutlich ausgeprägten Geschlechtsteilen traten nun auf. Werkzeugherstellung durch geschliffene Steinindustrie und erste ungebrannte Keramik ist bekannt.
- 6500 bis 5500 v. Chr.: *Keramisches Neolithikum im Vorderen Orient* (*Pottery Neolithic*, PN), ab etwa 6200 v. Chr. auch im östlichen Mittelmeergebiet – Totenbestattungen erfolgten nun außerhalb der Siedlung. Neben dem *Getreideanbau* waren auch *Nutztiere* bekannt, die Jagd war nicht mehr der Hauptfleischlieferant. Die Keramikherstellung verbreitete sich

weiter. Archäologisch wird das Keramische Neolithikum in drei Phasen unterteilt: monochrome Phase, bemalte Phase und klassische Phase.

- 5500 bis 4500 v. Chr.: *Neolithikum in Mitteleuropa* – Im südlichen Mitteleuropa wird zwischen Frühneolithikum, Mittelneolithikum unterschieden. Phase bäuerlicher Kulturen ohne Metallverarbeitung, im Wesentlichen Bandkeramik, Rössener Kultur und weitere Lokalgruppen.

Das Ende der Jungsteinzeit wird mit der regional einsetzenden Verarbeitung von Kupfer eingeleitet (Kupfersteinzeit), im Allgemeinen wird sie aber erst durch die Bronzezeit abgelöst. In Afrika folgt auf die Jungsteinzeit direkt die Eisenzeit.

- 5500 bis 3300 v. Chr.: *Kupfersteinzeit* im Vorderen Orient – Beginn der Metallverarbeitung im Schmelzverfahren. Nun bilden sich auch gesellschaftliche Oberschichten, Fernhandel und stärker befestigte Siedlungen heraus.
- 4500/4000–2200 v. Chr.: *Kupfersteinzeit in Mitteleuropa* – Früheste Kupferverarbeitung in Mitteleuropa.

(Quelle: Wikipedia Nov. 2010, modifiziert)

Ende des Exkurses

Ausgelöst durch den wachsenden Wunsch nach exotischen Pflanzen zu Studien- und Repräsentationszwecken und als Statussymbol der Wohlhabenden erreichte im 18. und 19. Jahrhundert der Austausch von Pflanzen zwischen den Kontinenten einen Höhepunkt. Begünstigt wurde dieser interkontinentale Pflanzentransport durch sog. „Wardian cases“, vom englischen Arzt und Hobby-Botaniker Dr. Nathaniel Ward (1791–1868) erfundene Möbel-Gewächshäuser (eine Art Terrarium). Sie erlaubten über den Transport von Samen, Knollen und anderen Dauerstadien hinaus nunmehr den Transport intakter lebender Pflanzen. Der resultierende ungezügelter Transport führte nicht nur zur Verbreitung von Pflanzenarten, sondern auch ihrer Schädlinge und Schaderreger, die bis weit ins 19. Jahrhundert weitgehend unbekannt waren. Eines der verheerendsten Beispiele sind die infolge der Einschleppung aus Nordamerika der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) der Kartoffel in den Jahren 1845 bis 1852 aufgetretenen Hungersnöte („Great Famine“) in Irland mit Schätzungen zufolge einer Million Toter und einer Auswanderungswelle nach Nordamerika in vergleichbarem Umfang.

Der Weinbau wurde gleichfalls durch eingeschleppte Mehltau-Schadpilze, Echter Mehltau (1845, *Erysiphe necator*) und Falscher Mehltau (1878, *Plasmopara viticola*) und durch die Reblaus (1863, *Daktulosphaira vitifoliae*) heimgesucht. In 15 Jahren zerstörte die Reblaus in Frankreich rund 800.000 Hektar Weinbaufläche und brachte den französischen Weinbau an den Rand des Ruins. Die durch die Schadpilze und die Reblaus ausgelösten Probleme führten zur Einführung eines intensiven Pflanzenschutzes gegen Mehltaupilze und letztlich zum Pfropfrebenanbau gegen die Reblaus. Gleichzeitig sind sie die Auslöser der Rebenzüchtung in Europa. Im Jahr 1880 schlug der französische Wissenschaftler Alexis Millardet vor, die Resistenz der amerikanischen Wildreben zu nutzen und mit den Qualitätseigenschaften der Europäerrebe zu kombinieren. Sein Vorschlag führte Anfang des 20. Jahrhunderts zu Wurzelreblaus-toleranten Unterlagssorten im Anbau. Aufgrund der Reblautoleranz der heutigen Unterlagssorten manifestierte sich die Reblaus in den Weinbaugebieten ohne sichtbare Schäden zu verursachen. Die erfolgreiche Züchtung pilzwiderstandsfähiger Edelreissorten sollte jedoch über 100 Jahre auf sich warten lassen. Tabelle 1 gibt eine zeitliche Einordnung der Rebenzüchtung und wichtige Ereignisse/Fortschritte wieder.

2. Resistenzzüchtung auf dem Geilweilerhof

Im Jahr 1866 veröffentlichte Gregor Mendel (1866) seine Arbeiten zu „Versuche über Pflanzenhybriden“ und beschrieb die später nach ihm benannten Mendelschen Regeln. Zunächst blieben diese Arbeiten unbeachtet, bis sie 1900 von de Vries (Amsterdam), Correns (Tübingen) und Tschermak (Wien) unabhängig voneinander wiederentdeckt wurden. Um die Jahrhundertwende sind die phytosanitären und wirtschaftlichen Probleme des Weinbaus hochbrisant. Alle Lösungsvorschläge zur Bekämpfung der grassierenden Krankheiten fallen auf fruchtbaren Boden. Einer der wichtigsten Vorschläge ist die Züchtung resistenter Reben. In Deutschland gehen die Anfänge der systematischen Resistenzzüchtung bei Weinreben auf Erwin Baur zurück und standen ganz im Licht der klassischen Vererbungslehre. Erste Überlegungen zur Struktur eines Zuchtprogramms erörterte Baur 1913 anlässlich einer Tagung der Gesellschaft für Pflanzenzüchtung (GFP) in Berlin. Praktische Schritte zur Resistenzzüchtung folgten jedoch erst

Tabelle 1: Einordnung der Rebenzüchtung und wichtige Ereignisse/Fortschritte in einen zeitlichen Kontext sowie Einzelereignisse am Geilweilerhof

Jahr	Ereignis/Fortschritt
1845	Echter Mehltau in Europa
1850	Geburt von Hermann Müller
1863	Reblaus in Europa
1866	Entdeckung der Mendelschen Regeln
1876	Beginn der Klonselektion Gustav Adolf Froelich
1878	Falscher Mehltau in Europa
1880	Ziel: Resistenz und Qualität kombinieren (Millardet)
1882	Kreuzung der Rebsorte Müller-Thurgau
1900	Wiederentdeckung der Mendelschen Regeln
1925	Anmeldung des ersten Klons bei der DLG (Silvaner)
1926	Beginn der Resistenzzüchtung auf dem Geilweilerhof
1928	Erwin Baur gründet das Kaiser Wilhelm Institut in Müncheberg mit einer Abteilung Rebenzüchtung
1926–1956	Peter Morio am Geilweilerhof
1947–1970	Bernhard Husfeld am Geilweilerhof
1966	Geilweilerhof wird Bundesforschungsanstalt (Ressortforschung)
1967	„Diana“ und „Chambourcin“ werden gekreuzt – Geburtsstunde von „Regent“
1956–1995	Gerhardt Alleweldt am Geilweilerhof (Leitung 1970–1995)
1992	Ressortforschung am Geilweilerhof und in Ahrensburg (Zierpflanzen) werden organisatorisch zusammengefasst
1993	Ressortforschung am Geilweilerhof und in Ahrensburg werden Teil der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ)
1995	Regent erhält Sortenschutz
1996	Regent wird klassifiziert
2004	„Felicia“ und „Reberger“ erhalten Sortenschutz
2008	Geilweilerhof wird Teil des Julius Kühn-Instituts (JKI)
2009	Weinbauforschung des JKI Institut für Pflanzenschutz im Obst- und Weinbau aus Bernkastel-Kues nimmt die Arbeit am Geilweilerhof auf
2009	Das Internationale Regent-Forum wird offizieller EU-weit anerkannter Weinwettbewerb



Abb. 2: Ansicht des Kaiser-Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung in Müncheberg in der Mark Brandenburg, das 1926 gegründet wurde. Im Vordergrund sind Rebanlagen zu erkennen. (Quelle: <http://www.zalf.de>)

mit dem in Müncheberg am 29. September 1928 eröffneten Kaiser-Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung (Abb. 2). Dort schuf Baur eine Abteilung für Rebenzüchtung, die von Bernhard Husfeld geleitet wurde. Ihre Arbeiten an Reben hatten Baur und Husfeld 1926 in Berlin begonnen und nutzten u. a. Material des Züchters Philip Christian Oberlin¹, der in Colmar *V. riparia* × Gamay-Kreuzungen durchgeführt hatte (z. B. Oberlin 595 und Oberlin 716). Mit großem Elan bauten sie in Müncheberg die Züchtung auf und schufen bis 1936 ein umfangreiches Zuchtprogramm. Es umfasste u. a. ein Sortiment von etwa 400 Sorten/Genotypen (je 25 Stock), 40.000 Plasmopara-widerstandsfähige Nachkommen, 10.000 Stock Riesling-Selbstungen und 30.000 F₂-Pflanzen. Ein Teil der besonders aussichtsreichen Genotypen (etwa 3.000) wurde bereits 1936 in der Außenstelle Wicker im Rheingau inmitten des Weinbaus geprüft, um Fragen der Weinqualität zu beantworten. Nach dem Krieg wurde diese Außenstelle organi-

¹ Philip Christian Oberlin (1831–1915) legte bereits 1854 Sortenversuche in Colmar an und gründete 1897 das dortige Weinbauinstitut. Bekannt ist sein Zuchtstamm Oberlin 595 = Oberlin Noir.



Abb. 3: Der Geilweilerhof 1956.

satorisch dem Geilweilerhof zugordnet, bis sie im Zuge von Struktur-reformen der Ressortforschung, zu der der Geilweilerhof ab 1966 zählte, im Jahr 1998 veräußert wurde.

Fast zeitgleich mit den Anfängen der Rebenforschung in Berlin und Müncheberg übereignete Geheimrat August Ludowici zum 19. Oktober 1925 sein Mustergut Geilweilerhof der Kreisgemeinde Pfalz. Ludowici hatte den Geilweilerhof, der 1184 erstmalig als Kloostergut der Zisterzienserabtei Eußerthal urkundlich erwähnt worden ist, 1895 erworben und als Mustergut ausgebaut. Er betrieb u. a. Weinbau und führte zahlreiche weinbauliche und züchterische Versuche durch. Am 12. 11. 1924 überließ Ludowici per Vertrag unentgeltlich dem Pfälzischen Weinbauverband Rebland auf dem Geilweilerhof (Abb. 3). 1926 pflanzte Landwirtschaftsrat Peter Morio seine ersten Reben auf diesen Flächen und begründete damit am Geilweilerhof die bis heute konsequent fortgeführte Rebenzüchtung. Als Teil der sog. Reichsrebenzüchtung (gegründet 1. 4. 1937) bestimmte Husfeld von Müncheberg aus bereits das Zuchtprogramm, bis er selbst nach dem Zweiten Weltkrieg seine Tätigkeit auf dem Geilweilerhof aufnahm. Erfolgreich brachte Husfeld das Zuchtmaterial aus Müncheberg über eine späte-



Abb. 4: v. l. Landwirtschaftsrat Peter Morio mit Prof. Dr. Bernhard Husfeld (um 1950), Dir. u. Prof. Dr. Reinhard Töpfer mit Prof. Dr. Gerhardt Alleweldt anlässlich der Ehrung des Züchters der Sorte ‚Regent‘ beim Regent-Forum 2002.

re Versuchsstation des Geilweilerhofes in Erlasee² (Franken) in den Wirren der Nachkriegszeit nach Siebeldingen. Aus seinen Arbeiten entstanden die in der Geschichte der Rebenzüchtung wichtigen Sorten ‚Aris‘ und ‚Siegfriedrebe‘, die erstmals die von Millardet vorgeschlagene Kombination von Qualität und Resistenz repräsentierten. Angesichts der schlechten Erfahrungen der Kreuzungszüchtung in Frankreich, die im lange anhaltenden Vorurteil geringer Qualität französischer Hybriden im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts endete, waren ‚Aris‘ und ‚Siegfriedrebe‘ züchterisch/wissenschaftlich ein phänomenaler Erfolg. Dennoch konnten sich diese Sorten aufgrund anderer negativer Eigenschaften (u. a. geringer Ertrag, Virusanfälligkeit) im Weinbau nicht etablieren. Erst Gerhardt Alleweldt gelang mit ‚Regent‘ der Durchbruch der Resistenzzüchtung in Deutschland. Alleweldt übernahm 1970 die Leitung auf dem Geilweilerhof, baute die Züchtungsforschung aus und fokussierte Züchtung auf hohe Mehлтаuresistenz und hohe Weinqualität (Abb 4). Schwerpunkte seiner wissenschaftlichen Arbeit waren physiologische und zellbiologische Fragestellungen, Resistenzforschung und der Aufbau des größten deut-

² Die Außenstelle des Instituts für Rebenzüchtung Geilweilerhof in Erlasee wurde im Zuge der Strukturreform der Ressortforschung im Jahr 2000 aufgegeben.

schen Rebsortiments. Zur besseren Strukturierung begann Alleweldt mit seinen Mitarbeitern 1983 mit einer Inventarisierung aller Rebsorten weltweit und mit dem Aufbau des Internationalen Rebsortenkataloges (*Vitis* International Variety Catalogue, VIVC). Er ist heute als VIVC weltweit eine der wichtigsten *Vitis*-Datenbanken (www.vivc.de) und eine der am häufigsten zitierten Referenzen für genetische Ressourcen der Rebe. Bahnbrechend für die damalige Zeit (1969) war ebenso die Datenbank Vitis VEA (*Vitis* Viticulture and Enology Abstracts), in der die weltweit erscheinende weinbauliche und kellerwirtschaftliche Literatur erfasst und erschlossen wird. Auch diese Datenbank ist heute über Internet verfügbar (www.vitis-vea.de) und schafft einen Zugang zu wissenschaftlichen Publikationen, insbesondere aber zu Fachartikeln und -literatur für die Weinbaupraxis. Neben den Datenbanken begründete Alleweldt eine umfangreiche Sammlung genetischer Ressourcen der Rebe, die weiterentwickelt und heute nach unterschiedlichen Themengebieten strukturiert vorliegt. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Rebsortimente und die Zuchtquartiere am Geilweilerhof.

Alleweldts Sorte ‚Regent‘ setzte sich ab 1996 nach ihrer Klassifizierung in Deutschland durch und wird heute auf über 2.000 Hektar Fläche angebaut. ‚Regent‘ ist das Flaggschiff der Resistenzzüchtung weltweit. Rückblickend ist festzustellen, dass es Alleweldt gegen viele Widerstände gelungen ist, das noch in den 1990er Jahren verbreitete Vorurteil, resistente Neuzüchtungen besitzen Hybridaromen, zu ent-

Tabelle 2: Rebflächen auf dem Geilweilerhof

Genetische Ressourcen	ca. 5 ha
<ul style="list-style-type: none"> – nationales Rebsortiment – internationales Rebsortiment – Sammlung historischer Rebsorten – Sammlung der <i>Vitis</i> Arten – Sammlung von Resistenzträgern – Sammlung von Wein- und Tafeltraubensorten 	
Zuchtquartiere	ca. 20 ha
<ul style="list-style-type: none"> – Sämlinge – Vorprüfung – Zwischenprüfung – Hauptprüfung 	
Prüfflächen für Pflanzenschutzfragestellungen	ca. 4 ha

Tabelle 3: Rebsorten vom Geilweilerhof und ihre Züchter.

Sorte	Peter Morio	Bernhard Husfeld	Gerhardt Alleweldt	Feld-resistent	Anbau-bedeutung
Morio-Muskat	×			-	+
Aris		×		+	-
Siegfriedrebe		×		+	-
Bacchus	×	×		-	+
Optima	×	×		-	+
Domina	×	×		-	+
Carmina	×	×		-	-
Gloria	×	×		-	-
Forta	×	×		-	-
Noblessa	×	×		-	-
Comtessa		×		-	-
Diana		×		-	-
Castor		×	×	+	-
Pollux		×	×	+	-
Phoenix			×	+	+
Orion			×	+	-
Sirius			×	+	-
Staufer			×	+	-
Regent			×	+	+

kräften und resistente Neuzüchtungen in ruhigeres Fahrwasser zu entlassen. Heute wird auch in Frankreich und Italien und andernorts wieder Resistenzzüchtung betrieben. Das Beispiel der Sorte ‚Regent‘ hat an dieser internationalen Entwicklung einen beträchtlichen Anteil vor dem Hintergrund wachsender Pflanzenschutzauflagen und zunehmender Forderungen nach Reduktion von Pflanzenschutzaufwendungen. Neben einer deutlichen Reduktion des Pflanzenschutzaufwandes sind die moderaten Lageansprüche von ‚Regent‘, ihre mittel-frühe Reife, die eine bessere Ausnutzung der Kellertechnik zur Rotweinbereitung ermöglicht, und der farbtiefe, frankophile Stil ihrer Weine Vorzüge der Sorte. Weitere Sorten vom Geilweilerhof und ihre Züchter sind

der Tabelle 3 zu entnehmen. Das Zuchtprogramm ist nach dem Ausscheiden Alleweldts (1995) konsequent weiterentwickelt worden und ist heute ohne den Einsatz neuester Diagnoseverfahren nicht mehr vorstellbar. Diese Verfahren (s. u.) erlauben eine frühzeitige und wesentlich genauere Charakterisierung des Zuchtmaterials und bieten neuartige Möglichkeiten zur Beschleunigung des Zuchtfortschrittes. Sie stellen einen Paradigmenwechsel in der Rebenzüchtung dar: ein Wechsel von rein empirischer zur wissensbasierten Züchtung.

3. Neue Diagnosetechniken in der Resistenzzüchtung

Seit einigen Jahren stehen der Züchtung neue Techniken zur Charakterisierung des Zuchtmaterials mit Hilfe genetischer Fingerabdrücke zur Verfügung. Ähnlich einer Produktkennung im Handel durch Strichcodes (Barcode) und der Korrelation z. B. mit Produktdaten und dem Preis wird die Information eines genetischen Fingerabdruckes mit Eigenschaften korreliert (Abb. 5). Auf diese Weise konnten einzelne Mehltau-Resistenzen (z. B. Resistenz gegen *Plasmopara viticola* *Rpv1*, *Rpv2*, *Rpv3*) mit einem genetischen Fingerabdruck (einem Marker M1, M2, M3) korreliert werden. Lässt sich der genetische Fingerabdruck M1 nachweisen, dann trägt die Pflanze die entsprechende Resistenz *Rpv1*. Inzwischen sind durch weltweite Forschungsarbeiten genetische Fingerabdrücke u. a. für unterschiedliche Resistenzen gegenüber dem Falschen Mehltau, dem Echten Mehltau und der Reblaus (siehe Abb. 7, Abb. 8) entwickelt worden. Auch ohne Infektionsversuch kann nach erfolgreicher Korrelation die Resistenz nachgewiesen und eine Selektionsentscheidung getroffen werden. Diese Verfahren sind von besonderem Vorteil beim Nachweis von aufwendig zu erfassenden Merkmalen z. B. der Reblausresistenz. Sie erlauben zudem den Nachweis der Zusammenführung von mehreren Resistenzen gegenüber einem Schaderreger z. B. von Resistenzen gegenüber dem Falschen Mehltau, die sog. Pyramidisierung von Resistenzen (s. u.). Unterschiedliche genetische Fingerabdrücke erlauben somit in Teilbereichen die umweltunabhängige Frühdiagnose einzelner Eigenschaften und bieten ein Hilfsmittel, über das Generationen von Züchtern nur zu gerne verfügt hätten. Ihr Einsatz revolutioniert die Züchtung und hat einen Strategiewechsel eingeleitet: weg von der rein empirischen hin zur wissensbasierten Züchtung. Dieser Paradigmenwechsel ist in Abbildung 6 schematisiert.



Fingerabdruck

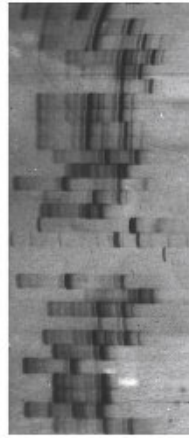


ISBN 0-7513-0811-0



9 780751 308112 >

Barcode



Berladierei Colonhard Nr. 2
Bimova
Bürner
Castel 186-17
Castel 218-3
Castel 4010
Cosmo 2
Cosmo 10
Coudere 157-11
Coudere 161-49
Coudere 1610
Coudere 3309
Dr. Decker Rebe
EM
Fercal
➤ Größenmarker
Eisenheim 26
Gelia
Grosz 1
Kriber 5BB
Kober 125 A
Millardet de Grasset 101-14
Millardet de Grasset 106-8
Millardet de Grasset 420 A
Paulsen 779
Paulsen 1045
Paulsen 1103
Paulsen 1467

Genetischer Fingerabdruck

Abb. 5: Vergleich unterschiedlicher Identifikationsysteme. Der Fingerabdruck ist ein allgemein bekanntes Personen-Identifikationsverfahren. Im Handel verschlüsseln Strichcodes (Barcodes) Informationen zu einzelnen Produkten, z. B. Verlag, Autor, Preis etc. für ein Buch. Der genetische Fingerabdruck ist ebenfalls als Strichcode aufzufassen und erweist sich als charakteristisch, wie hier am Beispiel eines genetischen Fingerabdruckes für einzelne Unterlagssorten gezeigt. Einige der gezeigten Sorten weisen identische Muster auf und sind daher mit einem einzigen Marker nicht zu unterscheiden (z. B. Paulsen 779 und 1045). Daher werden mehrere genetische Fingerabdrücke bestimmt, um Sorten eindeutig zu differenzieren. Die erzeugten Muster werden durch Synthese kleiner DNA-Fragmente gewonnen, mit speziellen Analysetechniken sichtbar gemacht und mit Datenbanken abgeglichen.

Etwa seit 1995 werden molekulare Marker (genetische Fingerabdrücke) bei Weinreben entwickelt und mit Eigenschaften korreliert. Als besonders geeignet erwiesen sich sogenannte Mikrosatelliten (simple sequence repeats, SSR). Es handelt sich um kleine Abschnitte der DNA, die in ihrer Länge variieren. Dieser Längenunterschied ist nachweisbar. Mehrere SSR ergeben einen für eine Rebsorte charakteristischen genetischen Fingerabdruck, der ihre Identifizierung erlaubt (vgl. Abb. 5). Mit Hilfe der SSR-Marker lassen sich somit Rebsorten sehr gut unterscheiden. Eine der ersten Anwendungen für molekulare Marker waren Abstammungsanalysen. So wiesen Büscher et al. (1994) nach, dass – anders als allgemein angenommen – ‚Müller-Thurgau‘ kein Nachkömmling des ‚Silvaners‘ ist, jedoch konnten die Autoren mit ‚Riesling‘ den zweiten Elternteil bestätigen. Später ermittelten schritt-

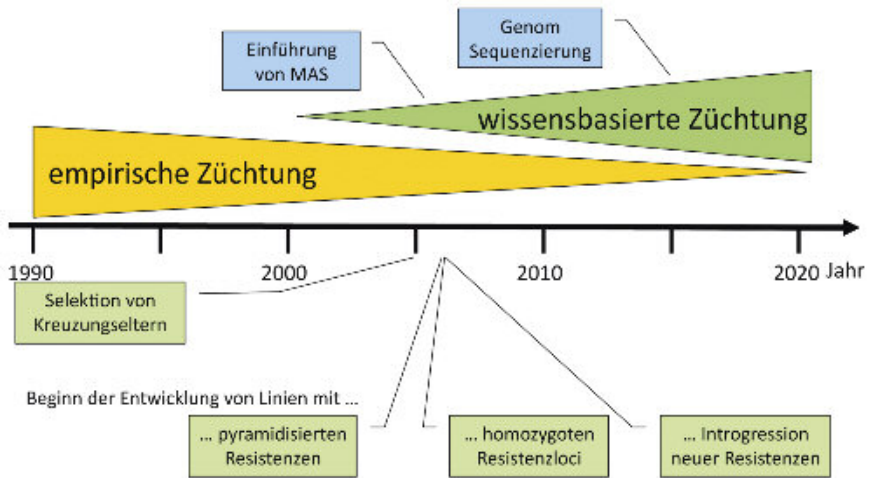


Abb. 6: Paradigmenwechsel in der Rebenzüchtung durch Einführung des genetischen Fingerabdrucks, der mit Eigenschaften korreliert werden kann. Die Skala ordnet die Einführung der neuen Zuchtmethoden zeitlich ein. Unter dem Stichwort markergestützte Selektion (marker assisted selection, MAS) wird das Erkennen und Verfolgen von einzelnen Genorten z. B. für Mehlttauresistenz im Zuchtgang ermöglicht. Die Kombination von Resistenzen und das gezielte Rückkreuzen und Einlagern (Introgression) von Resistenzen (marker assisted backcrossing, MABC) in den Genpool der Kulturrebe wird erheblich erleichtert.

weise Regner und Mitarbeiter (Sefc et al. 1997) und Dettweiler et al. (2000) den zweiten Elternteil und konnten die Abstammung der Sorte ‚Müller-Thurgau‘ als Nachfahre von ‚Riesling‘ und ‚Madeleine Royale‘ zweifelsfrei klären. Zahllose genetische Fingerabdrücke wurden in den letzten Jahren erhoben und Abstammungen geklärt, in Frage gestellt oder Falschbenennungen erkannt. Zunehmend werden die Rebsorten in den Sortimenten weltweit mittels genetischem Fingerabdruck erfasst (siehe *Vitis International Variety Catalogue (VIVC)*; www.vivc.de). Diese Daten werden Einblicke in historische Ereignisse im Zuge der Domestikation, der Sortenwanderung und ihrer Verbreitung insbesondere in Europa liefern und ein besseres Management der genetischen Ressourcen erlauben. Mit dem 2010 gegründeten Genbanknetzwerk „Deutsche Genbank Reben“ (DGR, www.deutsche-genbank-reben.jki.bund.de) ist die Struktur geschaffen worden, langfristig die genetischen Ressourcen der Rebe national zu sichern und zu erhalten.

3.1 Pyramidisierung von Resistenzen

Eine der ersten Arbeiten am Geilweilerhof zur Charakterisierung von Merkmalen bei Weinreben lieferten Salakhutdinov et al. (2003) und Fischer et al. (2004) mit ihren Untersuchungen zu Resistenzen am Beispiel der Rebsorte ‚Regent‘. Sie entwickelten eine genetische Karte aus einer Kreuzung der Sorten ‚Regent‘ und ‚Lemberger‘ und fanden Resistenzen für Echten Mehltau auf Chromosom 15 (*Ren3*) sowie für Falschen Mehltau auf den Chromosomen 18 (*Rpv3*) und 4 (*Rpv4*). Insbesondere die Resistenzloci auf den Chromosomen 15 und 18 haben großen Anteil an der Resistenzausprägung und werden heute bei der Pyramidisierung von Resistenzen genutzt. Dazu werden schrittweise

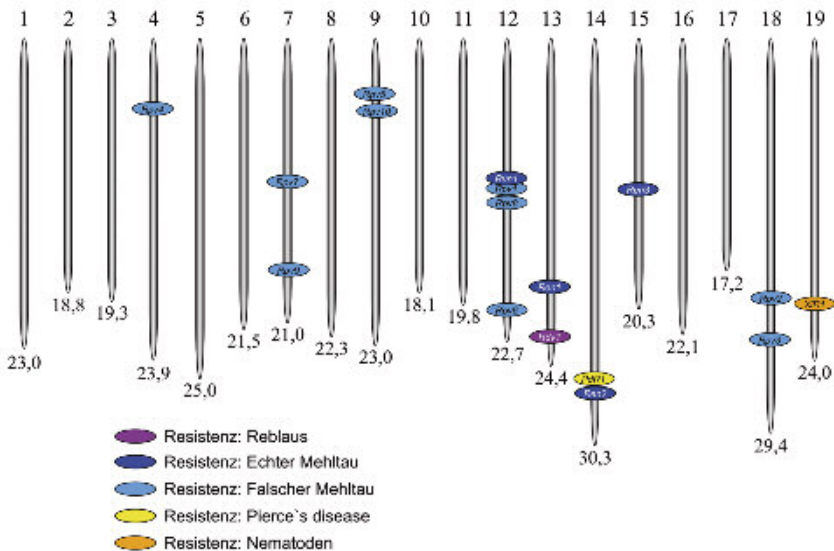


Abb. 7: Schematische Darstellung der 19 Chromosomen der Gattung *Vitis* (nicht die einer Einzelpflanze/Sorte). Mit Farbcodierung sind die derzeit erfassten Resistenzgenorte der Gattung dargestellt. Das Schema zeigt die zahlreichen bisher erfassten Resistenzen gegenüber dem Echten und Falschen Mehltau, die aus amerikanischen Wildarten stammen und schrittweise in die Kulturrebe eingekreuzt werden. Es existiert keine Rebe, die alle Resistenzen in sich vereinigt! Ziel der Züchtung ist die Kombination (Pyramidisierung) einzelner Resistenz-Genorte. Zunächst sollen jeweils drei Resistenzen gegenüber dem Falschen Mehltau und drei gegenüber dem Echten Mehltau pyramidiert werden, um möglichst dauerhafte Resistenzen aufzubauen. Die Zahlen unter den Chromosomen geben deren Größe in Megabasen (MB) an.

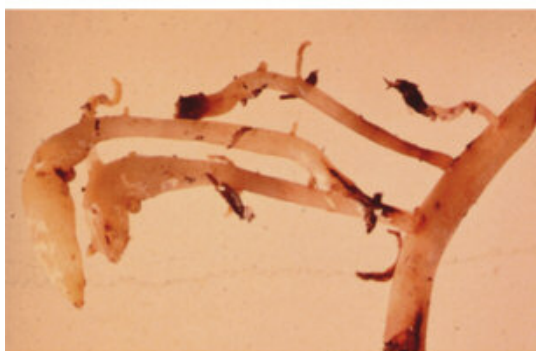
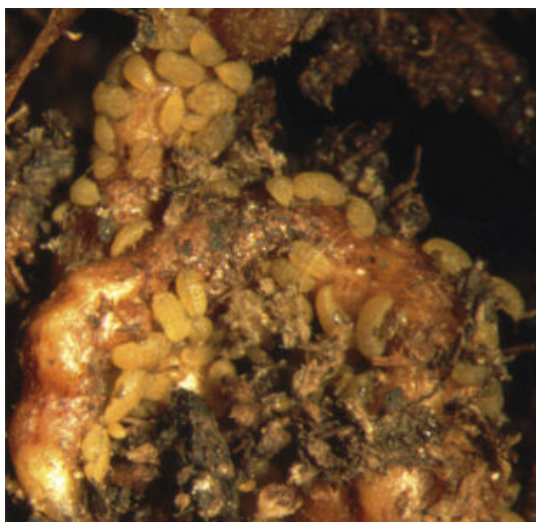
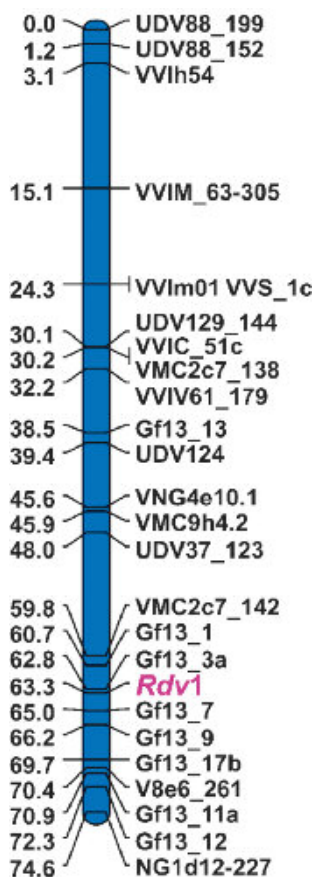


Abb. 8: Schema des Chromosoms 13 (links) der Sorte ‚Börner‘, das den Lokus *Rdv1* für Reblaus-Resistenz trägt. Die Buchstaben- und Zahlenkombinationen bezeichnen Marker, die in unterschiedlichen Arbeitsgruppen entwickelt worden sind. Sie konnten in der genetischen Karte platziert werden. *Rdv1* wird von den flankierenden Markern Gf13-3a und Gf13-7 umgeben, die zum Nachweis des Genorts herangezogen werden können (Hausmann et al., unveröffentlicht). Die Zahlen links des Chromosoms geben genetische Distanzen in centiMorgan (cM) an. Die Genomregion wird im Rahmen eines MABC-Programmes in die Kulturform eingelagert und steht in wenigen Jahren der Züchtung zur Verfügung. Die beiden Abbildungen rechts zeigen eine von Rebläusen besiedelte Wurzel (oben) und Nodositäten als Wuchsveränderung (Verkrümmungen) an der Wurzel infolge eines Reblausbefalls.

Kreuzungen von resistenten Elternsorten durchgeführt, deren Resistenzgenorte durch genetische Fingerabdrücke nachweisbar sind. In der Nachkommenschaft werden Zuchtstämme, die beide Resistenzen von ‚Regent‘ sowie diejenigen des zweiten Elternteils tragen, gesucht (siehe Abb. 9). Die Züchtung bedient sich derzeit der Resultate, die weltweit von Forschergruppen erarbeitet worden sind. Eine Übersicht über die derzeit identifizierten Loci und den korrelierenden Markern sind im VIVC (www.vivc.de; Punkt „Data on breeding and genetics“ unter der Rubrik „Database search“) zusammengestellt, schematisiert sind sie in

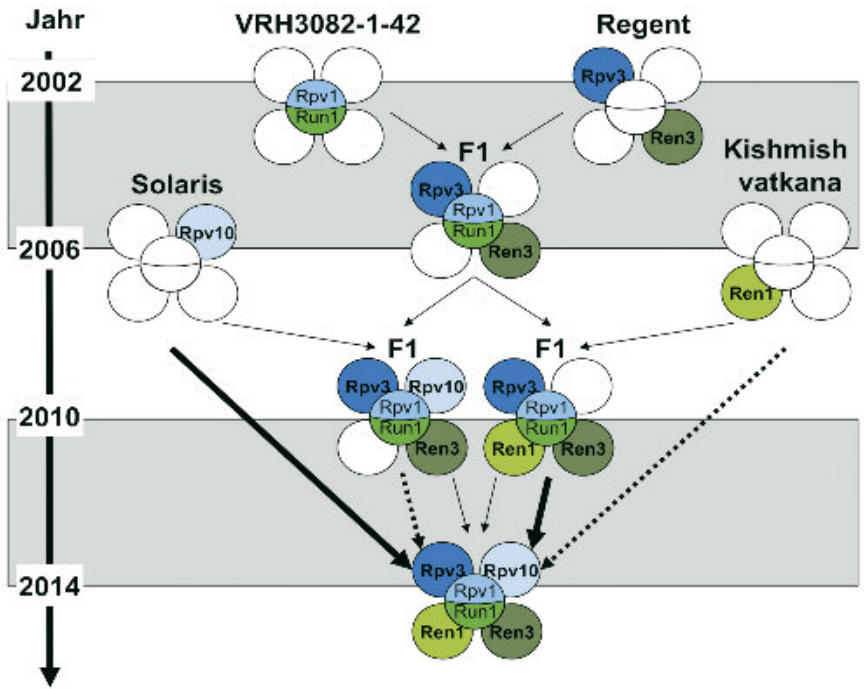


Abb. 9: Möglichkeit und zeitlicher Verlauf der Pyramidisierung von Resistenzen am Beispiel der Kombination von Resistenzen für Echten Mehltau (*Run1*, *Ren1*, *Ren3*) sowie für Falschen Mehltau (*Rpv1*, *Rpv3*, *Rpv10*). Das Ziel ist die Kombination von je drei Resistenzgenorten, um möglichst dauerhafte Resistenzen zu erzielen. Die einzelnen vorliegenden Resistenzen werden schrittweise durch Kreuzungen zusammengeführt. Molekulare Marker erlauben den Nachweis der Kombination der Resistenz. Pflanzen mit (*Run1*, *Ren3*) sowie (*Rpv1*, *Rpv3*), erwiesen sich unter sehr hohem Befallsdruck als sehr widerstandsfähig.

Abb. 7 zu entnehmen. In ersten Resistenzprüfungen zeigten die Pflanzen mit pyramidisierten Resistenzen (*Rpv1*, *Rpv3*, *Run1*, *Ren3*) einen sehr hohen Resistenzgrad auch unter extrem starkem Pathogendruck.

3.2 Locus-spezifische homozygote (LSH) Zuchtlinien

Es ist davon auszugehen, dass in wenigen Jahren bereits erste Zuchtstämme mit dreifach pyramidisierten Resistenzen zur Verfügung stehen werden (Abb. 9). Da deren Qualität und weinbauliche Eignung bis zu diesem Zeitpunkt nur wenig untersucht sein werden, schließen sich umfangreiche Prüfungen außerhalb der Mehltau-Resistenzprüfungen an. Zumindest stellen diese Genotypen mit dreifach pyramidisierten Resistenzen sehr interessantes Ausgangsmaterial für die weitere Züchtung dar. So können sie unmittelbar in den Zuchtgang einfließen oder aus ihnen locus-spezifische homozygote (LSH) Reben entwickelt werden. Dies sind Zuchtlinien, deren Resistenzloci Homozygotie aufweisen. Alle Nachkommen dieser LSH-Linien werden das vollständige Resistenzgen-Set erhalten. Eine Resistenzselektion könnte somit entfallen. Reben reagieren auf Selbstungen mit auffällender Inzuchtdepression. In LSH-Linien sollte Inzuchtdepression vermieden werden können, wenn die Homozygotie auf die Resistenzloci beschränkt bleibt. LSH-Linien würden eine neue Option für die Züchtung darstellen.

3.3 Introgressionslinien

Molekulare Marker eröffnen der Züchtung eine dritte Perspektive: sie erlauben eine markergestützte Rückkreuzung (MABC, marker assisted backcrossing). Diese konnten bisher – wenn überhaupt – nur mit sehr hohem Zeitaufwand (> 30 Jahre) durchgeführt werden. Der französische Rebenzüchter Alain Bouquet hat ein beispielhaftes Rückkreuzungsprogramm noch ohne molekulare Marker durchgeführt (Abb. 10) (Pauquet et al. 2001).

Ausgehend von einer Artkreuzung zwischen *Muscadina rotundifolia* und einer *Vitis vinifera* entstand eine F1-Nachkommenschaft. Nach Aufzucht der Sämlinge und einer Resistenzprüfung auf Echten Mehltau wurde eine erste Rückkreuzung mit einer anderen Sorte („Cabernet Sauvignon“) durchgeführt, eine Pseudorückkreuzung kurz pBC1 für pseudo BackCross 1. Der Sortenwechsel ist aufgrund der hohen Inzuchtdepression (s. o.) der Weinrebe erforderlich. Weitere Rückkreu-

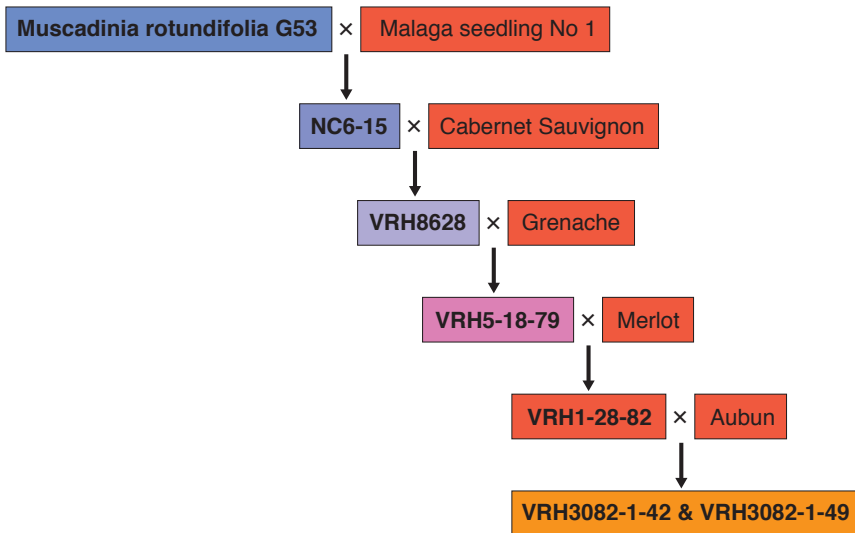


Abb. 10: Schema eines systematischen Rückkreuzungsprogrammes, das von Alain Bouquet in Montpellier zwischen 1970 und 2000 durchgeführt wurde (Pauquet et al. (2001)). Ausgangspunkt war eine Artkreuzung zwischen *Muscadinia rotundifolia* und *Vitis vinifera*. Ihr folgten Rückkreuzungen mit unterschiedlichen Rebsorten, was aufgrund des Sortenwechsels einer Pseudo-Rückkreuzung (pBC) entspricht. Die beiden Zuchtlinien VRH3082-1-42 und Zuchtlinien VRH3082-1-49 wurden zur Pyramidisierung mit den Resistenzen aus ‚Regent‘ eingesetzt und tragen den Genort *Run1/Rpv1*.

zungen mit sich ändernden *V. vinifera*-Sorten (vgl. Abb. 10) wurden durchgeführt und erhöhten den Anteil der Gene aus Kultursorten im Genom auf theoretisch 98 % in der pBC5. Eine pBC4 konnte nach 30 Jahren für Kreuzungen u. a. mit ‚Regent‘ genutzt werden und begründete die in Abb. 9 dargestellten Kombinationen. Heute könnte ein vergleichbares Rückkreuzungsprogramm mit Markern unterstützt werden. Ein *Vitis vinifera*-Genomanteil von 98 % kann durch Selektion auf geringe Wildartanteile auf jeder pBC-Stufe bereits ab pBC3 erwartet werden. Dies entspricht einer Zeitersparnis von 8 Jahren. Nutzt man Vermehrungen im Gewächshaus, so lässt sich ein Rückkreuzungsprogramm in etwa 10 Jahren realisieren. Der Einsatz von Markern und Gewächshausvermehrung führt zwar zu einer Zeitersparnis von 20 Jahren, er wird jedoch derzeit mit der Unsicherheit erkauft, dass

weinbauliche Merkmale und Qualitätsmerkmale in dieser Zeit nicht überprüft werden können. Es ist jedoch davon auszugehen, dass in den kommenden Jahren auch Marker für weinbauliche oder wichtige qualitätsgebende Merkmale entwickelt werden. Mit diesen ließe sich die geschilderte Unsicherheit reduzieren.

Derzeit wird am Geilweilerhof ein markergestütztes Rückkreuzungsprogramm durchgeführt. Ausgangspunkt ist die von Zhang et al. (2009) und Hausmann et al. (unveröffentlicht) identifizierte und mit Markern sehr eng eingegrenzte Resistenz gegen Wurzelreblausbefall (Abb. 8), die in der Unterlagssorte ‚Börner‘ beschrieben worden ist (Schmid 1994). ‚Börner‘ stellt eine Arthybride zwischen *V. riparia* Geisenheim 183 und *V. cinerea* Arnold dar. Sie wurde mit einem *V. vinifera* Zuchtstamm, V3125 (‚Trollinger‘ × ‚Riesling‘) gekreuzt. Aus der Nachkommenschaft wurden einige Zuchtstämme mittels molekularer Marker auf das Vorhandensein des Resistenzlocus hin ausgelesen und mit ‚Weissburgunder‘ gekreuzt. In der resultierenden pBC1 erfolgte die Auslese von Genotypen, die besonders hohe Anteile an *V. vinifera* und dementsprechend geringe Anteile an ‚Börner‘-Genom tragen (sogenannte back-ground selection). Einige Auslesestöcke trugen über 82 % *V. vinefera* Genom, andere etwa 65 %. Als theoretischer Mittelwert wären 75 % in der pBC1 erwartet worden. Zuchtstämme mit 82 % *V. vinifera* Genomanteil und dem Reblaus-Resistenzlocus können ab 2011 zur Erstellung der pBC2 verwendet werden. Damit ist bereits zu diesem Zeitpunkt eine Generation gewonnen worden. Nach derzeitigem Stand werden voraussichtlich bis zum Ende der kommenden Dekade Introgressionslinien existieren, die genetisch im wesentlichen *V. vinifera* darstellen und Wurzelreblaus-Resistenz besitzen. Für eine Nutzung in der Züchtung sollten jedoch aus Gründen der Vorsorge nach Möglichkeit mehrere Resistenzen kombiniert werden, um Dauerhaftigkeit der Resistenz zu erzielen.

4. Ausblick

Aus dem laufenden Zuchtprogramm wurden neue Sorten angemeldet und erhielten vor kurzem Sortenschutz. Mit ‚Reberger‘ (rot), ‚Felicia‘ (weiß) u. a. steht eine neue Sortengeneration am Beginn der Markteinführung. Sie zeichnen sich durch z. T. sehr hohe Resistenz und sehr gute Qualitätseigenschaften aus und dürften zur letzten Sortengeneration zählen, die gänzlich ohne Nutzung von genetischen Fingerabdrücken bei der Selektion entwickelt worden sind. Die nächste Sortengeneration hat bereits im Zuchtgarten Fuß gefasst und wird ein neues Niveau an Resistenz besitzen. Für die kommenden Jahre gilt es daher, den eingeschlagenen Weg konsequent fortzusetzen und Marker für weitere Eigenschaften zu entwickeln und in das Zuchtprogramm zu integrieren. Prioritär sind neben zusätzlichen Resistenzen Marker für weinbauliche Eigenschaften sowie für Qualitätsparameter. Die Entwicklung weiterer Marker wird von den Möglichkeiten zur genauen und effektiven Phänotypisierung bestimmt werden. Ganz wesentlich wird die analytische Erfassung von Qualitätsparametern sein und ihre Korrelation mit Markern.

Ein vermehrter Markereinsatz wird ganz wesentlich von sinkenden Kosten je Datenpunkt (Marker) abhängen. Die erforderliche Infrastruktur für eine Hochdurchsatz-(HT)-Genotypisierung muss aufgebaut und neue Markersysteme [z. B. auf Basis von sog. SNP (single nucleotide polymorphisms)] müssen etabliert werden. Drastisch gesunkene und sinkende Kosten bei der HT-Sequenzierung eröffnen neue Möglichkeiten zur Kostensenkung. Derzeit sind die Verfahren jedoch noch nicht verfügbar. Die Ermittlung der DNA-Sequenz von bestimmten Allelen (= die beiden elterlichen Gene eines Genortes) in einem HT-Verfahren könnte einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Effizienz der Selektion bieten. Sie könnte die Basis für eine breite Anwendung der Züchtung liefern und den Weg zur genombasierten Selektion ebnen.

Literatur

- Büscher, N.; Zyprian, E.; Bachmann, O.; Blaich, R. (1994): On the origin of the grapevine variety Müller-Thurgau as investigated by the inheritance of random amplified polymorphic DNA, RAPD. *Vitis* 33: 15–17
- Dettweiler, E.; Jung, A.; Zyprian, E.; Töpfer, R. (2000): Grapevine cultivar Müller-Thurgau and its true to type descent. *Vitis* 39: 63–65
- Grassi, F.; Labra, M.; Imazio, S.; Spada, A.; Sgorbati, S.; Scienza, A.; Sala, F. (2003): Evidence of a secondary grapevine domestication centre detected by SSR analysis. *Theoretical and Applied Genetics* 107: 1315–1320
- Mendel, G. (1866): Versuche über Pflanzenhybriden. *Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brünn Bd. IV: 3–47.*
- McGovern, P. E.; Glusker D. L.; Exner L. J.; Voigt M. M. (1996): Neolithic resinated wine. *Nature* 381: 480–481
- Pauquet, J.; Bouquet, A.; This, P.; Adam-Blondon, A. F. (2001): Establishment of a local map of AFLP markers around the powdery mildew resistance gene *Rum1* in grapevine and assessment of their usefulness for marker assisted selection. *Theoretical and Applied Genetics* 103: 1201–1210
- Salakhutdinov, I.; Fischer, B.; Akkurt, M.; Eibach, R.; Töpfer, R.; Zyprian, E. (2003): Genetische Kartierung der Weinrebe. *Perspektiven für Forschung und moderne Rebenzüchtung. Deutsches Weinbau-Jahrbuch 2003, 54: 53–64*
- Schmid, J. (1994): Breeding for complete resistance against phylloxera on the basis of *Vitis cinerea* Arnold. In: 6th International Symposium on Grape Breeding, Yalta, Crimea, Ukraine, (4–10 September 1994) 173–176 Publication Year: 1994
- Sefc, K. M.; Steinkellner, H.; Wagner, H. W.; Glössl, J.; Regner, F. (1997): Application of microsatellite markers to parentage studies in grapevine. *Vitis* 36: 179–183
- Zhang, Jun Ke; Hausmann, L.; Eibach, R.; Welter, L. J.; Töpfer, R.; Zyprian, E. M. (2009): A framework map from grapevine V3125 (*Vitis vinifera* Schiava grossa × Riesling) × rootstock cultivar Börner (*Vitis riparia* × *Vitis cinerea*) to localize genetic determinants of phylloxera root resistance. *Theoretical and Applied Genetics* 119: 1039–1051