

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

Helmut Gangl¹, Gerhard Leitner¹, Claudia Hack¹, Andreas Probst¹ & Wolfgang Tiefenbrunner¹

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 Klonselektion 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 worden waren und die Besonderheiten der Witterung der sieben Untersuchungsjahre berücksichtigt worden waren, ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen den Klonen. GV-K24 weist durchgehend höhere Säure- und Zuckerkonzentrationen als andere Klone auf. 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, Klonselektion

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 bergen das Risiko von Trockenstress für die Rebe. Auch die Basischemie des Traubensafts verändert sich in einer bei vielen Sorten unerwünschten Weise z. B. beim Grünen Veltliner.

Der Weinbau wird vermutlich auf diese klimatischen Entwicklungen reagieren müssen (SEGUIN 2005, SANTOS et al. 2020, VAN LEEUWEN und 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 Klonselektion 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 Weinregion Balaton 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 l als Qualitätswein zur Prüfnummer eingereicht), berücksichtigt einen Zeitraum von sieben Jahren.

Methode

• Klonselektion

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 Traubenhabitus. 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 Rebvirosen 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 Edelreisern 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, Gehalte an Glucose, Fructose, Äpfel-, Wein-, Gluconsäure, titrierbare und flüchtige Säure, pH-Wert, frei assimilierbarer 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 Anhang 1 für das Zeitintervall März bis September präsentiert werden.

- **Statistische Analysen**

Für die statistische Aufbereitung der Daten wurde 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

Ein ausführlicher Jahresvergleich der Witterung in den sieben Untersuchungsjahren sowie eine Auflistung der Lesetermine sind im Anhang 1 präsentiert. Anhang 2 informiert über die Auswirkung der Jahreswitterung auf die Lese- und Reifeparameter bzw. zeigt diese im Jahresvergleich (Box-Whisker-Plot).

- **Klonunterschiede in Bezug auf Lese- und Reifeparameter**

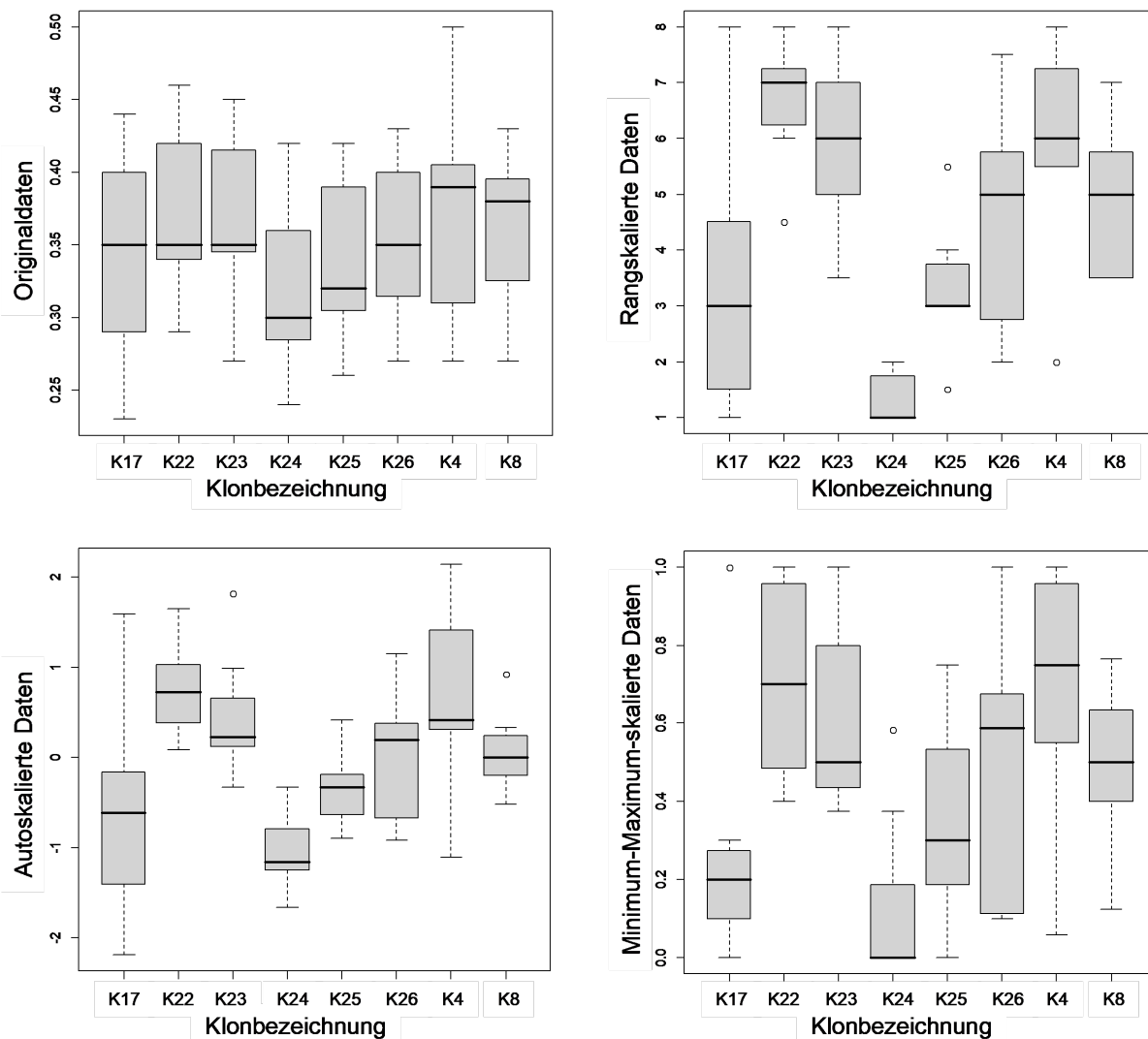
Ohne Zweifel hatte die Witterung in den Untersuchungsjahren einen sehr großen Einfluss auf Lese- und Reifeparameter und es ist unwahrscheinlich, dass sich die Verschiedenheit der Klone ähnlich gravierend auswirkt. Es wird aber Unterschiede geben, die sich statistisch erfassen lassen, wenn man die Auswirkung des Wetters auf die Daten in irgendeiner Weise eliminieren kann. Dies wurde auf zweierlei Art versucht: Die erste Möglichkeit ist es, 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 nicht geeignet, für andere Skalierungsmethoden gilt das aber nicht. So kann man z. B. eine Minimum-Maximum-Skalierung durchführen ($\text{Skalierter Wert} = \frac{[\text{Wert} - \text{Minimalwert}]}{[\text{Maximalwert} - \text{Minimalwert}]}$). Alle skalierten Werte liegen dann zwischen Null und Eins. Eine weitere derartige Prozedur ist die Autoskalierung ($\frac{[\text{Wert} - \text{Mittelwert}]}{\text{Standardabweichung}}$). Sie bewirkt, dass der Mittelwert bei Null liegt und die Varianz den Wert Eins annimmt.

Die skalierten Werte können anschließend wie die Originaldaten behandelt werden, 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), sowie als nichtparametrischer Test der Kruskal-Wallis-Test 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 ebenso wie für die autoskalierten Daten ein hochsignifikanter (ANOVA $P<0,000$; K-W $P<0,000$) Unterschied 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 der 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 bietet sich hier der t-Test für verbundene Stichproben an, falls die Daten normalverteilt (Shapiro-Wilks-Test) und varianzhomogen (F-Test) sind, alternativ der nichtparametrische Vorzeichenrangtest 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 flüchtiger 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.

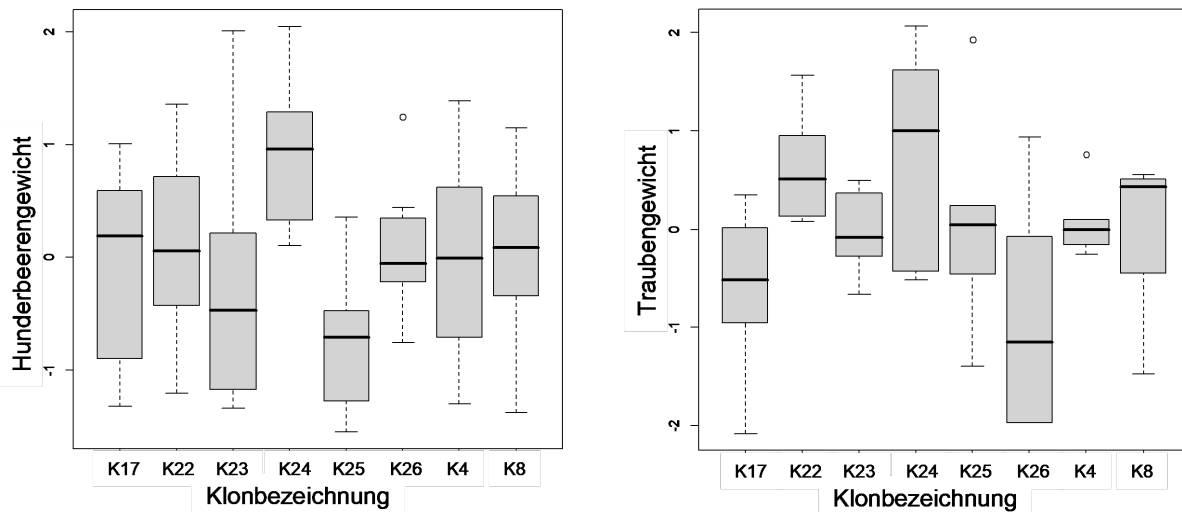
t-Test	GVK4	GVK8	GVK17	GVK22	GVK23	GVK24	GVK25	GVK26
GVK4		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.006336	n.s.	n.s.
GVK8			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
GVK17				n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
GVK22					n.s.	0.0001257	0.000232	n.s.
GVK23						0.006336	0.04086	n.s.
GVK24							0.00376	0.03893
GVK25								n.s.
GVK26								

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 im Klonenvergleich in der gleichen Reihenfolge

besprochen wie im Jahresvergleich (Anhang 2), d. h. beginnend mit den Leseparametern (Abb. 2):

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



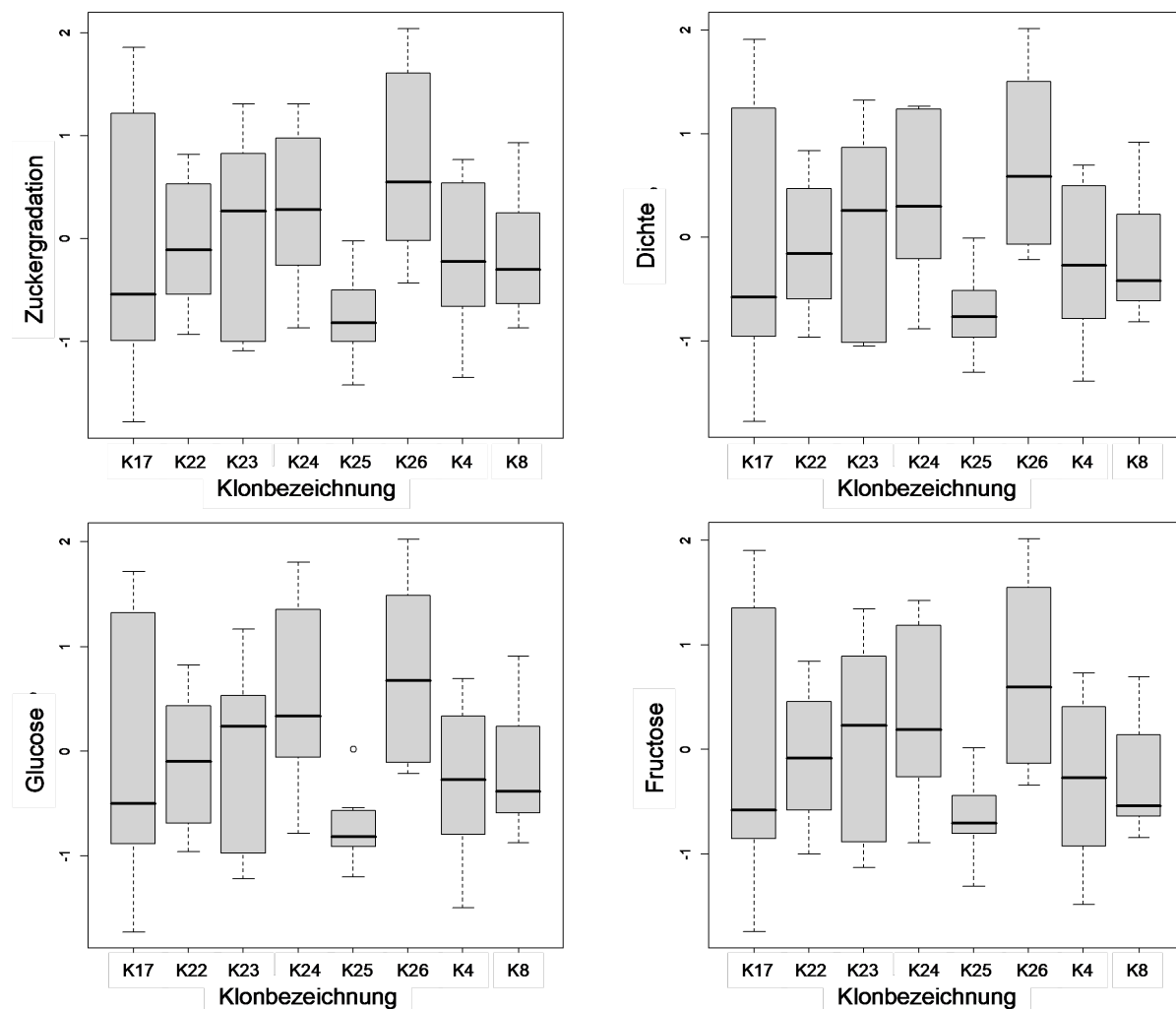
Das Hundertbeerengewicht unterscheidet sich zwar von Jahr zu Jahr deutlich (Anhang 2), ist dann aber bei allen Klonen ziemlich ähnlich (Abb. 2). Lediglich bei GV-K24 ist es nach dem nichtparametrischen Testverfahren signifikant höher, wobei eine Signifikanz des Unterschieds allerdings nur beim Vergleich 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.

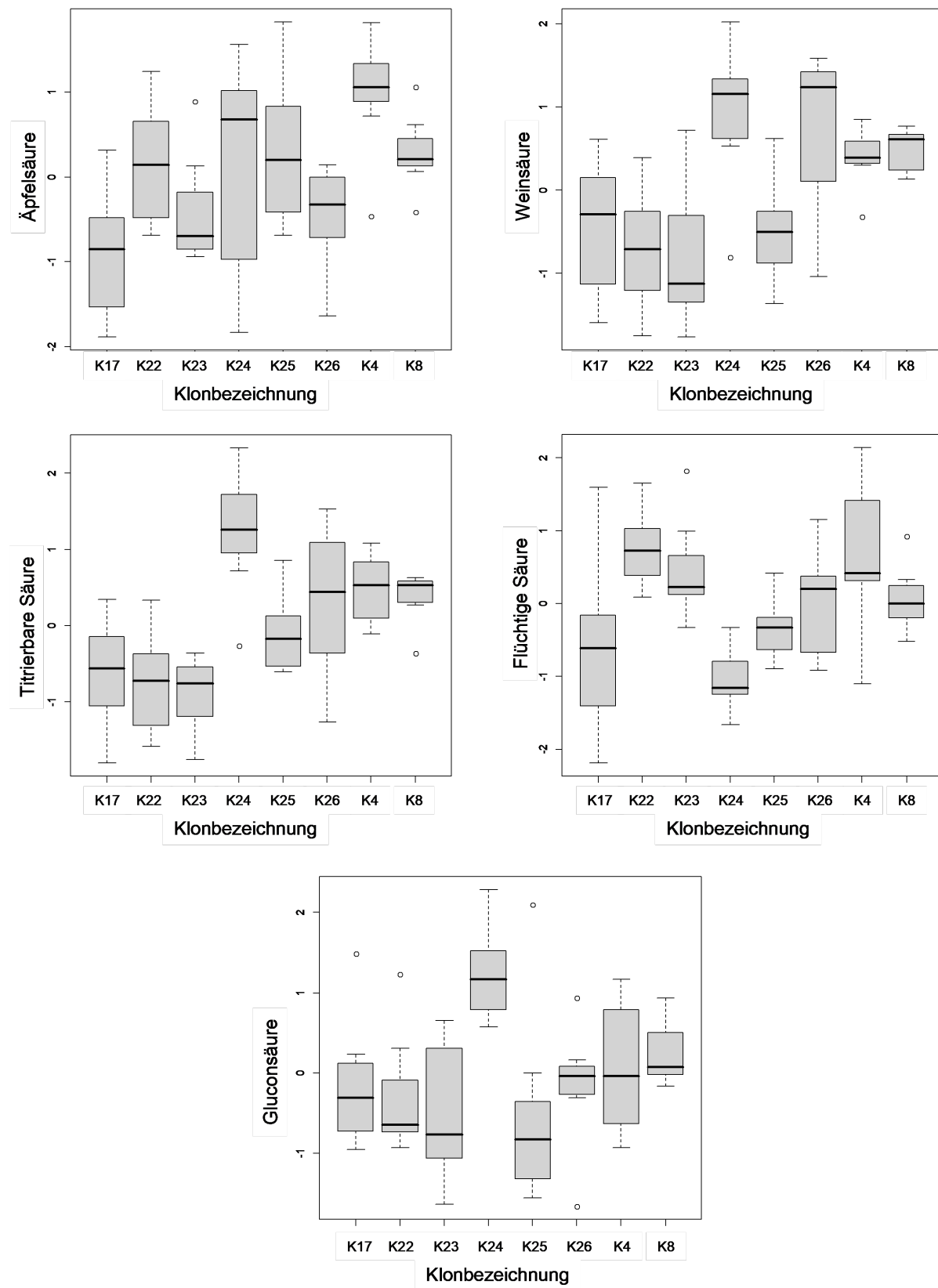
Die Reifeparameter Zuckergradation, Dichte, Glucose- und Fructosegehalt sind korreliert (Anhang 3) und werden daher wieder gemeinsam behandelt (Abb. 3). Bezüglich der Gradation unterscheiden sich GV-K24 und GV-K26 von GV-K25 (t-Test $P=0,018$ bzw. t-Test $P=0,003$); GV-K25 hat eine deutlich niedrigere 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.

Abb. 4: Säuren (Äpfel-, Wein-, sowie Gluconsäure, titrierbare und flüchtige Säure); dargestellt sind die autoskalierten Daten.



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-K 17 (t-Test, $P=0,02$), GV-K 22 (t-Test, $P=0,016$), GV-K 23 (t-Test, $P=0,014$) und GV-K 25 (t-Test, $P=0,017$) ebenso wie bei GV-K8 (zu GV-K 17: t-Test, $P=0,045$), GV-K 22: t-Test, $P=0,016$, GV-K 23: t-Test, $P=0,014$ und GV-K 25: t-Test, $P=0,017$).

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 Konzentrationsniveau.

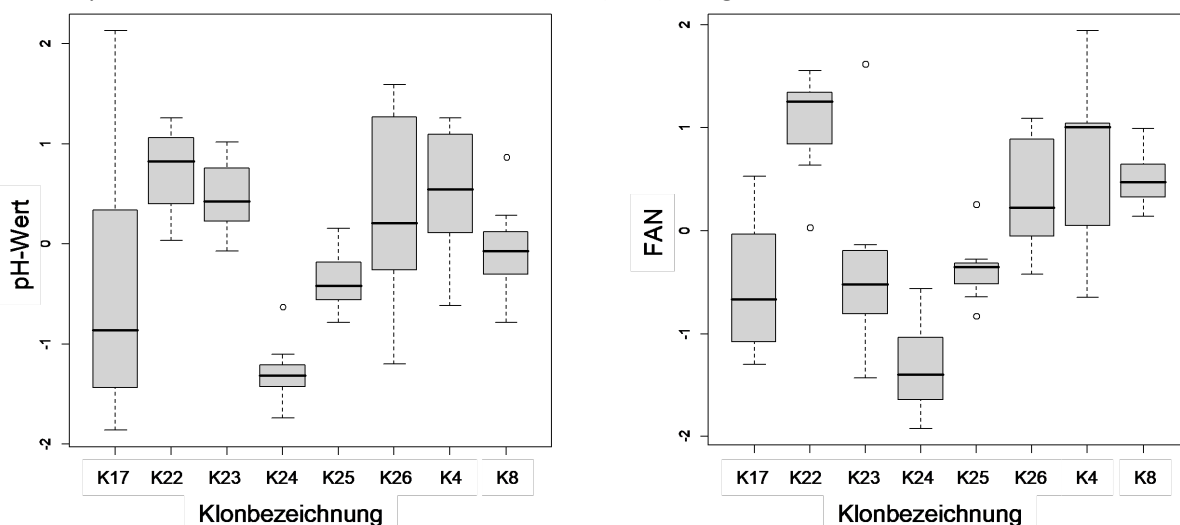
Qualitativ zeigt die Verteilung der Konzentrationen der titrierbaren Säure auf die Klone ein ganz ähnliches Bild: GV-K17, GV-K22 und GV-K23 weisen niedrige Konzentrationen auf, GV-K24 hingegen hohe. GV-K4 und GV-K8 sind bei mittleren Konzentrationsniveaus sehr konstant. Wegen der geringen Varianz unterscheiden 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. Dies sind: 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-Wert 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, mit Ausnahme von GV-K17, signifikant. 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 Ergebnisse (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. Dies sind: 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 (FAN) 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
<i>Gradation in °KMW</i>						hoch	niedrig	hoch
<i>Dichte</i>						hoch	niedrig	hoch
<i>Glucose (g/l)</i>						hoch	niedrig	hoch
<i>Fructose (g/l)</i>						hoch	niedrig	hoch
<i>Titrierbare Säure (g/l)</i>		konstant	niedrig	niedrig	niedrig	hoch		
<i>Weinsäure</i>	konstant hoch	konstant hoch	niedrig	niedrig	niedrig	hoch	niedrig	rel. hoch
<i>Äpfelsäure (g/l)</i>	hoch	konstant	niedrig					rel. niedrig
<i>Flüchtige Säure (g/l)</i>	hoch (variabel)			hoch	rel. hoch	niedrig	rel. niedrig	
<i>Gluconsäure (g/l)</i>		konstant				hoch		konstant
<i>pH-Wert</i>	hoch	konstant		hoch	rel. hoch	konstant niedrig	konstant	
<i>FAN</i>				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 verhältnismäßig 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 und einen variablen, aber insgesamt eher hohen Gehalt an flüchtiger Säure aufweist. 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

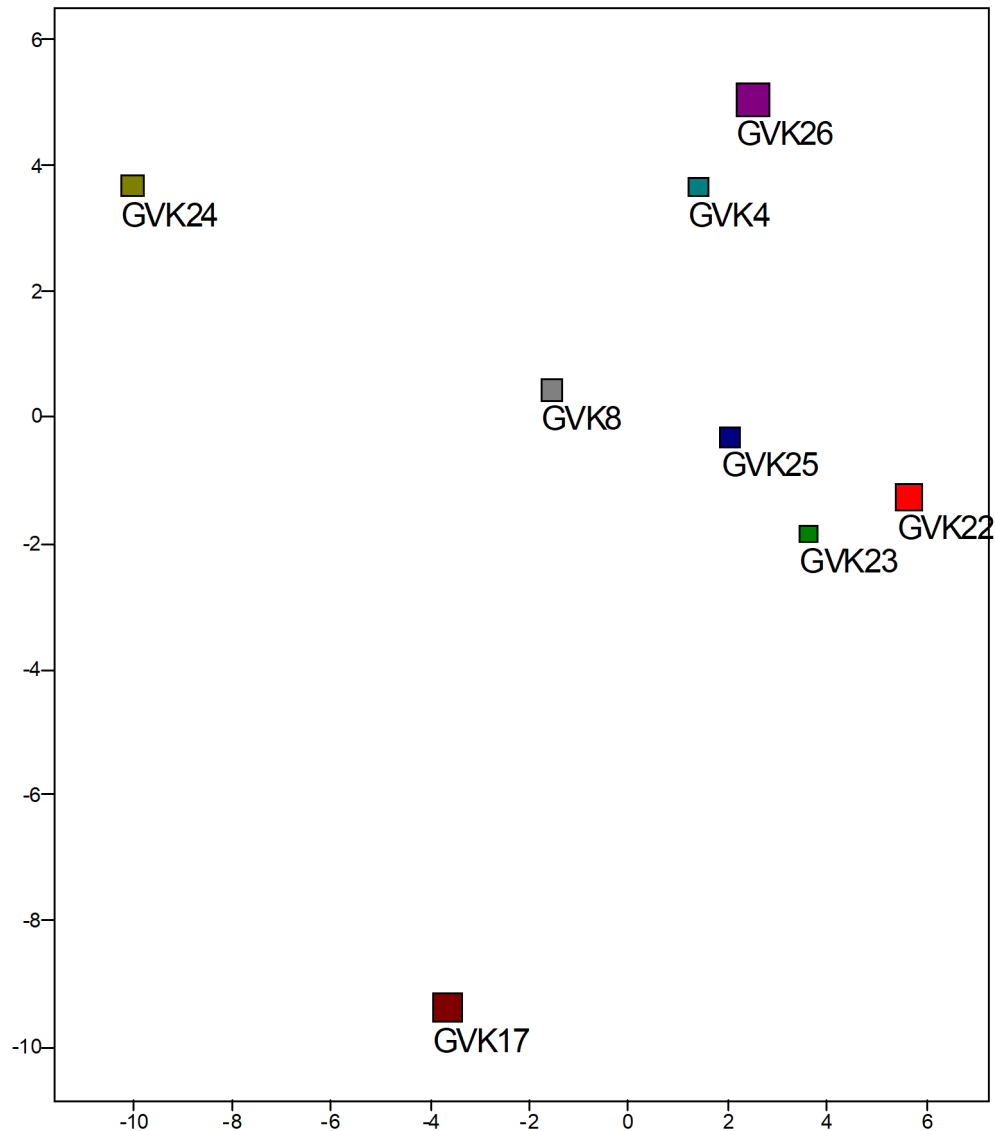
aus. Bei GV-K17 betrifft dies die titrierbare Säure, die Wein- und Äpfelsäure. Auch das Traubengewicht ist niedrig.

Bei GV-K22 sind sowohl das Traubengewicht als auch der FAN-Wert und der Gehalt an flüchtiger Säure hoch. Gleiches gilt für den pH-Wert, was gut mit der niedrigen Konzentration der titrierbaren Säure und auch jener der Weinsäure übereinstimmt.

Gering konzentriert sind dies titrierbare Säure und Weinsäure auch bei GV-K23, der pH-Wert wie auch der Gehalt an flüchtiger Säure sind relativ hoch.

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

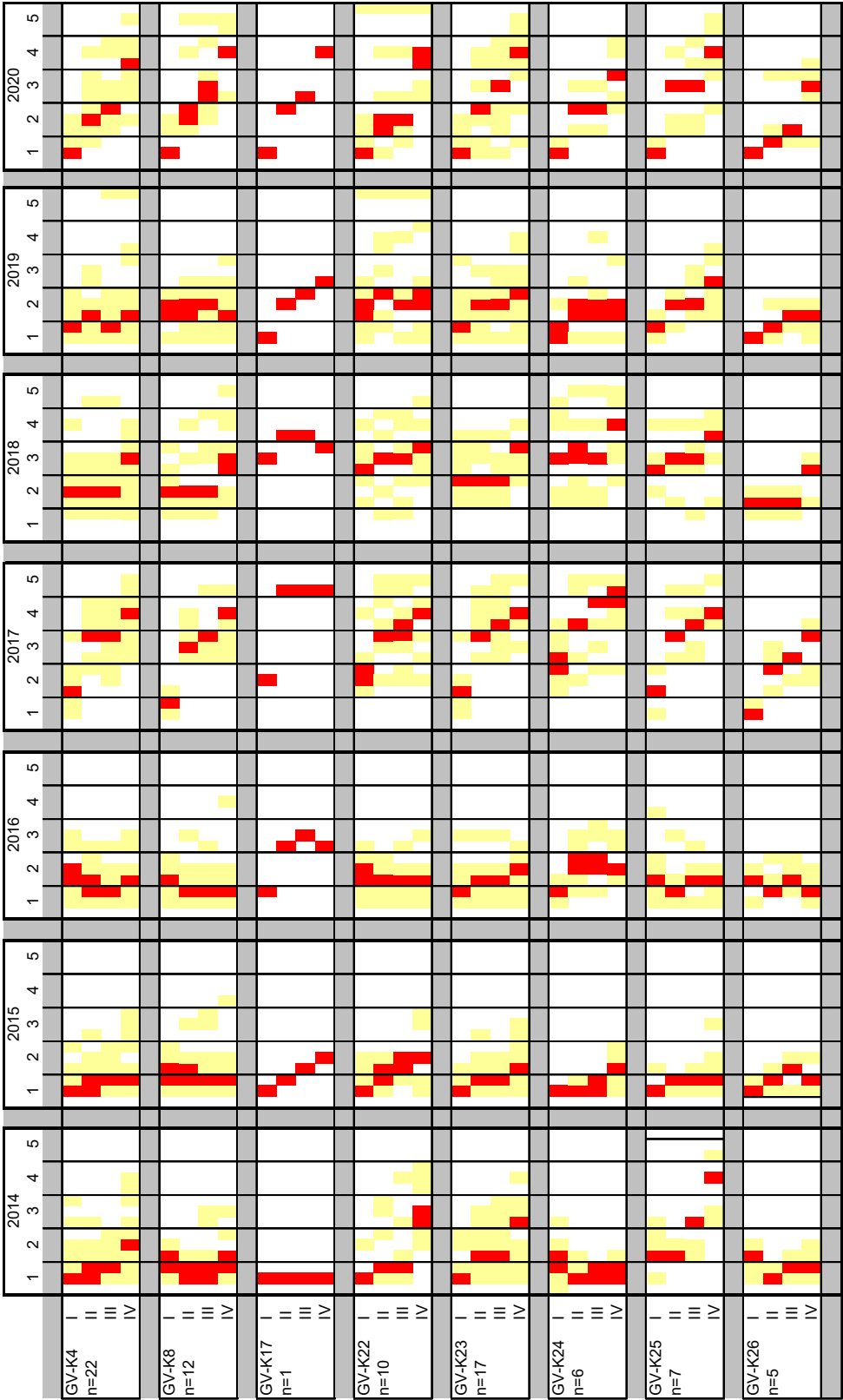


- **Rebvitalität (Wüchsigkeit)**

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 80 Rebstöcke, die zu 28 Terminen bonitiert wurden.

Abb. 7: Rebvitalität in den Untersuchungsjahren, 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 erhalten.

Reife- und Leseparameter – wie sie bei den verschiedenen GrünerVeltliner -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

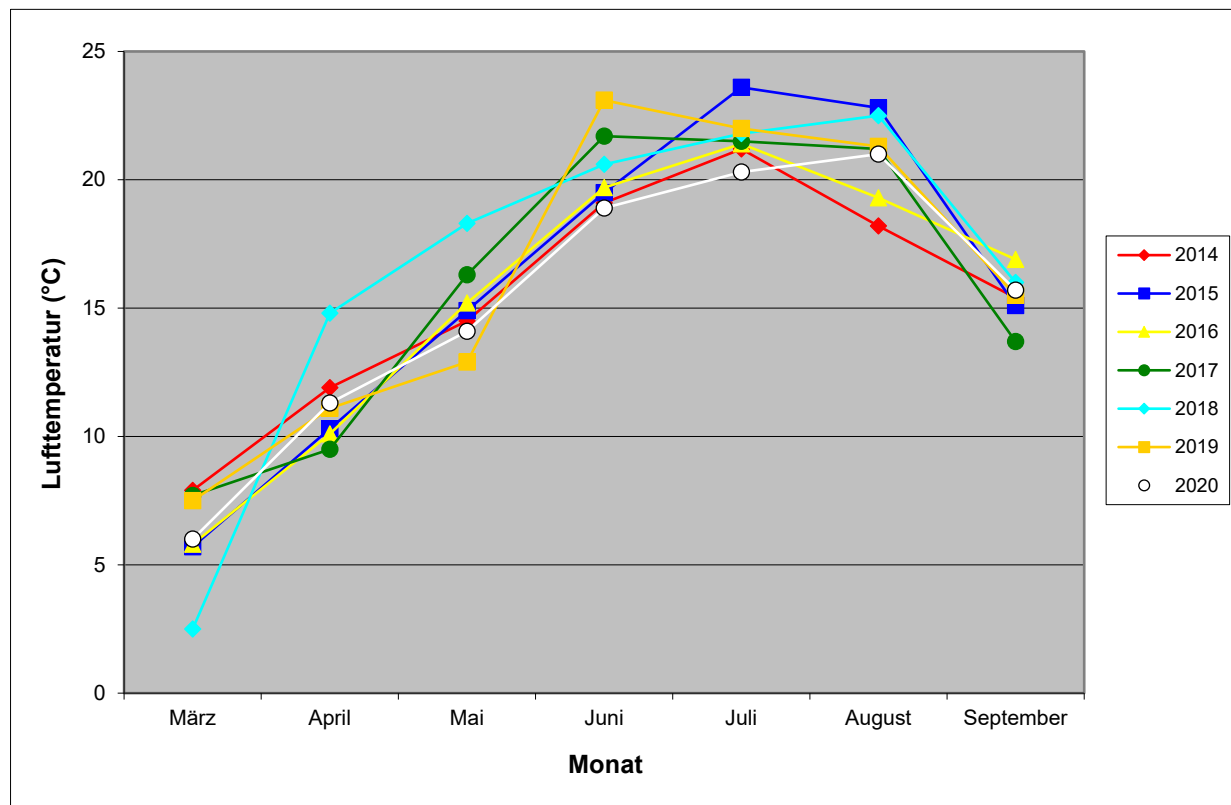
bei den Klonen unterschiedlich sein mögen. Um das Langzeitverhalten erkennen zu können, wurden die Verschiedenheiten der Klone herausgefiltert, indem die Messungen mehrerer Jahre miteinander verglichen wurden. Dabei wurde der Einfluss der für den Reifeverlauf relevanten Witterungsunterschiede zwischen den Jahren, der oft die durch die physiologischen Gegebenheiten bedingten Verschiedenheiten maskiert, durch geeignete statistische 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.

Anhang 1: Das Wetter in den Untersuchungsjahren am Versuchsstandort

Die mittlere Lufttemperatur lag in den Untersuchungsjahren im März unter 10 °C (Abb. 1.1) und war 2018 besonders niedrig (2,5 °C). Im April lag sie in den meisten Jahren um die 10 °C, nur 2018 war sie bei etwa 15 °C vergleichsweise hoch. Auch im Mai, dem Monat, der für die generative Entwicklung der Rebe von besonderer Bedeutung ist und oftmals auch den Reifeverlauf entscheidend beeinflusst, lagen die Temperaturen 2018 mit etwa 18 °C überdurchschnittlich hoch, im Folgejahr 2019 waren sie hingegen besonders niedrig. Im Juni herrschten am Standort der Wetterstation Temperaturen um die 20 °C, 2019 übertrafen sie allerdings 23 °C. Im Folgejahr waren sowohl Juni als auch Juli relativ kühl. 2015 war das Jahr mit dem wärmsten Juli und August, der kühlgste August war 2014. Im September lag die mittlere Lufttemperatur zwischen 15,1 °C (2017) und 16,9 °C (2016).

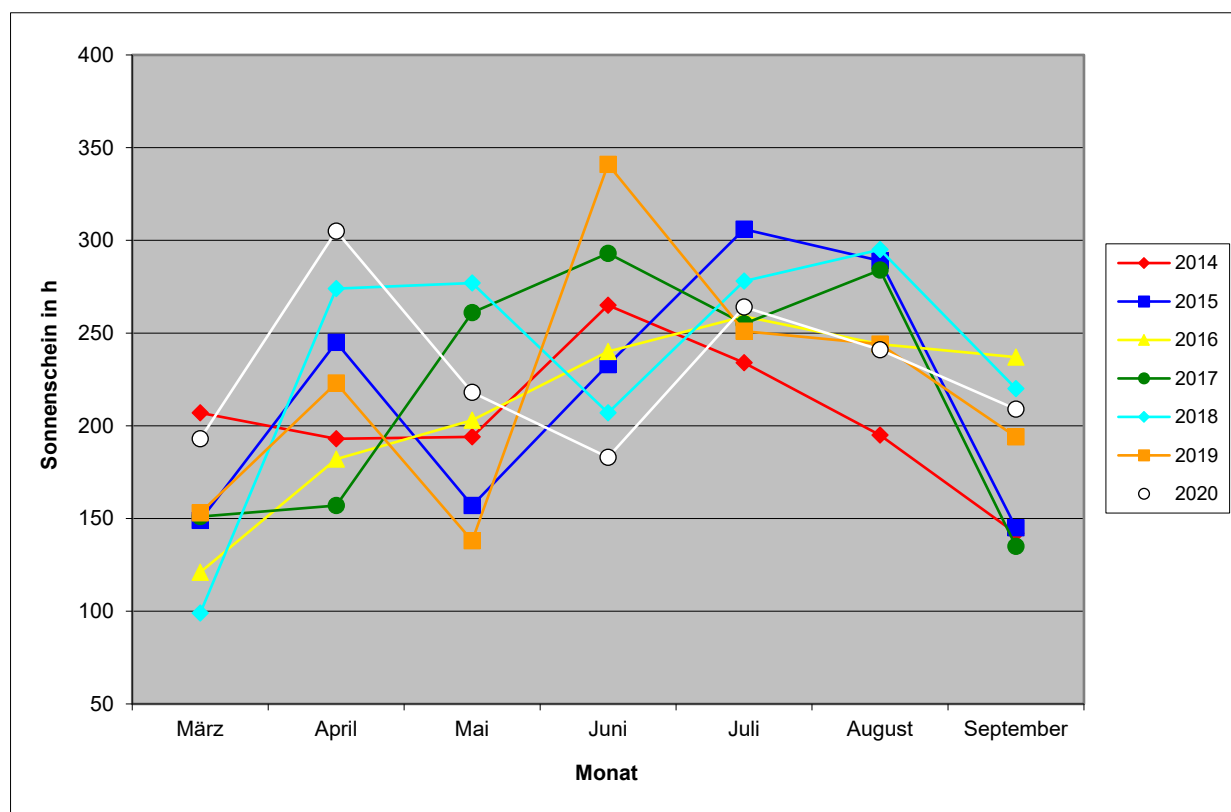
Abb. 1.1: Lufttemperatur während der Monate März bis September in den Jahren 2014 bis 2020 am Standort Langenlois (Datenquelle: ZAMG)



Die Sonnenscheindauer ist neben der Temperatur für die generative Rebphänologie von entscheidender Bedeutung.

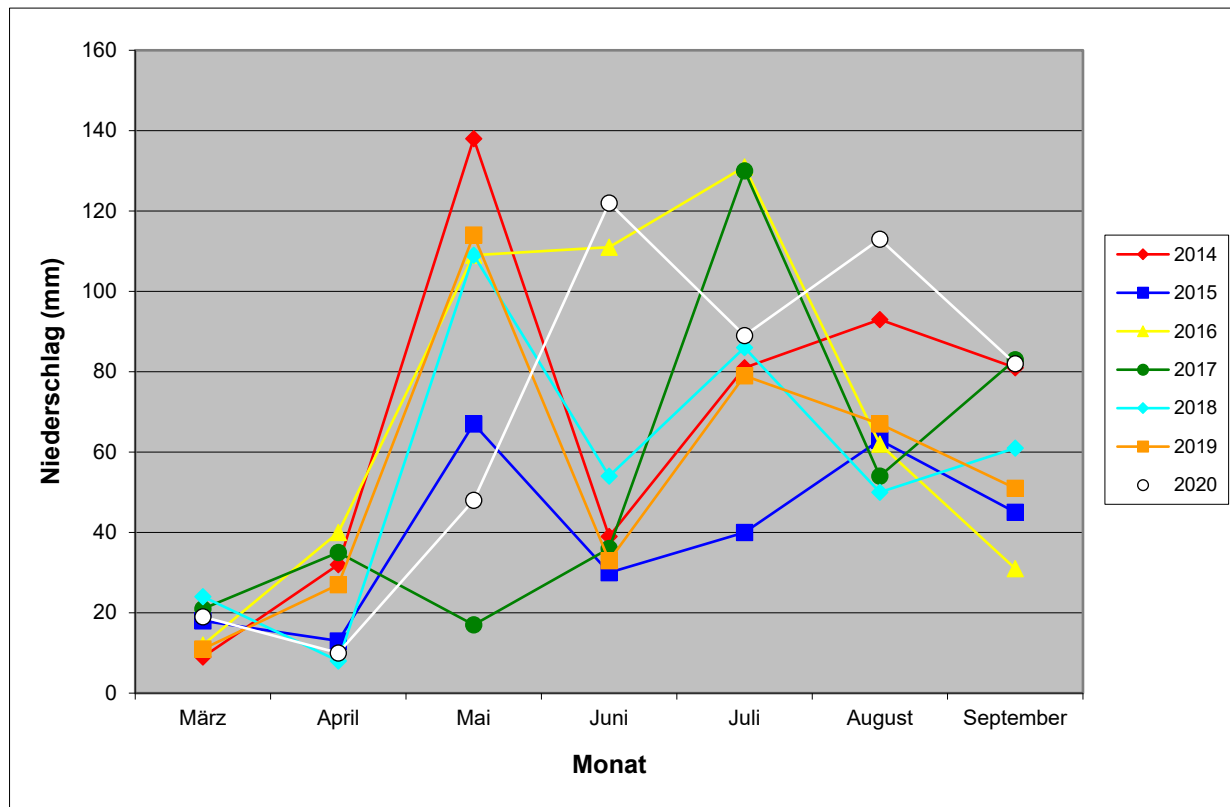
Im März und auch im September war die Sonnenscheindauer im siebenjährigen Vergleich etwas geringer als in den anderen Monaten (Abb. 1.2). Mit 341 Sonnenstunden war der Juni 2019 der sonnigste Monat im Berichtszeitraum, was sich auch auf die Temperatur ausgewirkt hat. Dies gilt auch für den mit 306 h zweitsonnigsten Monat, Juli 2015, nicht hingegen für den drittsonnigsten (305 h), April 2020, der nicht besonders warm war. Im für die generative Entwicklung der Rebe wichtigen Monat Mai war die Sonnenscheindauer 2018 am höchsten und 2019 am geringsten. Im August waren die Jahre 2015, 2017 und 2018 mit mehr Sonnenstunden als in den anderen Jahren annähernd gleich sonnig. 2014 war ein Jahr mit sonnenarmem Sommer.

Abb. 1.2: Sonnenscheindauer während der Monate März bis September in den Jahren 2014 bis 2020 am Standort Langenlois (Datenquelle: ZAMG)



Im Vergleichszeitraum war der Niederschlag in den Monaten März und April generell sehr niedrig, während er in den restlichen Monaten von Jahr zu Jahr stark variierte. Im Mai waren die Regenfälle 2014 besonders intensiv (138 mm), 2017 hingegen ungewöhnlich niedrig (17 mm). In diesem Jahr konnten erst im Juli größere Regenmengen festgestellt werden. Der Juni war 2020 (122 mm) und auch 2016 (111 mm) besonders verregnet. In den aufeinander folgenden Jahren 2016 und 2017 war die Niederschlagsmenge im Juli mit 131 mm bzw. 130 mm vergleichsweise sehr hoch und 2015 ungewöhnlich niedrig (40 mm). Im August sind in den meisten Jahren etwa 50 mm bis 65 mm Regen gefallen, 2014 (93 mm) und 2020 (113 mm) aber wesentlich mehr. Das Jahr mit den geringsten Niederschlägen von März bis September war 2015, das mit den höchsten das Jahr 2016. 2020 war ab Juni am regenreichsten.

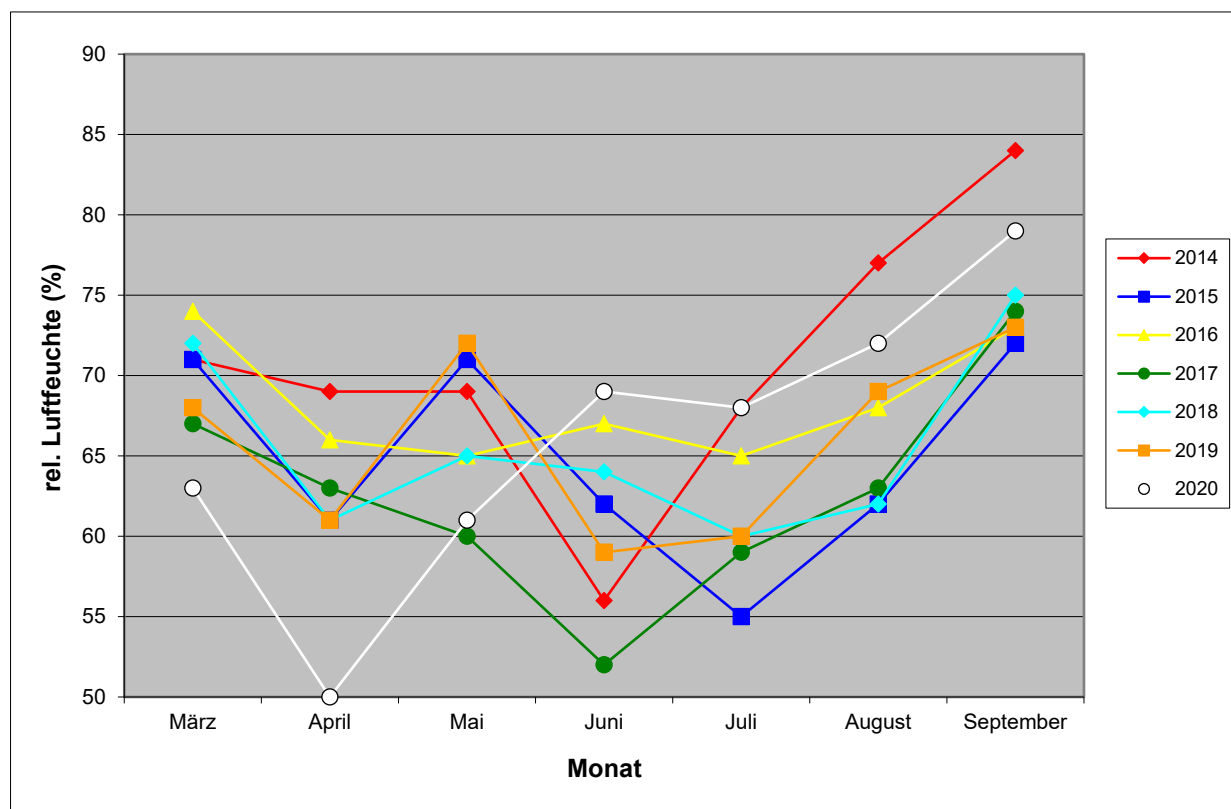
Abb. 1.3: Niederschlag während der Monate März bis September in den Jahren 2014 bis 2020 am Standort Langenlois (Datenquelle: ZAMG)



Die relative Luftfeuchtigkeit korreliert negativ mit der Temperatur, weil warme Luft mehr Feuchtigkeit als kalte binden kann. Dementsprechend ist die Luftfeuchte im März und vor allem im September sehr hoch. Es spielen aber auch andere Faktoren eine Rolle, so dass auch im warmen August im Mittel eine hohe Luftfeuchte herrschen kann.

Im April 2020 wurde mit 50 % die geringste Luftfeuchte (Monatsmittel) im untersuchten Zeitintervall gemessen. Hier spielt natürlich auch eine Rolle, dass der April 2020 sehr regenarm war. Im Juni und auch noch im Juli war die Luftfeuchte 2020 hingegen besonders hoch. Die absoluten Werte sind in diesem Jahr im August und September sogar noch höher, gingen aber 2014 in diesen zwei Monaten über die Werte von 2020 noch hinaus (84 % im September). So wie im April 2020 wurden auch noch im Juni 2017 und Juli 2015 bemerkenswert niedrige Luftfeuchtwerte registriert. Das insgesamt trockenste Jahr war 2017. 2014 und 2016 waren die Jahre mit der insgesamt höchsten Luftfeuchtigkeit.

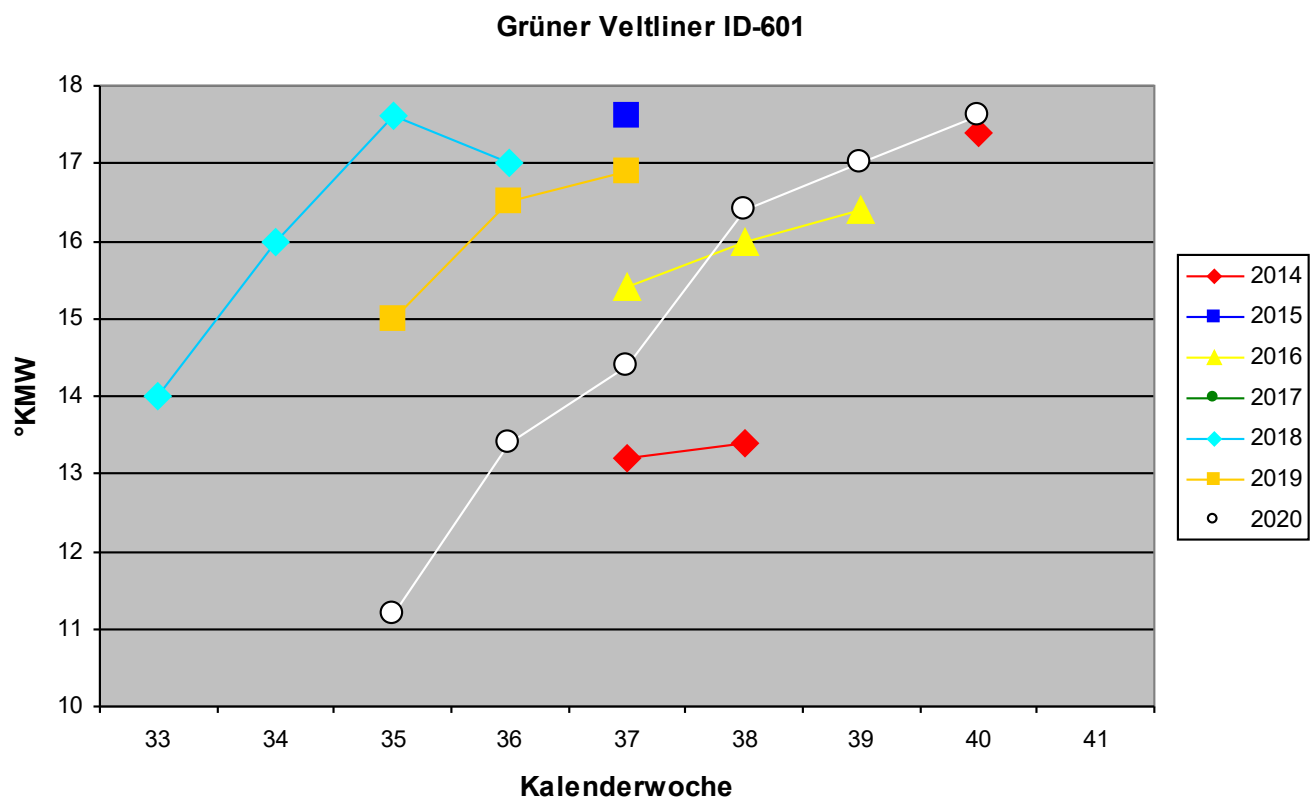
Abb. 1.4: Relative Luftfeuchtigkeit während der Monate März bis September in den Jahren 2014 bis 2020 am Standort Langenlois (Datenquelle: ZAMG)

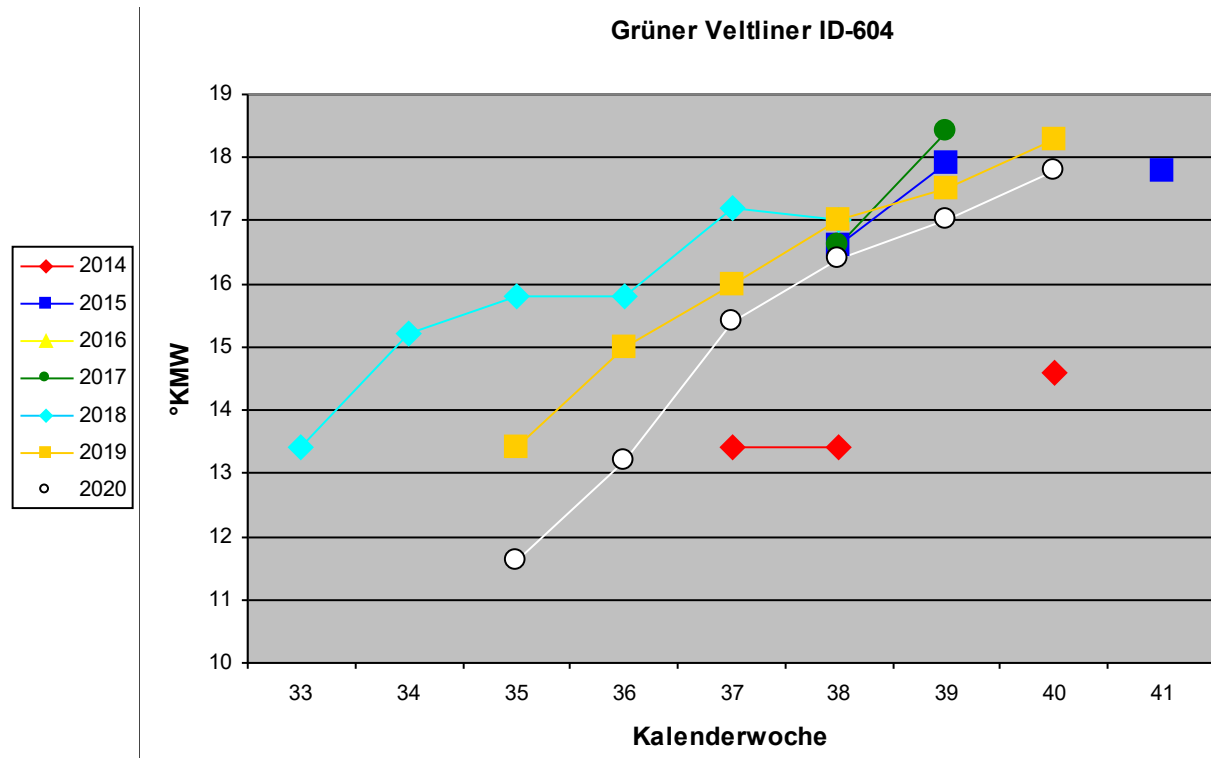


Wie sich die unterschiedliche Jahreswitterung auf den Reifeverlauf ausgewirkt hat, wurde an zwei älteren Grüner Veltliner-Weingärten der Umgebung untersucht, nicht jedoch an den GV-Klonen selbst. Der rascheste Anstieg der Gradation konnte demnach 2018 beobachtet werden. Der Weingarten ID-601 erreichte bereits in der 35. Woche (27.08–02.09) Lesereife (Abb. 5). ID-604 entwickelte sich zunächst ebenfalls sehr rasch, später allerdings mit einer gewissen Verzögerung. 2018 war auch das Jahr mit der höchsten Temperatur und Sonnenscheindauer im Mai, sodass dieses Ergebnis nicht überrascht (TIEFENBRUNNER et al. 2019).

Ein Vergleich der Beerenreife in der 35. Kalenderwoche in Abb. 5 zeigt, dass auch 2019 – zumindest im Vergleich zu 2020 – eine frühe Reife aufwies. Temperatur und Sonnenscheindauer waren in diesem Jahr im Juni besonders hoch, was sich offenbar ebenfalls noch positiv auf den Verlauf der Traubenreife auswirken konnte. Auch 2015, im Jahr mit dem wärmsten und sonnigsten Juli, und 2017, einem Jahr, das generell ab Mai warm und sonnig war, ohne besondere Spitzenwerte zu erreichen, erfolgte die Beerenreife noch recht früh. Hingegen muss man 2016 und insbesondere 2014 als Jahre langsamer Beerenreife bezeichnen. Beide wiesen eine durchgehend niedrige Sonnenscheindauer auf, die 2014 im Juli und August noch dazu besonders niedrig war. 2020, ein Jahr in dem die Frühjahrstemperaturen mittelmäßig waren und die Sonnenscheindauer besonders im Juni sehr niedrig, wies noch in der 35. Kalenderwoche eine sehr niedrige Reife auf, war aber in der 40. Woche (1.10–7.10) mit fast 18 °KMW durchaus im Rahmen anderer Jahre.

Abb. 1.5: Reifeverlauf (Zuckergradation in °KMW) in den Untersuchungsjahren in zwei GV-Weingärten in der Nähe von Langenlois





Aus dem Beeren-Reifeverlauf würde also 2018 eine besonders frühe Lese sinnvoll erscheinen, gefolgt von 2019, 2015 sowie 2017. 2020, 2016 und insbesondere 2014 würde man eine besonders späte Lese empfehlenswert finden, wenn es darum geht, die Witterungsbedingungen der jeweiligen Jahre zu kompensieren.

Tab. 1.1 zeigt die tatsächlichen Lesetermine für den Klon-Weingarten. Demnach wurde 2018 tatsächlich vergleichsweise früh gelesen, am 19.09. (38. KW), und 2014 spät, nämlich am 08.10. (41. KW). Abgesehen von 2014 liegen aber alle Lesetermine innerhalb von sieben Tagen. Es wurde also im Allgemeinen nicht versucht, Witterungsunterschiede auszugleichen, sondern, sofern dies möglich war und andere Aufgaben es erlaubten, annähernd zur gleichen Zeit im Jahr zu lesen. Es ist demnach durchaus möglich, dass sich die Verschiedenheit der Witterung in den einzelnen Jahren auf die Reifeparameter ausgewirkt hat. In welchem Ausmaß dies der Fall war und ob dies den Vergleich der Klone beeinflussen könnte, muss im Folgenden untersucht werden.

Tab. 1.1.: Lesetermine für den Versuchsweingarten im Untersuchungszeitraum; man beachte, dass z. B. der 19.09.2016 und der 19.09.2018 nicht der gleiche Tag des jeweiligen Jahres (DOY) sind.

Lesetermin	Jahr	Tag des Jahres
08.10.2014	2014	280
24.09.2015	2015	266
19.09.2016	2016	262
21.09.2017	2017	263
19.09.2018	2018	261
25.09.2019	2019	267
24.09.2020	2020	267

Anhang 2: Auswirkung der Jahreswitterung auf die Lese- und Reifeparameter

Um die Lese- und Reifeparameter in den Untersuchungsjahren vergleichen zu können, kamen verschiedene statistische Mittelwertvergleichsverfahren zur Anwendung. ANOVA (Einfache Varianzanalyse) wurde durchgeführt, wenn die Bedingungen, dass die Stichprobe einer normalverteilten und varianzhomogenen (Levene Test) Grundgesamtheit entstammt, erfüllt waren. Dann wurde auch ein Multiple Range Test (95 % LSD) benützt. Falls die Testvoraussetzungen für ANOVA hingegen nicht zutrafen, wurde der Kruskal-Wallis-Test verwendet. Anhang 2 enthält Box-Whisker-Darstellungen aller Vergleiche.

ANOVA stellt einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen Untersuchungsjahr und Hundertbeerengewicht fest. 2020 ist dieses signifikant höher als in allen anderen Jahren außer 2016 (Abb 2.1.). 2020 war im vorangehenden August sehr niederschlagsreich, 2016 im Juni und Juli. Beide Jahre waren eher kühl. 2019 war das Beerengewicht hingegen signifikant geringer als in allen anderen Jahren mit Ausnahme von 2017. Beide Jahre waren vor allem im Frühjahr sonnig und warm, 2017 war der Juli allerdings ähnlich verregnet wie im Vorjahr. 2018 ist nicht besonders auffällig, wohl wegen des frühen Lesetermins.

Das Traubengewicht verhält sich ähnlich wie das 100-Beerengewicht, was wohl bedeutet, dass die Beerenanzahl pro Traube relativ konstant geblieben ist und der Jahresunterschied hauptsächlich auf den Gewichtsunterschied der einzelnen Beeren zurückzuführen ist. Abb. 2.1a zeigt, dass das Traubengewicht 2017 und 2019 deutlich geringer gewesen ist als in den anderen Untersuchungsjahren. Zuckergradation, Dichte, Gehalt an Glucose und Fructose können gemeinsam besprochen werden, da diese Parameter hochgradig korreliert sind (alle $R > 0,98$), wie das auch Anhang 3 zeigt. ANOVA ergibt einen hoch signifikanten Unterschied zwischen den Jahren (die Testvoraussetzungen sind erfüllt; Anhang 2b). 2020 unterscheidet sich von allen anderen Jahren, mit Ausnahme von 2016, signifikant dadurch, dass Gradation, Zuckergehalt (Glucose und Fructose) und Dichte niedriger sind. 2019, 2018 und 2015 sind die genannten Parameter signifikant höher als in allen anderen Jahren, mit Ausnahme von 2017 (der Unterschied zu 2014 ist bei Fructose allerdings nicht signifikant). Dass die Gradation stark von Temperatur und Sonnenscheindauer beeinflusst wird, ist bekannt, lediglich das Ausmaß mag vielleicht überraschen.

Die verschiedenen Säuren des Beerensafts (Äpfel-, Wein-, Gluconsäure, titrierbare und flüchtige Säure) verhalten sich sehr unterschiedlich, ein signifikanter Jahresunterschied ergibt sich aber bei allen. Bei der Äpfelsäure ist dieser besonders drastisch (Abb. 2.1c). 2020 war deren Gehalt signifikant höher als in allen anderen Jahren. Auch 2016, als die Konzentration am zweithöchsten war, unterscheidet sich signifikant von allen anderen Jahren. Dies waren, gemeinsam mit 2014, die Jahre mit kühlem und sonnenstundenarmem Spätfrühling und Sommer. Im letztgenannten wurde allerdings erheblich später gelesen. 2019 und 2017 unterscheiden sich von allen anderen Jahren signifikant aufgrund der geringen Äpfelsäurekonzentrationen.

Dem Trend nach ähnlich verhält sich die titrierbare Säure (die Korrelation zwischen Äpfelsäure und titrierbarer Säure ist $R = 0,82$), die Daten sind hier aber nicht normalverteilt. Der Kruskal-Wallis-Test zeigt aber signifikante Unterschiede zwischen den Jahren auf und Abb.2.1c lässt erkennen, dass sich 2020 wie auch 2016 durch erhöhte Gehalte auszeichnet. 2017 waren die Konzentrationen am niedrigsten.

Bei der Weinsäure zeigen sich beträchtliche und hochsignifikante Unterschiede zwischen den Jahren. 2019 und 2020 war der Gehalt des Traubensafts signifikant größer als 2014 und 2017. Auch andere signifikante Unterschiede finden sich noch, aber sie sind in diesem Fall nicht einfach durch die in den Jahren verschiedenen Witterungsbedingungen erklärbar. Es liegt aber auch keine nennenswerte Korrelation zwischen der Weinsäure und einem anderen Lese- oder Reifeparameter vor, so dass vorerst ungeklärt bleibt, was den Jahresunterschied bewirkt hat.

Die flüchtige Säure verhält sich ein wenig wie ein Spiegelbild der titrierbaren Säure, wobei die negative Korrelation allerdings sehr gering, aber signifikant, ist ($R = -0,53$). Die Daten sind nicht normalverteilt, gemäß Kruskal-Wallis-Test ist der Unterschied zwischen den Jahren hochsignifikant. Besonders niedrig ist die Konzentration 2016, besonders hoch 2017 und 2019, also in sonnigen, warmen Jahren.

Auch bei der Gluconsäure-Konzentration im Traubensaft unterscheiden sich die Untersuchungsjahre hochsignifikant (Kruskal-Wallis $P = 0,000000$). 2018 und 2016 war der Gehalt besonders hoch. Die beiden Jahre sind sich witterungsmäßig nicht sehr ähnlich. Mit Ausnahme eines ähnlichen Temperaturverlaufs

gilt dies auch für 2014 und 2020, in denen besonders niedrige Gluconsäurekonzentrationen beobachtet werden konnten. Ein Zusammenhang mit der Witterung ist nicht ersichtlich.

Der Verlauf des pH-Wertes (Abb. 2.1d) ist ähnlich jenem der Gluconsäure und es existiert auch eine signifikante, aber niedrige Korrelation ($R=0,52$). Allerdings muss man bedenken, dass ein niedriger pH-Wert einer hohen Säurekonzentration entspricht, was einen kausalen Zusammenhang ausschließt. Der pH-Wert folgt aus der Konzentration aller basischen und sauren Substanzen des Traubensaftes, was einen einfachen Zusammenhang, z. B. mit der Jahreswitterung (der aber ohne Zweifel insofern vorhanden ist, als eine größere Reife einen höheren pH-Wert bedingt) unwahrscheinlich macht. Die Stichprobe ist normalverteilt und varianzhomogen; nach ANOVA existiert ein statistisch hochsignifikanter Unterschied bezüglich der mittleren pH-Werte in den Untersuchungsjahren. Der 95 %-LSD-Test zeigt, dass sich 2018 signifikant von allen anderen Jahren aufgrund der sehr hohen pH-Werte (ca. 3,6) unterscheidet. 2015, 2016 und 2017 war der pH-Wert ebenfalls hoch und signifikant getrennt sowohl von 2018 als auch von 2020. Im Jahr 2020 war er besonders niedrig, im Mittel unter 3,3.

Gemäß ANOVA sind die Untersuchungsjahre bezüglich des Frei Assimilierbaren Stickstoffs (FAN) im Traubensaft hochsignifikant unterschiedlich. Besonders und signifikant niedriger als in den anderen Jahren sind die FAN-Werte 2015 und 2018. Beide Jahre sind einander im August sehr ähnlich gewesen, insofern sie in diesem Monat die höchste Lufttemperatur und Sonnenscheindauer aufwiesen. 2015 und 2018 unterscheiden sich voneinander nicht signifikant. 2016, 2014 und 2020 sind die Jahre mit den höchsten FAN-Werten und sie hatten im August sehr niedrige Lufttemperatur und Sonneneinstrahlung und hohe Luftfeuchtigkeit und Regenmenge (insbesondere 2014 und 2020). Diese Jahre unterscheiden sich aber nur von 2015 und 2018 signifikant. Ein Zusammenhang mit der Witterung ist also vermutlich gegeben.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass sich bei allen Lese- und Reifeparametern signifikante Jahresunterschiede zeigen und es deshalb erforderlich ist, bei der Untersuchung der Klonunterschiede diesen Einflussfaktor zu berücksichtigen bzw. auf irgendeine Weise zu eliminieren.

Abb. 2.1a: Leseparameter (Hundertbeerengewicht und Traubengewicht)

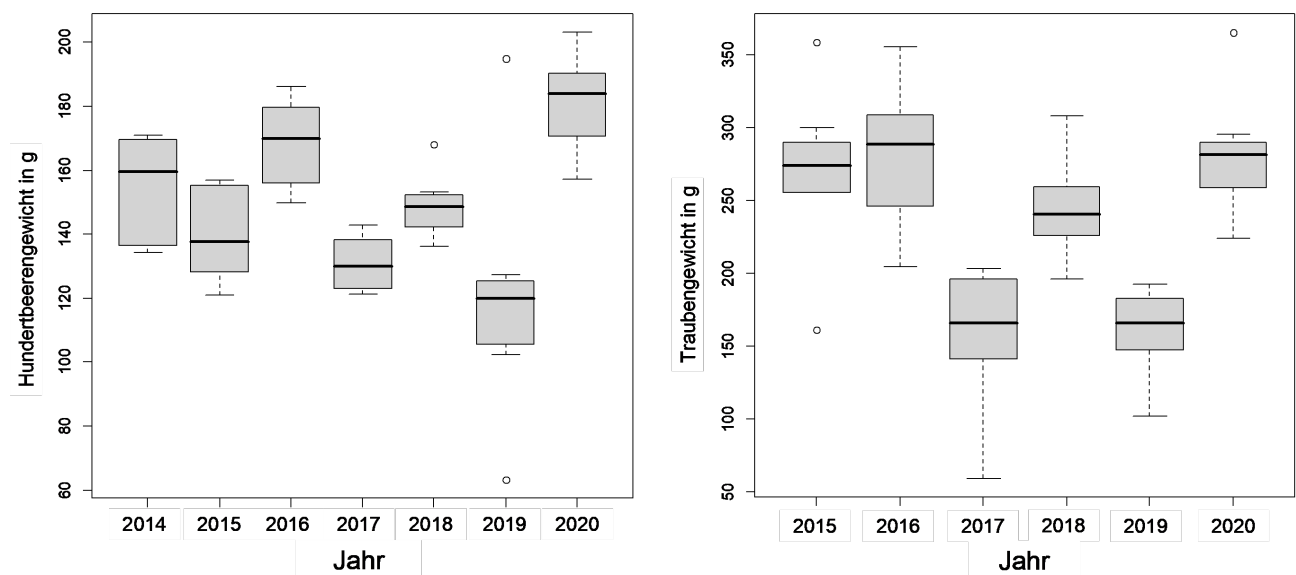


Abb. 2.1b: Zuckergradation (°KMW, Dichte, Glucose, Fructose)

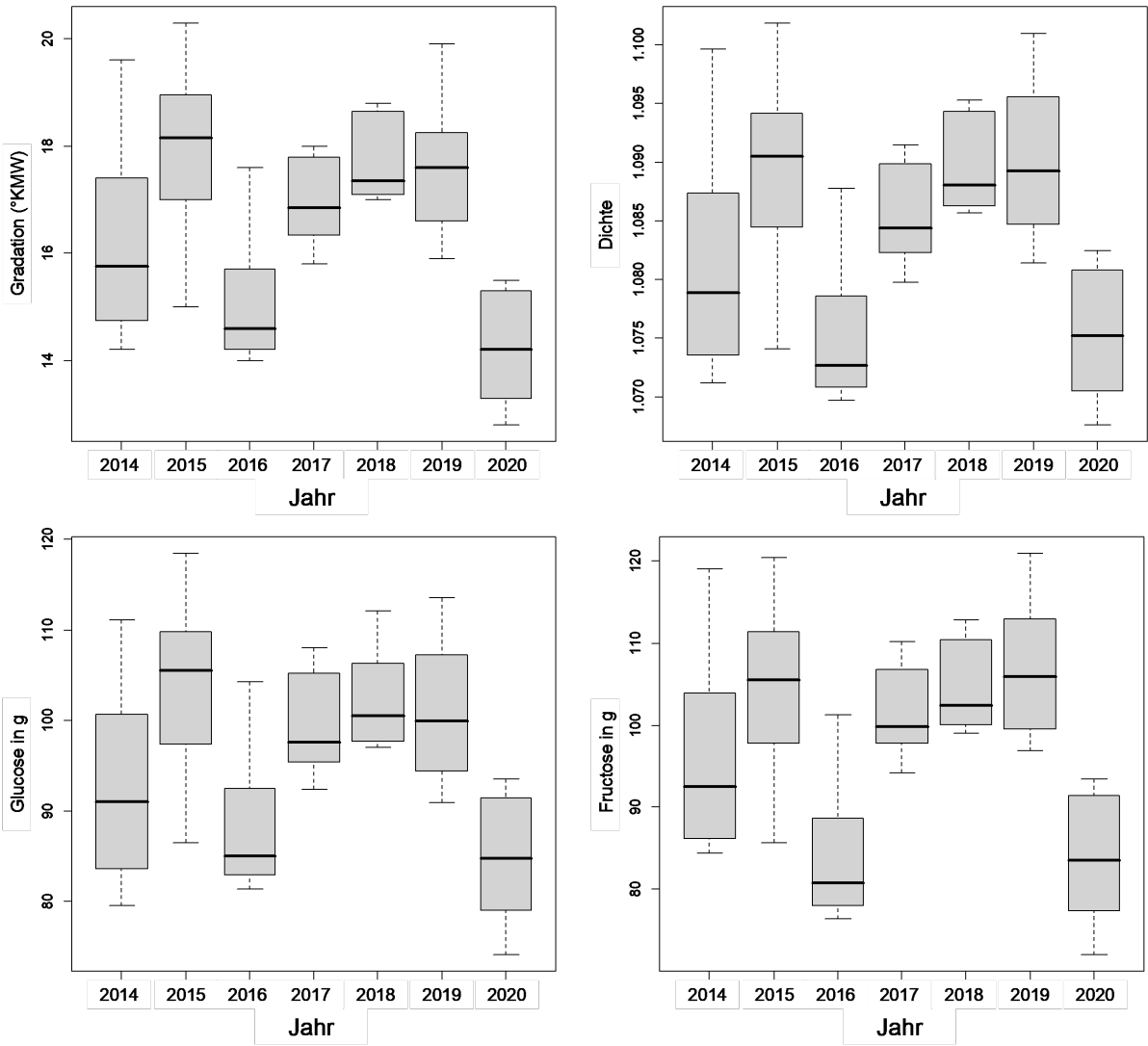


Abb. 2.1c: Säuren (Äpfel-, Wein-, Gluconsäure, titrierbare und flüchtige Säure)

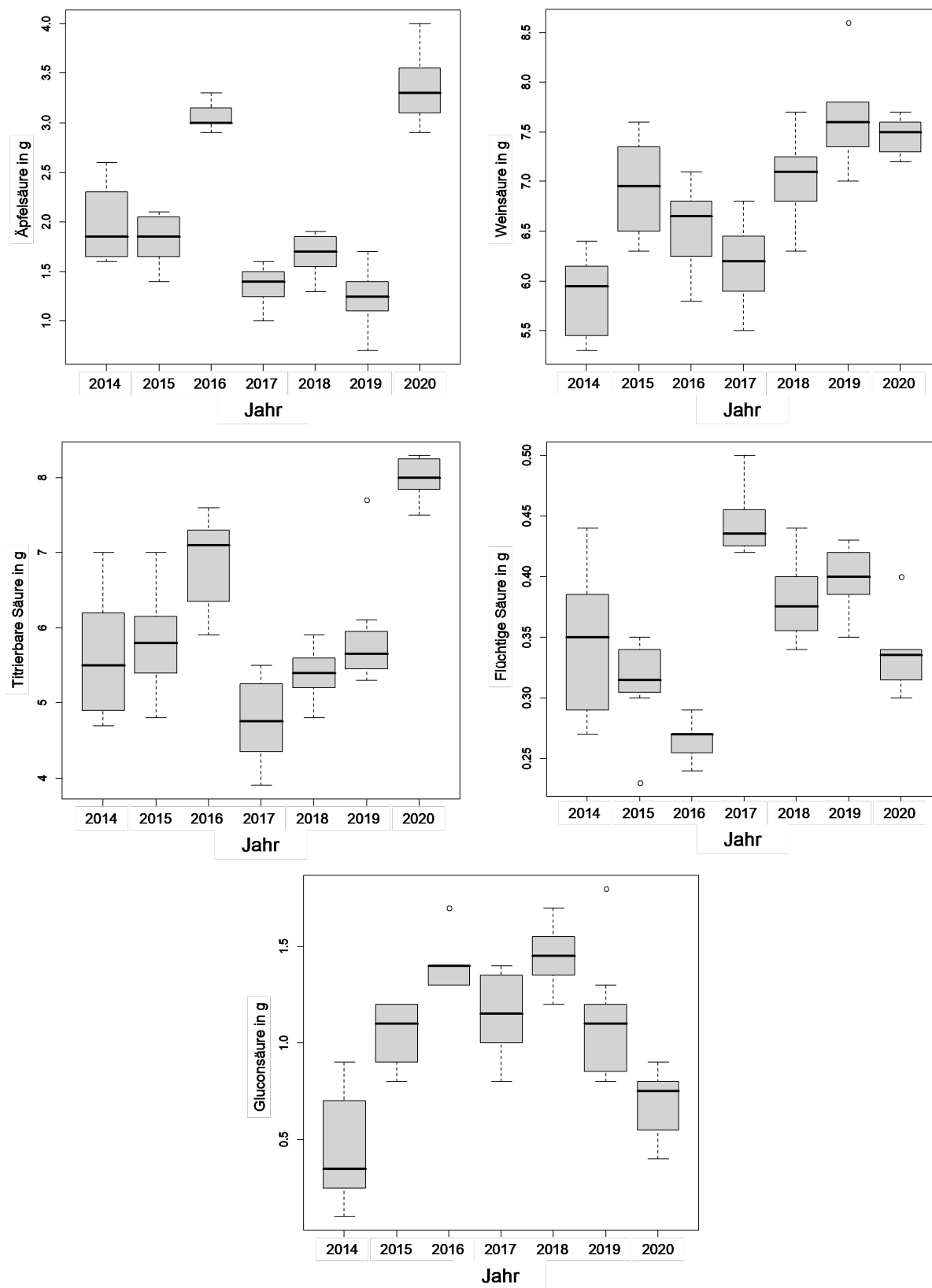
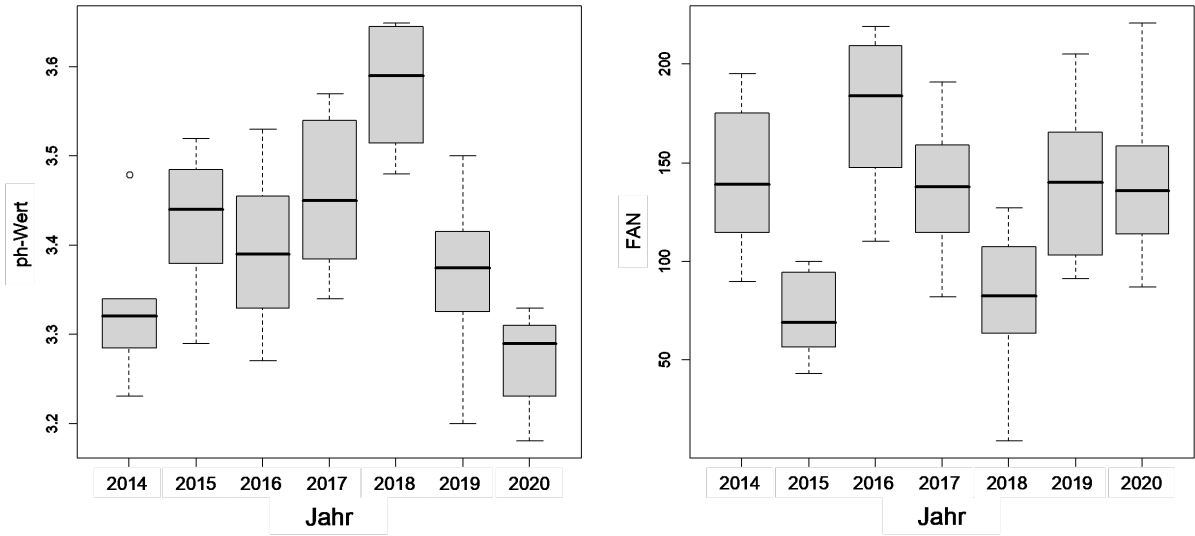
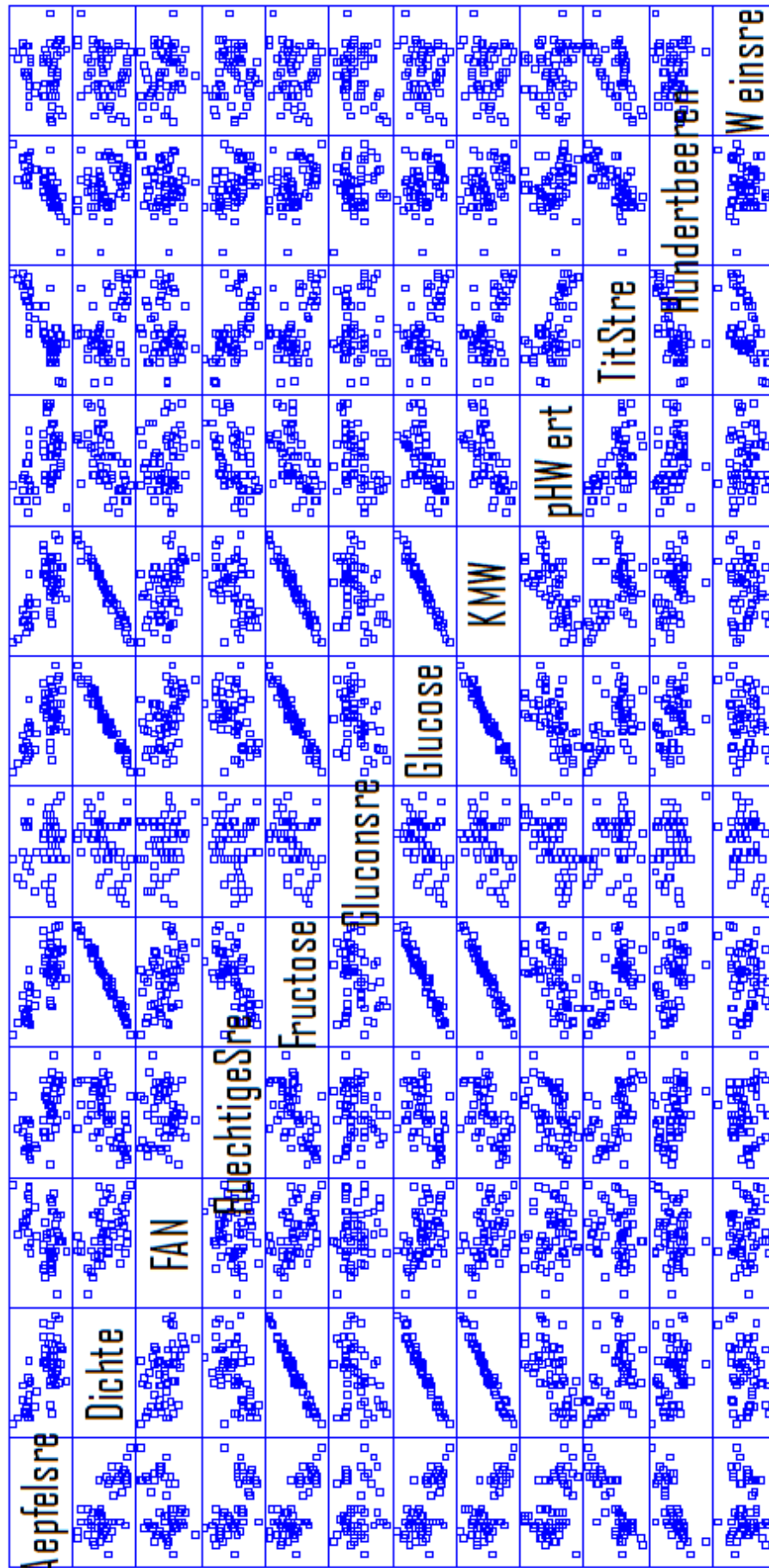


Abb 2.1d: pH-Wert und frei assimilierbarer Stickstoff (FAN)



Anhang 3: Korrelation zwischen den Lese- (100-Beerengewicht) und Reifeparametern



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/rebsorten-katalog/klonenblaetter/klonenblatt-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/aeer/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>).

Matyasovszky, 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.