

## **Mehrjähriger Klonenvergleich anhand der Reife- und Leseparameter sowie der Untersuchung der Rebvitalität: Grüner Veltliner am Standort Langenlois**

Helmut Gangl<sup>1</sup>, Gerhard Leitner<sup>1</sup>, Claudia Hack<sup>1</sup>, Andreas Probst<sup>1</sup> & Wolfgang Tiefenbrunner<sup>1</sup>

1) Bundesamt für Weinbau, Gölbeszeile 1, 7000 Eisenstadt

### **Zusammenfassung**

Die bereits für die nähere Zukunft prognostizierte Klimaänderung in Mitteleuropa wird vermutlich auch Anpassungen im Weinbau erforderlich machen. Eine Möglichkeit dazu ist die Klonselktion von Edelreben. In diesem Zusammenhang wurden in einem Weingarten in der Nähe von Langenlois (Niederösterreich) acht Klone der Sorte Grüner Veltliner von 2014 bis 2020 einer vergleichenden Untersuchung unterzogen. Vitalität, Leseparameter und Basischemie des Traubensafts (Zuckergehalte und -gradation, Konzentrationen verschiedener Säuren, pH-Wert und Gehalt an frei assimilierbarem Stickstoff) wurden analysiert.

Witterungsunterschiede zwischen den Jahren, sowie auch andere Faktoren, beeinflussen den Reifeverlauf und maskieren den auf den physiologischen Gegebenheiten basierenden Unterschied zwischen den Klonen. Nachdem diese durch geeignete statistische Verfahren eliminiert wurden und die Besonderheiten der Witterung der sieben Untersuchungsjahre berücksichtigt wurden, ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen den Klonen. Der Traubensaft von GV-K24 weist durchgehend höhere Säure- und Zuckerkonzentrationen auf als andere Klone. GV-K8 ist relativ beständig gegenüber interannualen Schwankungen der Witterung, GV-K25 hat in den Untersuchungsjahren eine unterdurchschnittliche Zuckergradation und auch die Säurekonzentrationen sind eher gering. Niedrige Säuregehalte zeichnen auch GV-K17 aus. Andere Klone sind weniger auffällig. Bezüglich der Rebvitalität erweist sich GV-K26 als sehr vital, die anderen Klone unterscheiden sich voneinander nicht besonders deutlich.

Die beeindruckende Eigenschaftsvielfalt der Grüner Veltliner-Klone stellt eine hervorragende Ausgangssituation für weitergehende Zuchtbemühungen dar und könnte sich als vorteilhaft bei der Adaptation an klimatische Änderungen erweisen.

**Schlagwörter:** Grüner Veltliner, Rebklone, Klonselktion

## **Einleitung**

Von 1850 bis 2008 ist die jährliche Mitteltemperatur in Europa um 1,3°C gestiegen. Die neun wärmsten Jahre dieses Zeitraums wurden innerhalb der letzten 12 Jahre beobachtet. Die steigenden Konzentrationen von Treibhausgasen in der Atmosphäre werden gemäß einer Vielzahl von Klimamodellen in den nächsten Jahrzehnten zu einer drastischen Klimaänderung, sowohl Global als auch in Europa, führen. Nach Schätzungen der ZAMG wird in Mitteleuropa die bis 2100 erwartete Änderung der Lufttemperatur für das Gesamtjahr je nach Szenario zwischen 2,0° und 3,5° C betragen (Online-Ref. 1). Demnach wäre die Erwärmung in Europa etwas höher als im globalen Mittel. Für Europa wird weiters im Norden eine Zunahme, im Süden hingegen eine Abnahme der Niederschläge prognostiziert (Online-Ref. 2). Für Österreich, das in der Übergangszone liegt, ist die Situation damit ungewiss. Im äußersten Osten des Landes ist – ähnlich wie in Südeuropa – eine Entwicklung in Richtung Aridifizierung wahrscheinlich (MATYASOVSKY et al. 1999).

Die Konsequenzen dieser Änderungen für Rebwachstum und Weinqualität könnten beträchtlich sein (JONES et al. 2005, JONES et al. 2010, BERNETTI et al. 2012, HANNAH et al. 2013, MORIONDO et al. 2013, KOVÁCS et al. 2018, KARVONEN 2020). Je früher im Jahr die Knospenentwicklung beginnt, desto größer wird die Gefahr von Frostschäden. Die Intensivierung von starken Niederschlagsereignissen lässt eine Tendenz zu mehr und drastischeren Hagel- und Erosionsschäden erwarten. Verlängerte Hitze- und Trockenheitsphasen im Sommer und Verringerung der Winterniederschläge bergen das Risiko von Trockenstress für die Rebe. Auch die Basischemie des Traubensafts verändert sich in einer bei vielen Sorten – z. B. beim Grünen Veltliner – unerwünschten Weise.

Der Weinbau wird vermutlich auf diese klimatischen Entwicklungen reagieren müssen (SEGUIN 2005, SANTOS et al. 2020, VAN LEEUWEN & DARRIET 2016). Abgesehen von rein kulturtechnischen Maßnahmen (Beschattung, Auswahl der Hangexposition, Bewässerung) besteht natürlich die Möglichkeit, Rebsorten zu verwenden, die derzeit in südlicheren Regionen Europas angebaut werden. Viele der einheimischen, seit langem etablierten Sorten haben aber ein großes Potential für die Produktion hervorragender Weine und können auf eine lange Züchtungsgeschichte zurück blicken. Sie aufzugeben wäre daher wenig erstrebenswert, auch weil die Konsumentenerwartung für die Beibehaltung klassischer Rebsorten spricht.

Eine Alternative zur Sortenanpassung bietet die Klonselktion – sowohl von Edel- als auch von Unterlagsreben – die allerdings ein langwieriger Prozess ist. Manche Zuchtprogramme

laufen seit mehr als einem Jahrzehnt. Ein Welschriesling-Klonvergleich in der Balaton Weinregion ist sogar bereits seit 2001 im Gange (Gizella Jahnke, pers. Mitt.). Die Dringlichkeit der Situation lässt es jedenfalls notwendig erscheinen, auch Zuchtprogramme mit kürzerer Laufzeit zu evaluieren. Der vorliegende Klonvergleich für die ökonomisch wichtigste Qualitätswein-Rebsorte Österreichs, den Grünen Veltliner (2020 wurden 92.523.855 Liter als Qualitätswein zur Prüfnummer eingereicht), berücksichtigt einen Zeitraum von sieben Jahren.

## **Methode**

- **Klonenselektion**

Besonders vitale Grüner-Veltliner-Rebstöcke wurden als potentielle Mutterstöcke ausgewählt; die jeweilige Herkunft kann dem Rebsortenkatalog der Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg (Online-Ref. 3) entnommen werden. Zur Feststellung der Vitalität erfolgte im Winter eine Holzbonitur, im Frühjahr wurde der Austrieb begutachtet, im Sommer der Gesamt- und Traubenhäufigkeit. Im Herbst wurde schließlich eine Lesebonitur durchgeführt (nähere Details dazu werden im Ergebnisteil: „Rebvitalität (Wüchsigkeit) präsentiert). Die Reben wurden mittels DAS-ELISA nach dem Protokoll von FLAK und GANGL 1994 auf sehr häufige Rebviren oder solche mit schwerwiegender Symptomatik untersucht. Dazu zählen insbesondere die Nepoviren Grapevine Fanleaf Virus (GFLV) und Arabis Mosaic Virus (ArMV), das Grapevine Fleck Virus (GFKV) und einige Grapevine Leafroll Viren (GLRaV 1, 3 & 6). Von 26 Reben waren zwölf (GV-K4, GV-K5, GV-K7, GV-K8, GV-K17, GV-K19, GV-K20, GV-K22, GV-K23, GV-K24, GV-K25, GV-K26) virusnegativ und für die Entnahme von Edelreiser geeignet. Die Vorstufenanlage mit den zuvor getesteten Reben wurde bei Langenlois, Riede Sauberg, errichtet (Unterlage: Kober 5BB). Pflanzjahre waren 2004 und 2005, die Untersuchungen begannen 2014, also neun bzw. zehn Jahre nach der Pflanzung und wurden bis 2020 weitergeführt. Die Anzahl der Rebsetzlinge pro Mutterstock variierte. Zudem wurden auch diese auf Viren untersucht. Letztlich verblieben acht Klone (GV-K4 [n=22], GV-K8 [n=12], GV-K17 [n=1], GV-K22 [n=10], GV-K23 [n=17], GV-K24 [n=6], GV-K25 [n=7], GV-K26 [n=5]) mit der in eckigen Klammern angegebenen Stockzahl für die weitere Untersuchung.

- **Grundlegende chemische Analyse des Traubensafts**

Die chemische Analyse des Traubensafts (Zuckergradation, Dichte, Gehalt an Glucose, Fructose, Äpfel-, Wein-, Titrierbarer und Flüchtigter Säure, Gluconsäure, pH-Wert, Frei

Assimilierbarem Stickstoff, FAN) wurde nach dem OIV-Kompendium der internationalen Methoden zur Analyse von Weinen und Mosten, 2014, durchgeführt. Die Methoden zur Dichtebestimmung wurden aus dem ALVA-Methodenbuch für Weinanalysen in Österreich, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1984, übernommen.

- Standortbedingungen und Witterung

Der Versuchswingarten liegt in der Nähe und südlich von Langenlois auf etwa 220 m Seehöhe auf Tschernosem (aus Löß)-Untergrund (eBod, BFW). Die Wasserversorgung vom tiefgründigen, mittelhumosen (Mull), nahezu kalkfreien Boden her ist gut bis mäßig trocken. Das Klima in Langenlois ist gemäßigt, d. h. relativ warm, wobei die Niederschlagsmenge recht hoch ist. Natürlich ergeben sich Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren, die im elektronischen Anhang 1 für das Zeitintervall März bis September präsentiert werden.

- Statistische Analysen

Für die statistische Aufbereitung der Daten wurden einerseits das Softwarepaket Statgraphics Centurion XV (Statgraphics Technologies, Inc., Virginia, USA), andererseits die Programmiersprache R (The R Foundation for Statistical Computing, Wien) verwendet. Die einzelnen Testverfahren und die Vorgehensweise bei der Datenvorbereitung für die jeweilige Fragestellung werden im Ergebnisteil näher besprochen.

## **Ergebnisse und Diskussion**

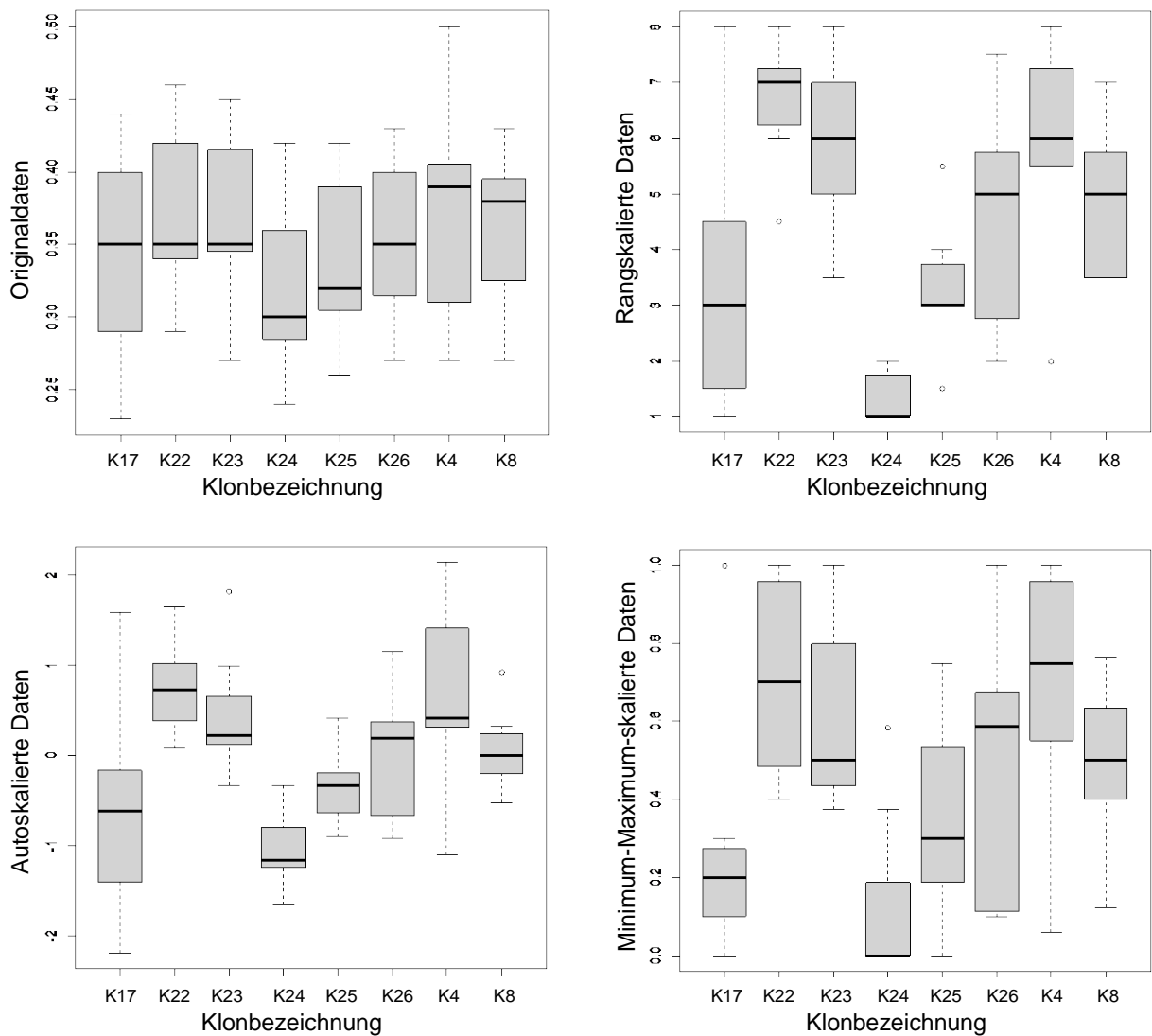
- Klonunterschiede in Bezug auf Lese- und Reifeparameter

Ohne Zweifel hatte die Witterung in den Untersuchungsjahren einen sehr großen Einfluss auf Lese- und Reifeparameter und es ist unwahrscheinlich, dass sich die Verschiedenheit der Klone ähnlich gravierend auswirkt. Es wird aber Unterschiede geben, die sich statistisch erfassen lassen, wenn man die Auswirkung des Wetters auf die Daten in irgendeiner Weise eliminieren kann. Dies wurde auf zweierlei Art versucht: einerseits besteht die Möglichkeit, die Daten zu skalieren. Als einfach zu verstehendes Beispiel möge die Rangskalierung dienen. Man erfasst, welcher der acht Klone in einem Jahr die höchste Ausprägung eines Parameters – z.B. der Gradation – aufwies, welcher die zweithöchste usw., und führt dies für alle Versuchsjahre durch. Die Rangskalierung ist allerdings für einige statistische Verfahren etwas problematisch, aber für andere Skalierungsmethoden gilt das nicht. So kann man z. B. eine Minimum-Maximum-Skalierung durchführen (Skalierter Wert =  $[\text{Wert} - \text{Minimalwert}] / [\text{Maximalwert} - \text{Minimalwert}]$ ). Alle skalierten Werte liegen dann zwischen Null

und Eins. Eine weitere derartige Prozedur ist die Autoskalierung ( $(\text{Wert-Mittelwert})/\text{Standardabweichung}$ ). Sie bewirkt, dass der Mittelwert bei Null liegt und die Varianz den Wert Eins annimmt.

Die skalierten Werte können anschließend behandelt werden wie die Originaldaten, das heißt z. B. als Box-Whisker-Plot dargestellt (Abb. 1 beispielhaft für Flüchtige Säure) oder statistischen Verfahren zum Mittelwertvergleich unterzogen werden. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die skalierten Daten zunächst auf Normalverteilung und Varianzhomogenität analysiert und als parametrische Testverfahren ANOVA und Multipler Mittelwertvergleich (95% LSD), als nichtparametrischer Test Kruskal-Wallis (K-W) durchgeführt.

Wie wichtig die Skalierung sein kann, zeigt beispielhaft Abb. 1 für die Flüchtige Säure. Hier sind die verschiedenen Skalierungsverfahren den Originaldaten gegenübergestellt. Während mithilfe der Originaldaten bezüglich der Klone kein signifikanter Unterschied erkannt werden kann (ANOVA  $P=0,8$ ; K-W  $P=0,8$ ), ergibt sich für die rangskalierten Daten ein hochsignifikanter (ANOVA  $P<0,000$ ; K-W  $P<0,000$ ), ebenso für die autoskalierten, und für die Minimum-Maximum-skalierten Werte immerhin noch ANOVA  $P<0,00$ ; K-W  $P<0,00$ .



**Abb. 1:** Klonenvergleich für die Menge an Flüchtiger Säure im Traubensaft. Verschiedene Skalierungsverfahren sind den Originaldaten gegenübergestellt.

Die größten Unterschiede zwischen den Klonen ergeben sich meistens mit den rangskalierten Werten, die geringste Varianz innerhalb der Daten eines Klons hingegen bei Autoskalierung. Daher sollen in der Folge die autoskalierten Daten dargestellt werden. Es werden aber alle Analysen berücksichtigt.

Die zweite Möglichkeit, die Auswirkung des Wetters auf die Daten zu eliminieren, besteht in der Durchführung von Mittelwertvergleichen für verbundene Stichproben, wobei jeweils zwei Klone verglichen werden und daher bei acht Klonen jeweils 28 Tests für jeden Lese- bzw. Reifeparameter durchgeführt werden müssen. Verbunden sind die Stichprobenwerte durch das gemeinsame Lesejahr. Als Verfahren bieten sich hier der t-Test für verbundene Stichproben an, falls die Daten normalverteilt (Shapiro-Wilks-Test) und varianzhomogen (F-Test) sind, alternativ der nichtparametrische Vorzeichenrangentest von Wilcoxon. Diese Testverfahren können einen Unterschied noch besser erkennen als ANOVA etc. mit skalierten Daten.

**Tabelle 1:** Vergleich der Klone für die Menge an Flüchtigter Säure im Traubensaft. Verwendete Testverfahren sind der t-test für verbundene Stichproben und der Wilcoxon-Vorzeichen (Signed Rank)-Test. n.s. bedeutet nicht signifikant, P-Werte < 0,05 gelten als signifikant. Man beachte, dass wegen der großen Testanzahl ein niedrigeres Signifikanzniveau ( $P < 0,01$ ) gewählt werden könnte und sollte. Dass trotzdem das höhere Signifikanzniveau gewählt wurde, liegt daran, dass mehrere signifikante Unterschiede bei einem Klon dessen herausragende Position ebenfalls belegen können.

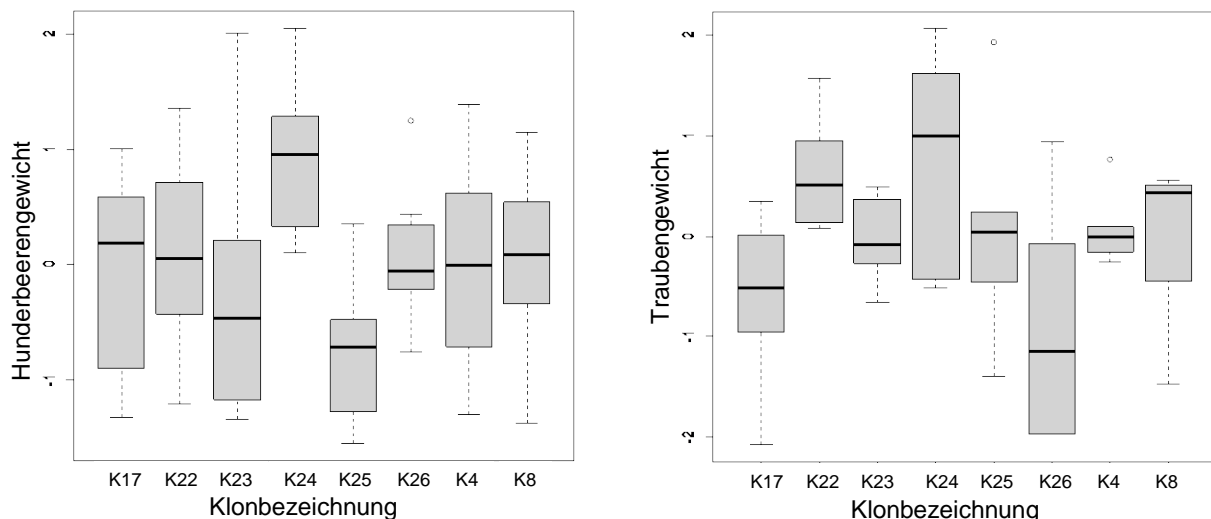
**Tabelle 1**

t-Test	GVK4	GVK8	GVK17	GVK22	GVK23	GVK24	GVK25	GVK26
GVK4		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.006336	n.s.	n.s.
GVK8			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
GVK17				n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
GVK22					n.s.	0.000125	0.000232	n.s.
GVK23						0.006336	0.04086	n.s.
GVK24							0.00376	0.03893
GVK25								n.s.
GVK26								

Wilcoxon SRT	GVK4	GVK8	GVK17	GVK22	GVK23	GVK24	GVK25	GVK26
GVK4		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.01563	n.s.	n.s.
GVK8			n.s.	n.s.	n.s.	0.02154	n.s.	n.s.
GVK17				n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
GVK22					n.s.	0.0213	0.02225	n.s.
GVK23						0.02225	0.04688	n.s.
GVK24							0.03351	0.02225
GVK25								n.s.
GVK26								

In Tabelle 1 werden beispielhaft für die Flüchtige Säure die Resultate der beiden Testverfahren dargestellt. Die beiden Verfahren unterscheiden sich bezüglich ihrer qualitativen Aussage lediglich im Vergleich von GV-K8 und GV-K24, und da in diesem Fall der Shapiro-Wilks-Test die Normalverteilungshypothese ablehnt, zählt das Resultat des Vorzeichenrangtests von Wilcoxon.

Die Lese- und Reifeparameter werden beginnend mit den Leseparametern besprochen (Abb. 2):



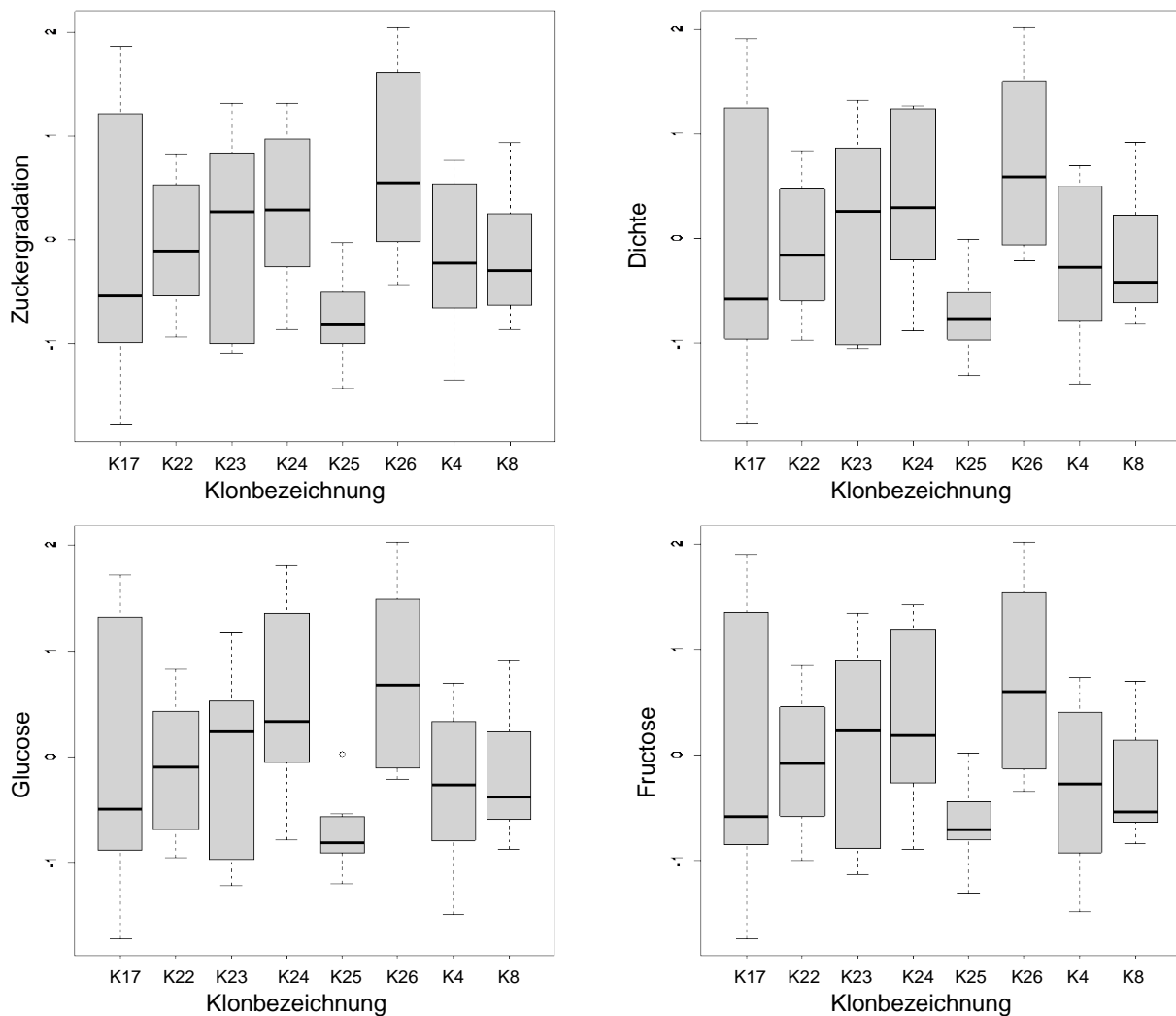
**Abb. 2:** Klonenvergleich der Leseparameter (Hundertbeerengewicht und Traubengewicht). Dargestellt sind die autoskalierten Daten.

Das Hundertbeerengewicht unterscheidet sich zwar von Jahr zu Jahr deutlich (Anhang 2), ist dann aber bei allen Klonen ziemlich ähnlich (Abb. 2). Lediglich bei GV-K24 ist es nach dem nichtparametrischen Testverfahren signifikant höher, wobei eine Signifikanz des Unterschieds allerdings nur beim Vergleich zu GV-K25 ( $P=0,03$ ) und zu GV-K8 ( $P=0,01$ ) vorliegt. Zweiteres ist der Abb. 2 nicht eindeutig zu entnehmen, was natürlich daran liegt, dass auch Skalierungsverfahren nicht perfekt sind. GV-K25 weist ein relativ niedriges Beerengewicht auf.

Beim Traubengewicht weist GV-K22 signifikant höhere Werte auf als GV-K4 (t-Test  $P=0,01$ ) und GV-K23 (t-Test  $P=0,03$ ), bei denen die Werte weniger streuen als bei den anderen Klonen. Außerdem unterscheiden sich noch GV-K17 und GV-K24 signifikant voneinander (t-Test  $P=0,04$ ). Durch die Versuchsjahre war daher im Mittel das Traubengewicht bei GV-K22 und GV-K24 leicht, aber durchaus signifikant, erhöht.

Die Reifeparameter Zuckergradation, Dichte, Glucose- und Fructosegehalt sind korreliert (Anhang 3) und werden daher wieder gemeinsam behandelt (Abb. 3). Bezüglich der Gradation unterscheiden sich GV-K24 und GV-K26 von GV-K25 (t-Test  $P=0,018$  bzw. t-Test  $P=0,003$ ); GV-K25 hat eine deutlich niedrigere Gradation als GV-K24 und GV-K26 und zudem eine geringe Streubreite der Daten. Das gleiche Muster mit etwas differenten Signifikanzwerten findet sich auch für die Dichte (t-Test  $P=0,02$  bzw. t-Test  $P=0,002$ ), den Glucosegehalt (t-Test  $P=0,014$  bzw. t-Test  $P=0,003$ ) und, etwas weniger deutlich, den Fructosegehalt (t-Test  $P=0,037$  bzw. t-Test  $P=0,004$ ).

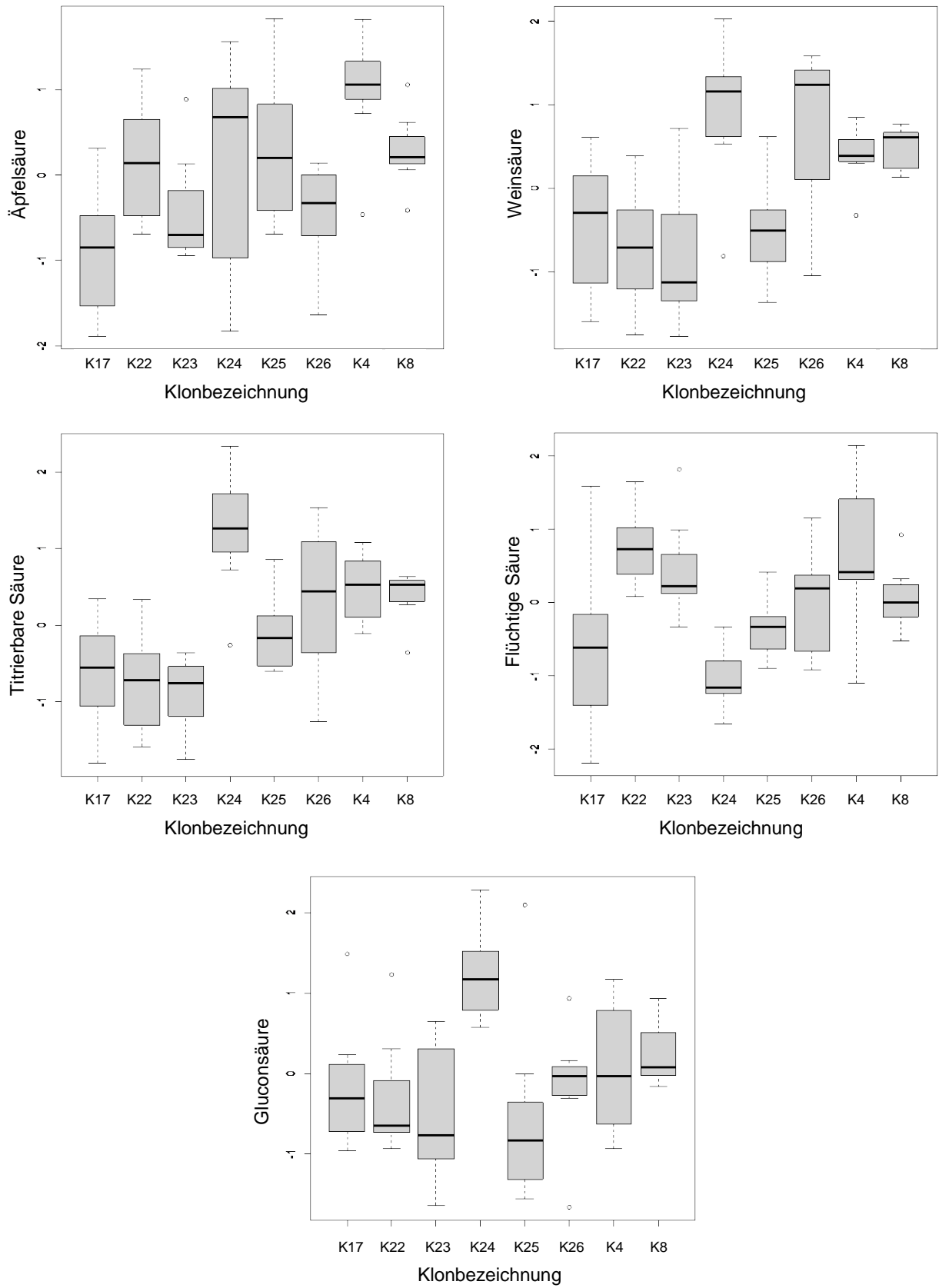




**Abb. 3:** Klonenvergleich der Reifeparameter Zuckergradation, Dichte, Glucose- und Fructosegehalt des Traubensafts. Dargestellt sind die autoskalierten Daten.

Bei der Äpfelsäure zeigt der Klon GV-K17 signifikant niedrigere Konzentrationen als GV-K4 (Wilcoxon Vorzeichentest  $P=0,022$ ) und GV-K8 (t-Test  $P=0,016$ ). GV-K4 unterscheidet sich außerdem noch deutlich von GV-K26 (t-Test  $P=0,031$ ), wobei GV-K4 den höheren Äpfelsäuregehalt aufweist. Auch GV-K22 unterscheidet sich von GV-K26 (t-Test  $P=0,025$ ), wobei letztere im Mittel weniger Äpfelsäure beinhaltet.

Bei der Weinsäure zeigt sich ein im Detail anderes Bild. Allerdings sind auch hier die Konzentrationen bei GV-K4 und GV-K8 konstant hoch. Signifikante Unterschiede ergeben sich bei GV-K4 zu GV-K17 (t-Test,  $P=0,02$ ), GV-K22 (t-Test,  $P=0,016$ ), GV-K23 (t-Test,  $P=0,014$ ) und GV-K25 (t-Test,  $P=0,017$ ), ebenso wie bei GV-K8 (zu GV-K17: t-Test,  $P=0,045$ ), GV-K22: t-Test,  $P=0,016$ , GV-K23: t-Test,  $P=0,014$  und GV-K25: t-Test,  $P=0,017$ ).



**Abb. 4:** Säuren (Äpfel-, Wein-, Titrierbare und Flüchtige Säure, sowie Gluconsäure). Dargestellt sind die autoskalierten Daten.

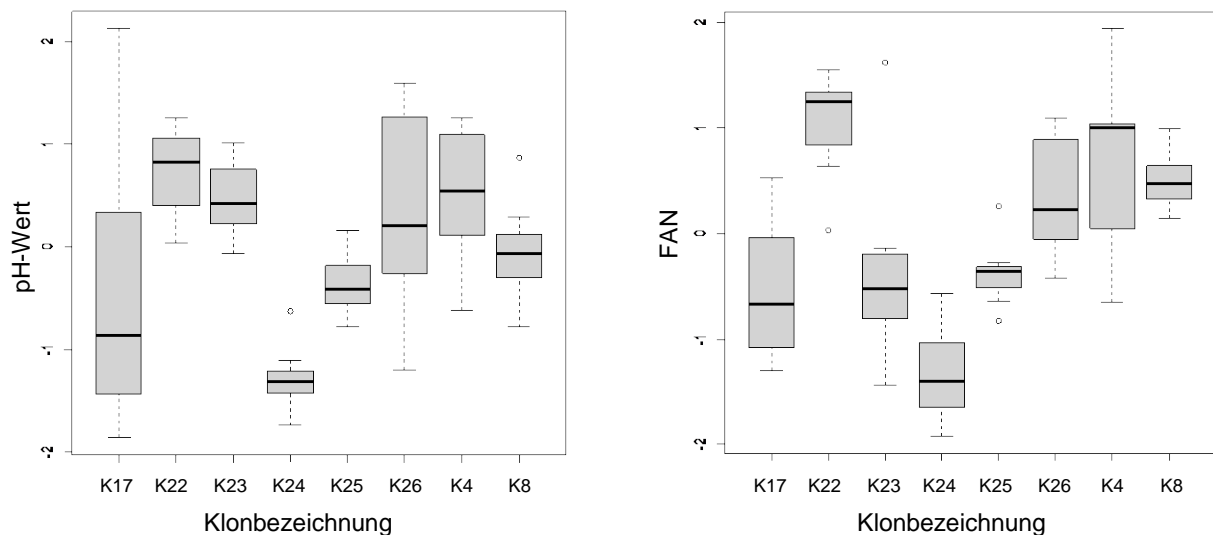
Ein deutlich erhöhtes Konzentrationsniveau findet sich auch bei GV-K24 (signifikante Unterschiede zu GV-K17: t-Test,  $P=0,03$ , GV-K22: t-Test,  $P=0,04$ , GV-K23: t-Test,  $P=0,008$  und GV-K25: t-Test,  $P=0,024$ ) und GV-K26 (mit signifikanten Testergebnissen bei einem Vergleich mit GV-K22: t-Test,  $P=0,005$  und GV-K23: t-Test,  $P=0,029$ ). Die Klone bilden also zwei Gruppen mit unterschiedlichem Konzentrationsspiegel.

Qualitativ zeigt die Verteilung der Konzentrationen der Titrierbaren Säure auf die Klone ein ganz ähnliches Bild: GV-K17, GV-K22 und GV-K23 weisen niedrige Konzentrationen auf, GV-K24 hingegen hohe. GV-K4 und GV-K8 sind bei mittleren Konzentrationsspiegeln sehr konstant. Wegen der geringen Varianz unterscheiden auch sie sich von einigen Klonen signifikant, die Niveaus sind folgende: GV-K4 gegen GV-K17: t-Test,  $P=0,0016$ , GV-K22: t-Test,  $P=0,022$  und GV-K23: t-Test,  $P=0,0053$ . GV-K8 gegen GV-K17: t-Test,  $P=0,014$ , GV-K22: t-Test,  $P=0,013$ , GV-K23: t-Test,  $P=0,0022$  und GV-K24: t-Test,  $P=0,038$ .

GV-K24 als Klon mit den höchsten Konzentrationen an Titrierbarer Säure unterscheidet sich natürlich signifikant von den drei Klonen mit den niedrigsten (GV-K17: t-Test,  $P=0,006$ , GV-K22: t-Test,  $P=0,013$  und GV-K23: t-Test,  $P=0,004$ ), darüber hinaus auch noch von GV-K25 (t-Test,  $P=0,029$ ). Weitere Unterschiede, die statistisch signifikant sind, ergeben sich zwischen GV-K22 und GV-K26 (t-Test,  $P=0,006$ ) und GV-K23 und GV-K26 (t-Test,  $P=0,047$ ).

Bei der Flüchtigen Säure weist GV-K24 die niedrigsten Konzentrationswerte auf und unterscheidet sich von einigen Klonen signifikant. Es sind dies: GV-K4 (t-Test,  $P=0,006$ ), sowie GV-K22 bis GV-K26 mit Signifikanzwerten zwischen  $P=0,0001$  (t-Test, zu GV-K22) und  $P=0,039$  (t-Test, zu GV-K26). Zusätzlich finden sich signifikante Differenzen auch noch zwischen GV-K25 und GV-K22 (t-Test,  $P=0,0002$ ) bzw. GV-K23 (t-Test,  $P=0,04$ ). GV-K25 hatte in den Vergleichsjahren relativ niedrige Gehalte an Flüchtiger Säure, die anderen beiden Klone recht hohe.

Bezüglich der Gluconsäure gibt es einen einzigen Klon, GV-K24, der sich von allen anderen durch besonders hohe Konzentrationen signifikant unterscheidet. Die Signifikanzzahlen liegen zwischen  $P=0,002$  (t-Test, Vergleich mit GV-K26) und  $P=0,047$  (t-Test, Vergleich mit GV-K4). Durch die Untersuchungsjahre hindurch besonders konstant sind die autoskalierten Daten für GV-K26 und GV-K8.



**Abb. 5:** pH-Wert und Frei Assimilierbarer Stickstoff (FAN). Dargestellt sind die autoskalierten Daten.

Auch beim pH (Abb. 5) fällt GV-K24 nicht nur durch die geringe Varianz der autoskalierten Daten, sondern auch durch die besonders niedrigen Werte auf. Dieser Klon unterscheidet sich daher im Differenzen-t-Test von allen anderen signifikant, mit Ausnahme von GV-K17. Der Unterschied ist sehr ausgeprägt, die Signifikanzzahlen liegen im Vergleich mit drei Klonen unter  $P=0,0003$  (GV-K22, Gv-K23 und GV-K25) und bei den anderen immerhin noch unter  $P=0,008$ .

GV-K8 unterscheidet sich signifikant von GV-K23 (t-Test,  $P=0,03$ ), wobei letzterer die höheren Werte aufweist. Als Folge der sehr konstanten Werte (in Auto- und Rangskalierung) unterscheidet sich auch GV-K25 signifikant von einigen Klonen (zusätzlich zu der bereits erwähnten signifikanten Differenz zu GV-K24), nämlich GV-K4 (t-Test,  $P=0,019$ ), sowie GV-K22 (t-Test,  $P=0,005$ ) und GV-K23 (t-Test,  $P=0,008$ ). GV-K25 hat einen höheren pH als GV-K24 und einen niedrigeren als GV-K4, GV-K22 und GV-K23.

Die geringsten FAN-Werte weist der Klon GV-K24 auf, was man sogar an den Originalwerten erkennt (nicht dargestellt). Signifikant ist der Unterschied zu allen Klonen mit Ausnahme von GV-K17 und GV-K23. Die Signifikanzzahlen zu den übrigen bewegen sich zwischen  $P=0,0002$  (t-Test, GV-K8) und  $P=0,002$  (t-Test, GV-K4). Die Unterschiede sind also sehr deutlich.

In Autoskalierung variieren die Werte von GV-K25 wenig, was erklärt, warum auch dieser Klon mit eher durchschnittlichen FAN-Werten zu vielen anderen signifikant unterschiedlich ist. Es sind dies: GV-K4 (t-Test,  $P=0,02$ ), GV-K8 (t-Test,  $P=0,005$ ), GV-K22 (t-Test,  $P=0,0006$ ) und – wie bereits erwähnt – GV-K24 (t-Test,  $P=0,005$ ). Außer bei GV-K24 liegen bei den Vergleichsklonen die FAN-Werte höher.

Weitere signifikante Unterschiede ergeben sich zwischen GV-K8 und GV-K17 (t-Test, P=0,01), GV-K17 und GV-K22 (t-Test, P=0,001), und zwischen GV-K22 und GV-K23 (t-Test, P=0,046). GV-K22 weist die höchsten FAN-Werte auf.

- Zusammenfassung der Klonunterschiede in Hinblick auf Reife- und Leseparameter  
Der insgesamt auffälligste Klon ist GV-K24 mit im Jahresvergleich hohem Trauben- und 100-Beerengewicht, hoher Zuckergradation und allen damit zusammenhängenden Parametern (Dichte, Glucose- und Fructosegehalte), aber auch überwiegend hohen Säuregehalten (mit Ausnahme der Flüchtigen Säure, mit im Vergleich niedrigen Werten) und entsprechend niedrigem pH-Wert. Die Verfügbarkeit von Frei Assimilierbarem Stickstoff ist allerdings ebenfalls vergleichsweise gering.

**Tabelle 2: Klonunterschiede in qualitativer Beurteilung**

	GVK4	GVK8	GVK17	GVK22	GVK23	GVK24	GVK25	GVK26
100 Beerengewicht						hoch	niedrig	
Traubengewicht			niedrig	hoch		hoch		rel. niedrig
Gradation						hoch	niedrig	hoch
Dichte						hoch	niedrig	hoch
Glukose						hoch	niedrig	hoch
Fructose						hoch	niedrig	hoch
Titrierbare Säure		konstant	niedrig	niedrig	niedrig	hoch		
Weinsäure	konstant hoch	konstant hoch	niedrig	niedrig	niedrig	hoch	niedrig	rel. hoch
Äpfelsäure	hoch	konstant	niedrig					rel. niedrig
Flüchtige Säure	hoch (variabel)			hoch	rel. hoch	niedrig	rel. niedrig	
Gluconsäure		konstant				hoch		konstant
pH-Wert	hoch	konstant		hoch	rel. hoch	konstant niedrig	konstant	
FAN				konst. hoch		niedrig	konstant	

Ebenfalls eine hohe Gradation und entsprechende Werte bei den assoziierten Parametern weist GV-K26 auf. Auch der Weinsäuregehalt ist relativ hoch, nicht jedoch derjenige der Äpfelsäure. Der Gluconsäuregehalt liegt konstant im Mittelfeld. Relativ gering ist das Traubengewicht.

GV-K25 hat in den Untersuchungsjahren eine unterdurchschnittliche Zuckergradation. Das gilt auch für die Dichte und den Glucose- und Fructosegehalt. Aber auch die Säuren sind vergleichsweise nicht besonders ausgeprägt, der Weinsäuregehalt ist vergleichsweise niedrig, wie auch die Flüchtige Säure eher gering ausgeprägt ist. pH-Wert und FAN liegen recht konstant im Mittelfeld.

GV-K8 reagiert auf interannuale Schwankungen der Witterung in geringerem Ausmaß als andere Klone. Für die meisten Parameter liegen die Werte im Mittelfeld, nur die Weinsäurekonzentration ist über die Versuchsjahre hinweg konstant hoch.

Dies gilt auch für GV-K4 der zudem noch eine hohe Äpfelsäurekonzentration aufweist und einen variablen, aber insgesamt eher hohen Gehalt an Flüchtiger Säure. Da der pH-Wert aber

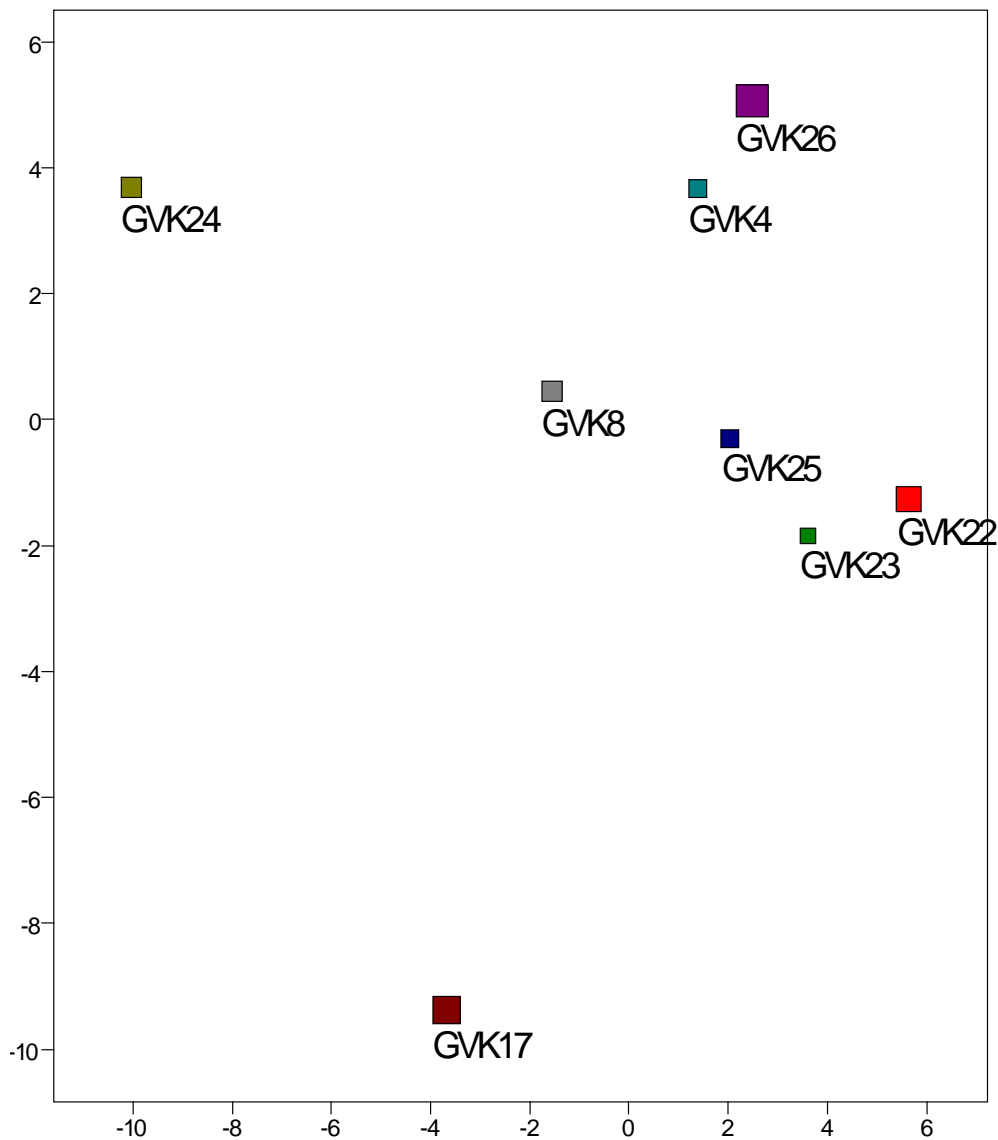
ebenfalls hoch ist, müssen wohl auch einige basische Traubensaftbestandteile in überdurchschnittlicher Konzentration gebildet werden.

Die restlichen Klone zeichnen sich durch einen Traubensaft mit geringer Säurekonzentration aus. Bei GV-K17 betrifft dies die Titrierbare, die Wein- und Äpfelsäure. Auch das Traubengewicht ist niedrig.

Bei GV-K22 ist das Traubengewicht hingegen hoch und auch der FAN-Wert, ebenso der Gehalt an Flüchtiger Säure. Gleiches gilt für den pH, was gut mit der niedrigen Konzentration der Titrierbaren Säure und auch jener der Weinsäure übereinstimmt.

Gering konzentriert sind Titrierbare und Weinsäure auch bei GV-K23, der pH-Wert ist relativ hoch, wie auch der Gehalt an Flüchtiger Säure.

Ein multivariater Vergleich der Klone mittels Hauptkomponentenanalyse, der die Reife- und Leseparameter aller sieben Untersuchungsjahre (2014-2020) berücksichtigt, bestätigt die außergewöhnlichen Eigenschaften von GV-K24. Die Trennung erfolgt durch die erste Hauptachse, das „andere Ende“ wird durch GV-K22 gebildet. Von der zweiten (weniger relevanten) Hauptachse wird GV-K17 von allen anderen Klonen isoliert. Auch GV-K17 besitzt also aberrante Eigenschaften. GV-K8 kommt eine recht zentrale Position zu. GV-K26 wird durch die dritte Hauptachse (erkennbar an der unterschiedlichen Größe der Symbole) von den anderen Klonen getrennt, wobei GV-K23 an dieser Achse am weitesten von GV-K26 entfernt ist. Insgesamt sind die Klone also sehr vielfältig.

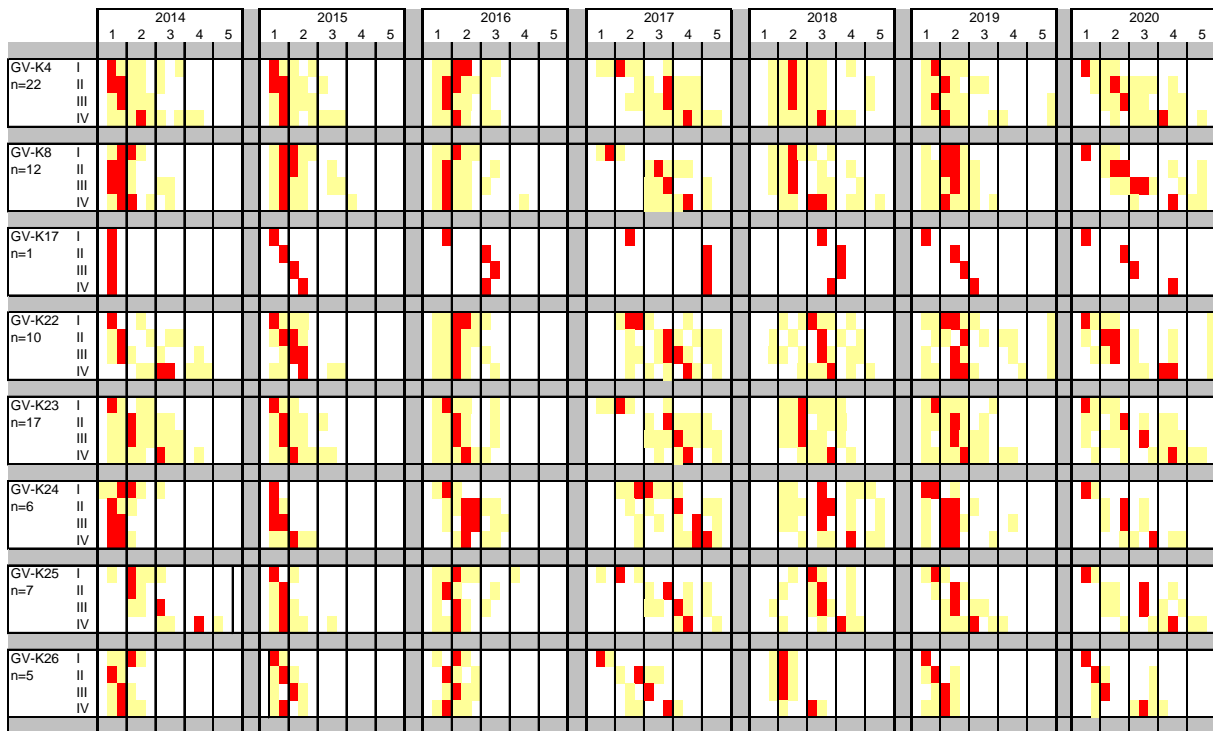


**Abb. 6:** Multivariater (Reife- und Leseparameter aller Untersuchungsjahre) Vergleich der Klone mittels Hauptkomponentenanalyse.

- Rebvitalität (Wüchsigkeit)

In allen Untersuchungsjahren wurden die Reben des Versuchsweingartens einer Vitalitätsanalyse unterzogen. Die Wuchsqualität wurde an vier Terminen im Jahr (I: Frühjahr: Ende April bis Ende Mai; II: Mittsommer: Ende Juli bis Anfang August; III: Spätsommer bis Frühherbst: September; IV: Spätherbst bis Winter: Später November bis früher Jänner des Folgejahres) mithilfe einer fünfzehnteiligen Skala festgehalten, die sich am österreichischen Schulnotensystem orientiert (sehr gut bis nicht genügend; Noten 1 bis 5, mit Plus und Minus). Die so erhaltenen Daten sind ordinal und damit einer weiterführenden statistischen Analyse nicht zugänglich. Immerhin lässt sich aber der Median als Mittelwertmaß bilden und der Wertebereich angeben (Abb. 7). Für die Untersuchung standen

zwischen einer (GV-K17) und 22 Reben (GV-K4) pro Klon zur Verfügung, insgesamt achtzig Rebstöcke, die zu 28 Terminen bonitiert wurden.



**Abb. 7:** Rebvitalität in den Untersuchungs Jahren, dargestellt für die verschiedenen Klone. Die Analyse umfasst vier Termine pro Jahr (siehe Text). Für jeden Klon sind die Anzahl n der untersuchten Rebstöcke angegeben. Rot: Median; Gelb: Wertebereich pro Untersuchungstermin.

Auffällig ist der Jahresunterschied. 2015, 2016 und 2019 blieb die mittlere Bewertung der Reben während des gesamten Jahres fast ausnahmslos im Bereich 1-2 (sehr gut bis gut), während die Reben in den Jahren 2017 und 2020 nach anfänglich durchgehend guter Bewertung im Jahresverlauf zunehmend schlechter beurteilt wurden. Auch in den Jahren 2014 und 2018 wurde die Bewertung im Jahresverlauf schlechter, wenngleich nicht so sehr wie 2017 und 2020. Der Trend betraf 2014 und 2018 auch nicht alle Klone gleichermaßen. Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass ein negativer Trend im Jahresverlauf sich nicht notwendigerweise im Folgejahr fortsetzt. Die biologische Bewirtschaftungsform mag einen Anteil an der Vitalitätsabnahme in manchen Jahren im Jahresverlauf haben, dauerhafte Beeinträchtigungen sind aber nicht beobachtet worden. 2018 war allerdings die Vitalität bereits zu Jahresanfang ungewöhnlich gering, vielleicht als Folge der sehr mäßigen Wüchsigkeit 2017. In den anderen Jahren war aber die Wüchsigkeit zu Jahresbeginn stets recht hoch, auch wenn sie zu Jahresende des Vorjahres eher gering war.



Ein bedeutender Vitalitätsunterschied zwischen den Klonen lässt sich anhand der vorliegenden Daten und Untersuchungsmethoden nicht ausmachen, vermutlich auch deshalb, weil nicht randomisiert angepflanzt wurde. Am ehesten lässt sich GV-K26 als sehr vital ansprechen, da für diesen Klon die mittlere Bewertung nie schlechter war als befriedigend (3). Auch der Wertebereich aller Stöcke dieses Klons bleibt überwiegend zwischen 1 und 3. Keiner der Klone lässt sich als besonders wenig vital klassifizieren.

Am Standort Langenlois (Kamptal) wurden acht Klone der Sorte Grüner Veltliner einer langjährigen Untersuchung (2014 bis 2020) unterzogen. Daten zur Vitalität, zu Leseparametern und die Basischemie des Traubensaftes wurden herangezogen, um die Grundlagen einer Eignungsbeurteilung bezüglich der Reaktion auf zu erwartende Klimatrends zu besitzen.

Reife- und Leseparameter – wie sie bei den verschiedenen Grünen Veltliner Klonen gemessen wurden – werden von einer Vielzahl von reb- und umweltspezifischen Faktoren beeinflusst. Am wichtigsten sind natürlich die physiologischen Bedingungen der Rebe, wie Vitalität, Gesundheitszustand, aber natürlich besonders auch genetische Voraussetzungen, die bei den Klonen unterschiedlich sein mögen. Um das Langzeitverhalten erkennen zu können, wurden die Verschiedenheiten der Klone herausgefiltert, indem die Messungen mehrerer Jahre miteinander verglichen wurden. Dabei wurde der Einfluss der für den Reifeverlauf relevanten Witterungsunterschiede zwischen den Jahren, der oft die durch die physiologischen Gegebenheiten bedingten Verschiedenheiten maskiert, durch geeignete statistischer Verfahren eliminiert.

Beim Vergleich der Klone zeigte sich insgesamt eine sehr hohe, durchaus beeindruckende Eigenschaftsvielfalt, die möglicherweise einen Hinweis auf eine hohe Anpassungsfähigkeit der Sorte Grüner Veltliner darstellt. Eine derartige Variabilität ist für die Klonzucht höchst vorteilhaft und von großer Bedeutung, stellt sie doch die Basis dafür, dass sich diese wichtige heimische Sorte durch Zuchtmaßnahmen an die zu erwartenden, recht gravierenden klimatischen Änderungen adaptieren lässt.

### **Literatur und Online-Referenzen**

- 1) <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimazukunft/europa/lufttemperatur>. 30.07.2021. Siehe dort auch weiterführende Literatur.
- 2) <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimazukunft/europa/niederschlag>; 30.07.2021. Siehe dort auch weiterführende Literatur.

3) <https://www.weinobst.at/service/rebsortenkatalog/klonenblaetter/klonenbl-tter-d-m.html>. 10.09.2021

ALVA-Methodenbuch für Weinanalysen in Österreich, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1984.

BERNETTI, I., MENGHINI, S., MARINELLI, N., SACCHELLI, S., & SOTTINI, V. A., 2012: Assessment of climate change impact on viticulture: Economic evaluations and adaptation strategies analysis for the Tuscan wine sector. *Wine Economics and Policy*, 1(1), 73–86. doi: 10.1016/j.wep.2012.11.002

FLAK, W., GANGL, H., 1994: Grobkartierung des Rebvirosenbefalls in der Weinbauregion Burgenland mittels ELISA, *Mitteilungen Klosterneuburg* 44, 163-167

HANNAH, L., ROEHRDANZ, P. R., IKEGAMI, M., SHEPARD, A. V., SHAW, M. R., TABOR, G., ZHI, L., MARQUET, P. A., & HIJMANS, R. J., 2013: Climate change, wine, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(17), 6907–6912. doi: 10.1073/pnas.1210127110

JONES, G. V., WHITE, M. A., COOPER, O. R., & STORCHMANN, K., 2005: Climate change and global wine quality. *Climatic Change*, 73(3), 319–343. doi: 10.1007/s10584-005-4704-2

JONES, G. V., 2010: Climate Change, Viticulture, and Wine : Challenges and Opportunities, *Journal of Wine Research* 21(2):103-106, doi: 10.1080/09571264.2010.530091

KOVÁCS, E., PUSKAS, J., POZSGAI, A., KOZMA, K., 2018: Shift in the annual growth cycle of grapevines (*Vitis vinifera* L.) in West Hungary, *Applied Ecology and Environmental Research* 16(2):2029-2042

DOI: 10.15666/aer/1602\_20292042

MORIONDO, M., JONES, G. V., BOIS, B., DIBARI, C., FERRISE, R., TROMBI, G., & BINDI, M., 2013: Projected shifts of wine regions in response to climate change. *Climatic Change*, 119(3–4), 825–839. doi: 10.1007/s10584-013-0739-y

OIV Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts Vol. 1 & 2, 2014 (<http://www.oiv.int/oiv/info/enmethodesinternationalesvin?lang=en>).

MATYASOVSKY, I., WEIDINGER, T., BARTHOLY, J., & BARCZA, Z., 1999: Current regional climate change studies in hungary: A review. *Geographica Helvetica*, 54(3), 138–146. doi: 10.5194/gh-54-138-1999

SANTOS, J. A., FRAGA, H., MALHEIRO, A. C., MOUTINHO-PEREIRA, J., DINIS, L.-T., CORREIA, C., MORIONDO, M., LEOLINI, L., DIBARI, C., COSTAFREDA-AUMEDES,

S., KARTSCHALL, T., MENZ, C., MOLITOR, D., JUNK, J., BEYER, M., & SCHULTZ, H. R., 2020: A Review of the Potential Climate Change Impacts and Adaptation Options for European Viticulture. *Applied Sciences*, 10(9), 3092. doi: 10.3390/app10093092

SEGUIN, B., 2005: Climate warming: Consequences for viticulture and the notion of “terroirs” in Europe. *Acta Horticulturae*, 689, 61–70. doi: 10.17660/ActaHortic.2005.689.3

VAN LEEUWEN, C., DARRIET, P., 2016: The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 150–167

TIEFENBRUNNER, M., WUKETICH, A., TIEFENBRUNNER, W., 2019: Langjährige Entwicklung des Weintrauben-Reifeverlaufs im Burgenland und dessen Abhängigkeit von verschiedenen Klimafaktoren, *Mitteilungen Klosterneuburg*, 69, 124-140