

## CLIMVINO – DER EINFLUSS DER WITTERUNG UND ANDERER FAKTOREN AUF DIE REBENTWICKLUNG. UNTERSUCHUNGSBERICHT ZUM JAHR 2020.

Im Rahmen des ClimVino-Projekts wurden 22 Wetterstationen in Weingärten des gesamten Burgenlandes aufgestellt; sie erlauben nun eine Untersuchung des Einflusses der Witterung auf Rebgesundheit und -entwicklung. Die Rebentwicklung wird einerseits durch die Witterung beeinflusst; andererseits wirkt sie sich gemeinsam mit derselben auf die Gesundheit der Weinstöcke aus. So können Temperaturen unter dem Gefrierpunkt manche Entwicklungsstadien beträchtlich schädigen, während andere relativ unempfindlich sind. Das Auftreten mancher Pathogene kann sehr wetterabhängig sein; für den resultierenden Schaden ist aber auch wichtig, welches phänologische Stadium betroffen ist; so ist etwa die Blüte für Befall mit Echtem und Falschem Mehltau besonders empfindlich. Bedeutende Schäden treten aber nur bei vorangehender, entsprechender, mehltaufördernder Witterung auf. Ähnlich verhält es sich mit den meisten tierischen Schädlingen, z. B. *Drosophila suzukii*, die eher feuchtkühle Sommer für den Aufbau einer individuenreichen Population braucht und nur für gewisse Entwicklungsstadien problematisch ist.

Als Phänologie bezeichnet man das Studium von Vegetationszyklen unter externem (insbesondere klimatischem) Einfluss (PEREIRA 2017). Die eingangs erwähnte Interaktion zwischen Witterung und Rebentwicklung hat zur Folge, dass Beobachtungen zum jährlichen Auftreten von Phänophasen (Entwicklungsabschnitten) für weinbauliche Maßnahmen wie z. B. Schutz der Reben vor Witterungsextremen oder vor Pathogenen, für die Bewertung des Schadpotentials von Parasiten und Fraßfeinden (WILLIAMS et al. 1985), darüber hinaus aber auch für die Wahl des Lesezeitpunktes von wesentlicher Bedeutung sein können. Bei der Auswahl geeigneter Sorten in neuen Anbaugebieten (BINDI et al. 1997, GLADSTONES 1992, JARVIS et al. 2017) oder der Abschätzung des langfristigen Einflusses des Klimawandels (de CORTAZAR-ATAURI et al. 2009, COLA et al. 2017) können Untersuchungen über die Rebphänologie ebenfalls eine große Relevanz haben, wobei Temperatur, Niederschläge und Sonneneinstrahlung, sowie Photoperiodismus für die Rebentwicklung fundamentale Einflussgrößen sind (WINKLER et al. 1974, JONES & DAVIS 2000, JONES et al. 2005).

Die hier untersuchten *Vitis*-Arthybriden und *Vitis vinifera* sind perennierend, mit biannuaalem Zyklus, d.h. ihre Blütenknospen werden in der vorangehenden Saison angelegt

(KELLER 2015). Im Frühjahr startet das vegetative Wachstum mit dem Austrieb, der mit dem Aufbrechen der Knospen endet, worauf die Blattentwicklung folgt. Das generative Wachstum beginnt mit der Entwicklung der Blütenanlagen, es folgen die Differenzierung der Blüte, die Fruchtentwicklung und Fruchtreife. Danach kommt es zum Eintreten der Vegetationsruhe: die Holzreife wird abgeschlossen, Laubverfärbung und schließlich Blattfall folgen. Im Winter beobachtet man in Mitteleuropa kein erkennbares Wachstum, die Knospen verharren in Dormanz (TROMP et al. 2005) und vermögen so niedrige Temperaturen zu überdauern.

Verschiedene ordinale Skalen sind kreiert worden, die die kontinuierliche Entwicklung in aufeinander folgende Abschnitte (Phänophasen) zerteilen, die mehr oder weniger gut voneinander zu trennen sind (BAGGIOLINI 1952, BAGGIOLONI und BAILLOD 1993, COOMBE 1995, LORENZ et al. 1994, EICHHORN und LORENZ 1997). LORENZ ET AL. 1994 gliedern in der BBCH-Monographie „Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen“ (2. Auflage, 2001, Bearbeitet von Uwe Meier) die vegetative Entwicklung der Rebe in die Makrostadien **Austrieb** (0 bis 9) und **Blattentwicklung** (11 bis 19). Vier Makrostadien werden für die generative Entwicklung unterschieden: Das Makrostadium „**Entwicklung der Blütenanlagen**“ (53-57) beginnt damit, dass die Infloreszenzen deutlich sichtbar werden, und endet mit dem Spreizen der Einzelblüten. Darauf folgt das Makrostadium „**Blüte**“ (60-69), in dem sich zunächst die ersten Blütenköpchen vom Blütenboden lösen und anschließend immer mehr dieser Köpchen abgeworfen werden. Über die Vollblüte wird das Ende der Blüte erreicht und das Makrostadium „**Fruchtentwicklung**“ (71-79) beginnt mit der einsetzenden Vergrößerung des Fruchtknotens. Mit Beendigung des Traubenschlusses erfolgt der Übergang zum Makrostadium „**Fruchtreife**“ (81-89), das mit dem Hell- und Weichwerden der Beeren anfängt und bis zu deren Vollreife andauert. Das Eintreten der Vegetationsruhe beginnt mit dem Abschluss der Holzreife. Es kommt zu Laubverfärbung und schließlich zum Abfallen der Laubblätter (91 bis 99).

Informationen über die Phänologie von *Vitis vinifera* (Vitaceae) sind eher eingeschränkt vorhanden und umfassen dann oft nur wenige Stadien (z.B. weist die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in ihrem Phänologiespiegel die erste Blüte der Weinrebe aus <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/phaenospiegel>, 12.02.2019), was daran liegen mag, dass entsprechende Untersuchungen zeitintensiv und daher auch teuer sind (PEREIRA 2017). Noch größer ist der Kenntnismangel bei anderen, weniger bedeutenden Arten der Gattung (VICTOR et al. 2010, KÖSE 2015) und bei *Vitis*-Interspezies-Hybriden, die

kommerziell nur lokal von großer Bedeutung sind. Weingärten mit Hybriden von *V. vinifera* und den amerikanischen Arten *V. aestivalis*, *V. labrusca* und *V. riparia* in verschiedener Kombination finden sich im Südburgenland (Bezirke Güssing und Jennersdorf), wo aus deren Trauben ein spezieller Wein, der Uhdler, gekeltert wird. Einige Hybridreben sind auch im Rahmen dieses Projektes untersucht worden. Eine mehrjährige Analyse ihrer Phänologie findet sich in **GANGL et al. 2019**.

Im Folgenden soll der Verlauf der Rebentwicklung an den Stationsstandorten unter Zuhilfenahme der BBCH-Skala dargestellt und – wo möglich – ein Bezug zu Witterung und Sorte hergestellt werden. Der Untersuchungszeitraum war, bedingt durch einen CoViD-19-Lockdown, eingeschränkt auf die 18. bis 35. Kalenderwoche 2020 (27.04. – 30.08.). Dies ermöglicht zwar eine nahezu vollständige Darstellung der generativen Entwicklung, wesentliche Abschnitte der vegetativen fehlen aber (z. B. der Zeitraum der Frostgefährdung), weshalb diese Untersuchungen 2021 in etwas abgewandelter Form fortgesetzt werden sollen.

Im Untersuchungszeitraum erfolgte die Bonitierung wöchentlich an allen 22 Standorten der Wetterstationen (Tab. 1, Anhang 1).

**Tabelle 1:** *Versuchsstandorte. Die Arthybriden (Rubrik Weinsorte) sind kursiv geschrieben*

WBG	ORT	WEINSORTE
Carnuntum	Edelstal	Blaufränkisch
Neusiedlersee	Gols	St. Laurent
	Podersdorf	Traminer
	St. Andrä	Rösler
	Tadten	Blaufränkisch
	Jois	Rheinriesling
	Winden	Blaufränkisch
NS-Hügelland	Donnerskirchen	Muskat Ottonel
	Donnerskirchen	Merlot
	Rust	Weißer Burgunder
	Mörbisch	Blaufränkisch
	Eisenstadt	Muskat Ottonel
	Großhöflein	Blaufränkisch
	Pöttelsdorf	Blaufränkisch
Mittelburgenland	Neckenmarkt	Cabernet Sauvignon
	Deutschkreutz	Chardonnay
	Deutschkreutz	Blaufränkisch
Südburgenland	Rechnitz	Welschriesling
	Welgersdorf	Blaufränkisch
	Moschendorf	<i>Concord</i>
	Heiligenbrunn	<i>Noah</i>
	Eltendorf	<i>Noah</i>

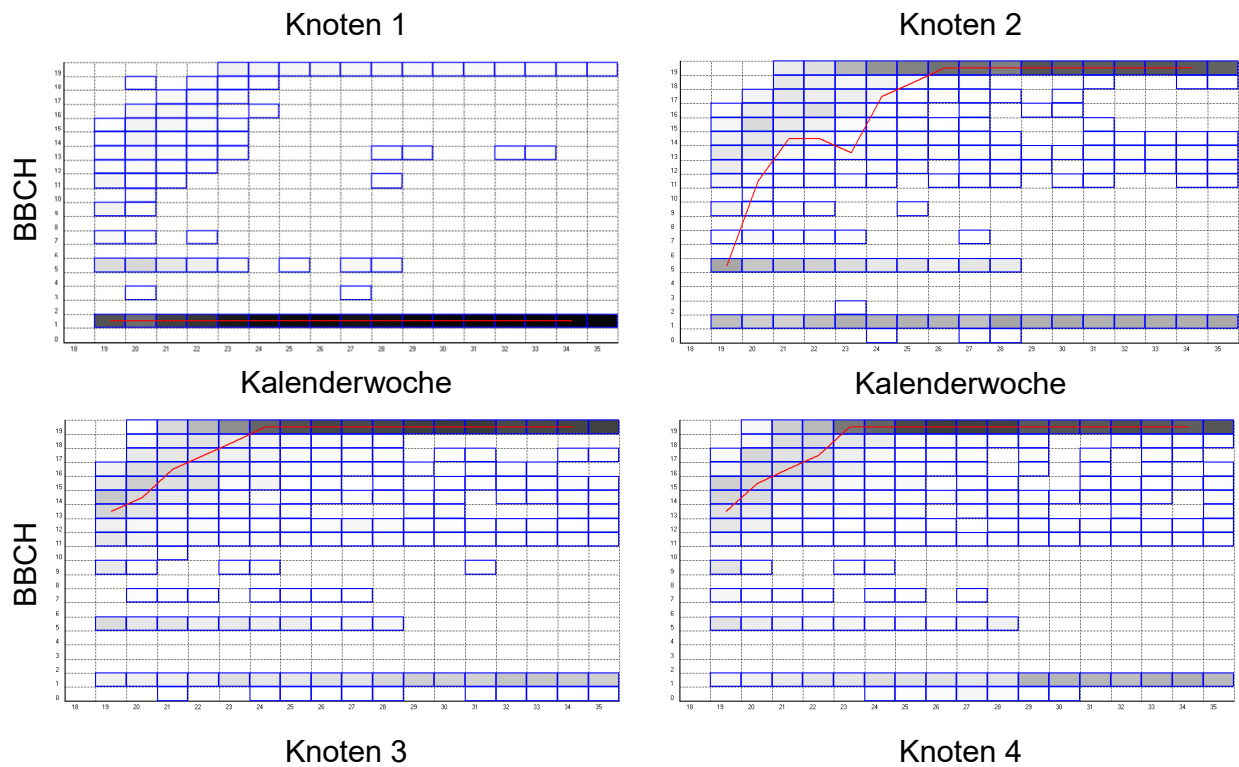
Von zehn, falls möglich in einer Rebreihe aufeinanderfolgenden, pro Standort untersuchten Reben wurde das Entwicklungsstadium von je zehn Knospen bzw. deren Entwicklungsabkömmlingen (=Untersuchungseinheiten) dokumentiert (also von insgesamt einhundert pro Weingarten). Damit wurde es möglich, die Verteilung der Phänostadien zu einem bestimmten Zeitpunkt zu ermitteln. Die BBCH-Skala liefert ordinale Daten, die die Aufstellung einer Rangordnung mithilfe von Rangwerten erlaubt. Die mögliche rechnerische Handhabung umfasst die Ermittlung des Medians und der Quantile, arithmetische Operationen sind hingegen nicht zulässig (BACKHAUS et al. 2016). Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit eigener Software, die mit der IDE Delphi 7 Aurora in Object Pascal (Fa. Borland, Austin, Texas, U.S.A.) programmiert wurde.

### **Phänologische Stadien und die Lage der Knoten am Strecker**

Die Lage der Knoten am Strecker ist für die weitere vegetative Entwicklung nicht unbedeutend. Von den 220 untersuchten basalsten Knoten verblieben die meisten im BBCH-Stadium 1: „Beginn des Knospenschwellens; Augen beginnen sich innerhalb der Knospenschuppen zu vergrößern“. Von den übrigen verweilten während der 19. bis zur 22. Kalenderwoche viele im Stadium 5: „Wolle-Stadium: wolleartiger brauner Haarbesatz deutlich sichtbar“. Nur wenige entwickelten sich bis zum Stadium 19 (neun oder mehr entfaltete Laubblätter am Trieb) weiter und kaum ein Trieb verblieb in einem Stadium zwischen 5. und 19. (exklusive).

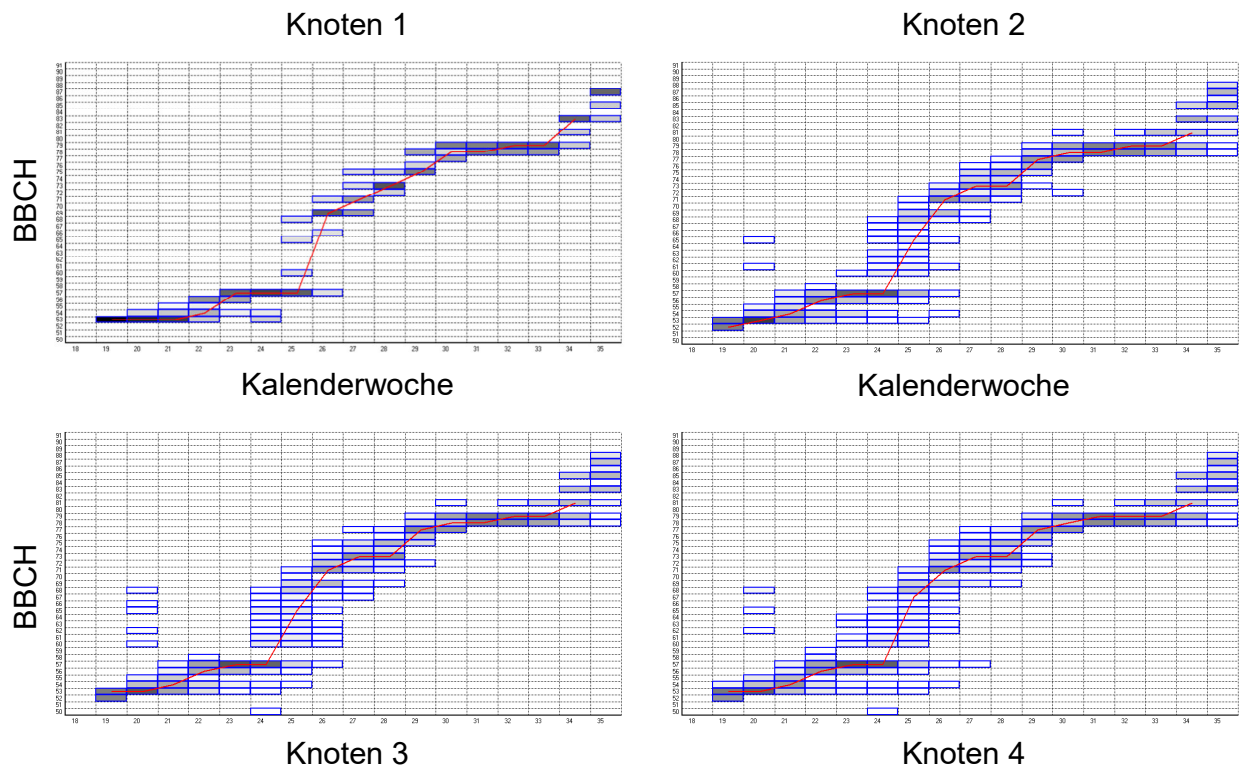
Beim zweitbasalsten Knoten überwog in der 19. KW das BBCH-Stadium 5. Bis der Median das 19. Stadium erreichte, dauerte es noch bis KW 26. Man fand bis zum Ende des Untersuchungszeitraums Triebe vom Ein- bis Neunblattstadium.

Ab dem dritten Knoten von der Streckerbasis war der Median in der 19. KW im Dreiblattstadium und stieg dann annähernd linear, bis im Intervall 23. KW – 25. KW das BBCH-Stadium 19 erreicht war. Alle Stadien vom 13. bis zum 19. kamen vor (Abb. 1). Ab der 29. KW (Mitte Juli) wurde das Stadium 1 bei einigen Knoten wieder etwas häufiger, was eine Folge der artifiziellen Triebausdünnung sein kann oder aber einer zu dieser Jahreszeit bereits langsameren Regeneration.



**Abb. 1:** Die vegetative Entwicklung der Knoten eines Streckers von basal bzw. proximal (Knoten 1) nach distal (Knoten 4) von der 19. bis zur 35. Kalenderwoche. Zur Stadium-Beschreibung wurde die BBCH-Codierung verwendet. Blau umrahmtes Kästchen: wenigstens einer von 220 Knoten befindet sich zur gegebenen Zeit im entsprechenden Stadium. Die Helligkeit des Kästchens entspricht der Knotenanzahl (256 Grauschattierungen, Maximum: Schwarz), die rote Linie dem Median.

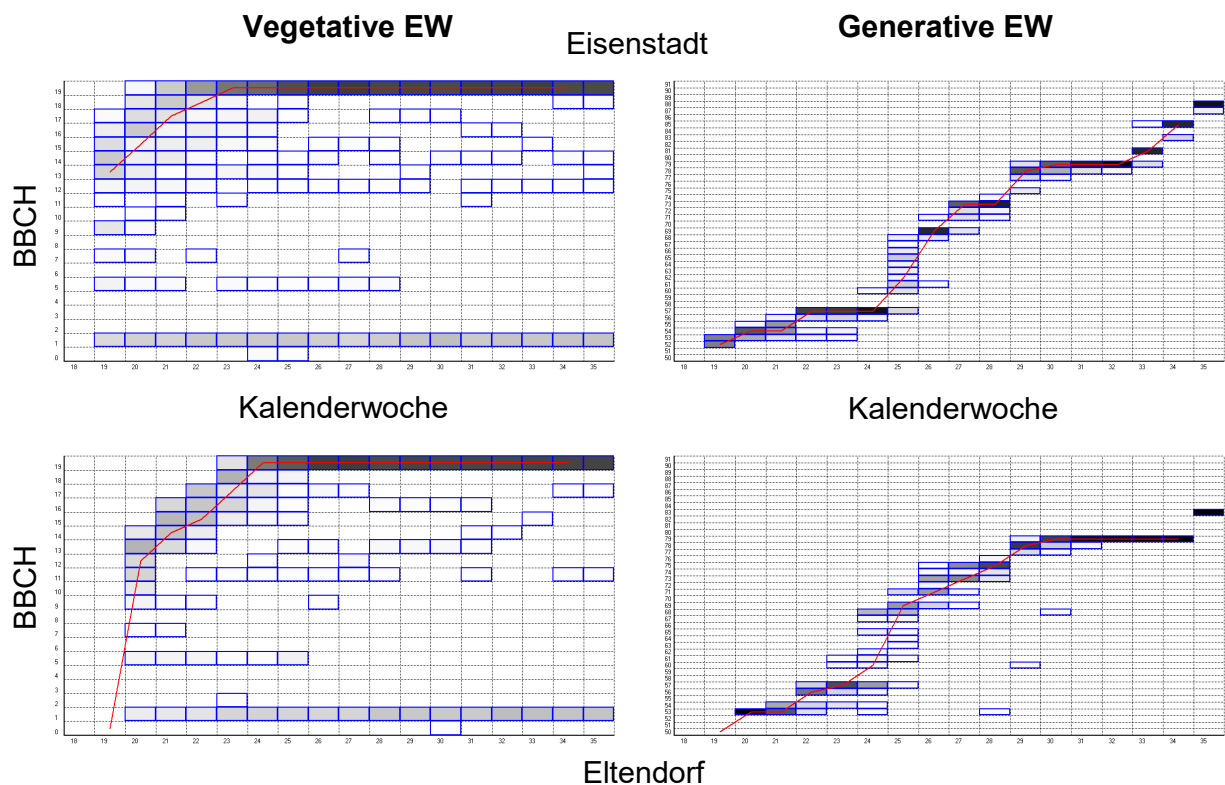
Sofern sich aus Knoten 1 ein Trieb entwickelte, konnte man auch hier die generative Entwicklung verfolgen (Abb. 2). Der erste Knoten verharrte eine Woche länger in BBCH-Stadium 57 (Infloreszenzen sind voll entwickelt, die Einzelblüten spreizen sich), erreichte auch später Stadium 71 (Fruchtansatz; Fruchtknoten beginnen sich zu vergrößern; «Putzen der Beeren» wird abgeschlossen). Stadium 78 (nach Beginn und vor Ende des Traubenschlusses) wurde hingegen von Knoten 1 ebenso wie von den anderen in KW 30 erreicht. Ab Knoten 2 (bis 10) verlief die Entwicklung am Strecker praktisch gleich.



**Abb. 2:** Die generative Entwicklung der Knoten eines Streckers von basal bzw. proximal (Knoten 1) nach distal (Knoten 4) von der 19. bis zur 35. Kalenderwoche. Zur Stadium-Beschreibung wurde die BBCH-Codierung verwendet. Blau umrahmtes Kästchen: wenigstens einer von 220 Knoten befindet sich zur gegebenen Zeit im entsprechenden Stadium. Die Helligkeit des Kästchens entspricht der Knotenanzahl (256 Grauschattierungen, Maximum: Schwarz), die rote Linie dem Median.

### Phänologische Stadien und Arthybriden versus Edelreben (*Vitis vinifera*)

In den assoziierten Weingärten befinden sich insgesamt 13 verschiedene Rebsorten, einige sind daher an mehr als einem der Standorte gesetzt: Blaufränkisch (acht Weingärten), Muskat Ottonell (zwei) und Noah (zwei). Noah und Concord sind Arthybriden. Der Unterschied in der Rebentwicklung bei Edelreben und Arthybriden wurde von **GANGL et al. 2019** eingehend untersucht. Die Ergebnisse finden sich durch die vorliegende Analyse im Wesentlichen bestätigt, wobei in der erwähnten Arbeit allerdings pro Standort jeweils sowohl ein Arthybrid-Weingarten als auch einer mit Edelreben vorhanden waren und verglichen wurden, entsprechend den Erfordernissen der spezialisierten Fragestellung.



**Abb. 3:** Vergleich der Entwicklung bei Edelreben (oben: Eisenstadt – Muskat Ottonell) und Arthybriden (unten: Eltendorf – Noah). Links: vegetative Entwicklung, rechts: generative EW.

Die vegetative Entwicklung von Arthybriden und Edelreben ist sehr ähnlich. Ein beträchtlicher Anteil der Knospen entwickelte sich nicht über BBCH-Stadium 1 oder 5 hinaus. Der Anteil variierte aber innerhalb der beiden Gruppen so stark, dass sich über einen Unterschied zwischen ihnen nichts aussagen lässt. Zu Beginn der Untersuchung waren die Reben bereits in einem Mehrblattstadium; im Mittel (Median) in der 20. KW im 11. bis 16. bei Edel- und im 11. bis 14. bei Hybridreben. Die Maximalwerte, die in der 20. Kalenderwoche bereits erreicht wurden, lagen bei Edelreben zwischen BBCH 15 und 19, bei Hybriden zwischen 14 und 19. In den folgenden Wochen kam es generell zu einem annähernd linearen Anstieg des Stadium-Medians, der bei Edelreben zwischen der 21. und der 26. KW das BBCH-Stadium 19 erreichte, bei Arthybriden zwischen der 24. und 26 KW. In einigen Weingärten gelangte der Median, bedingt durch die vielen Knospen und deren Derivate, die in niedrigem BBCH-Stadium verweilten, nie zu Stadium 19. Es ist deshalb sinnvoll, auch zu beschreiben, wann Stadium 19 erstmals erreicht wurde. Mit einer Ausnahme (Tadten, 23. KW) war das bei

Edelreben in der 20. oder 21. Kalenderwoche der Fall, bei Arthybriden zwischen der 20. und 23. KW.

Im Gegensatz zur vegetativen, verläuft die generative Entwicklung bei Arthybriden und Edelreben unterschiedlich (Abb. 3, rechts). Generell zeigen sich in der reproduktiven Entwicklung Phasen, wo die Stadienvarianz gering ist, und solche, wo das nicht der Fall ist. Besonders stark divergierten die Edelreben von der 24. bis zu 26. KW, die Arthybriden begannen eine Woche früher sich auseinanderzuentwickeln und endeten auch eine Woche später damit. Auf eine längere Verweildauer der Edelreben im Stadium 57 (meist mehr als 2 Wochen für den Median) im Vergleich zu den Hybriden (2 Wochen) haben bereits **GANGL et al. 2019** hingewiesen. Ab diesem Stadium kommt es zu einer zunächst sehr raschen und dann wieder etwas verzögerten Entwicklung, bis es zu einem mehrwöchigen Verweilen im BBCH-Stadium 78 bzw. 79 (Ende des Traubenschlusses) kommt. Der Zeitraum, der in diesen Stadien verbracht wurde, erstreckte sich bei Hybridreben über sechs Wochen, bei *Vitis vinifera*-Sorten hingegen meist nur halb so lange. In der 35. KW endete unsere Bonitierung. In dieser Woche lag der Median bei den Arthybriden bei BBCH-Stadium 83 (Fortschreiten der Beeren-Aufhellung bzw. Beerenverfärbung), bei den Edelreben meist deutlich höher, zwischen den Stadien 85 und 88 (Weichwerden der Beeren bis kurz vor Vollreife). Allerdings gibt es zwei Ausnahmen, nämlich Rechnitz (Stadium 83) und Tadten (hier sogar nur Stadium 81: Beginn der Reife, Beeren beginnen hell zu werden bzw. sich zu verfärben). In Rechnitz wurde biologisch bewirtschaftet und, da auch bei den Hybriden deutlich weniger Pflanzenschutzmittel verwendet werden und auch andere Maßnahmen ausfallen, muss die verzögerte generative Entwicklung nicht unbedingt genetische Ursachen haben, sie könnte auch ein Bewirtschaftungsartefakt sein. Dies können nur weitere Untersuchungen klären. Insgesamt wirkt in Abb. 3 jedenfalls die generative Entwicklung der Edelrebe beinahe linear, während die Entwicklungskurve des Arthybriden deutlich bauchig ist.

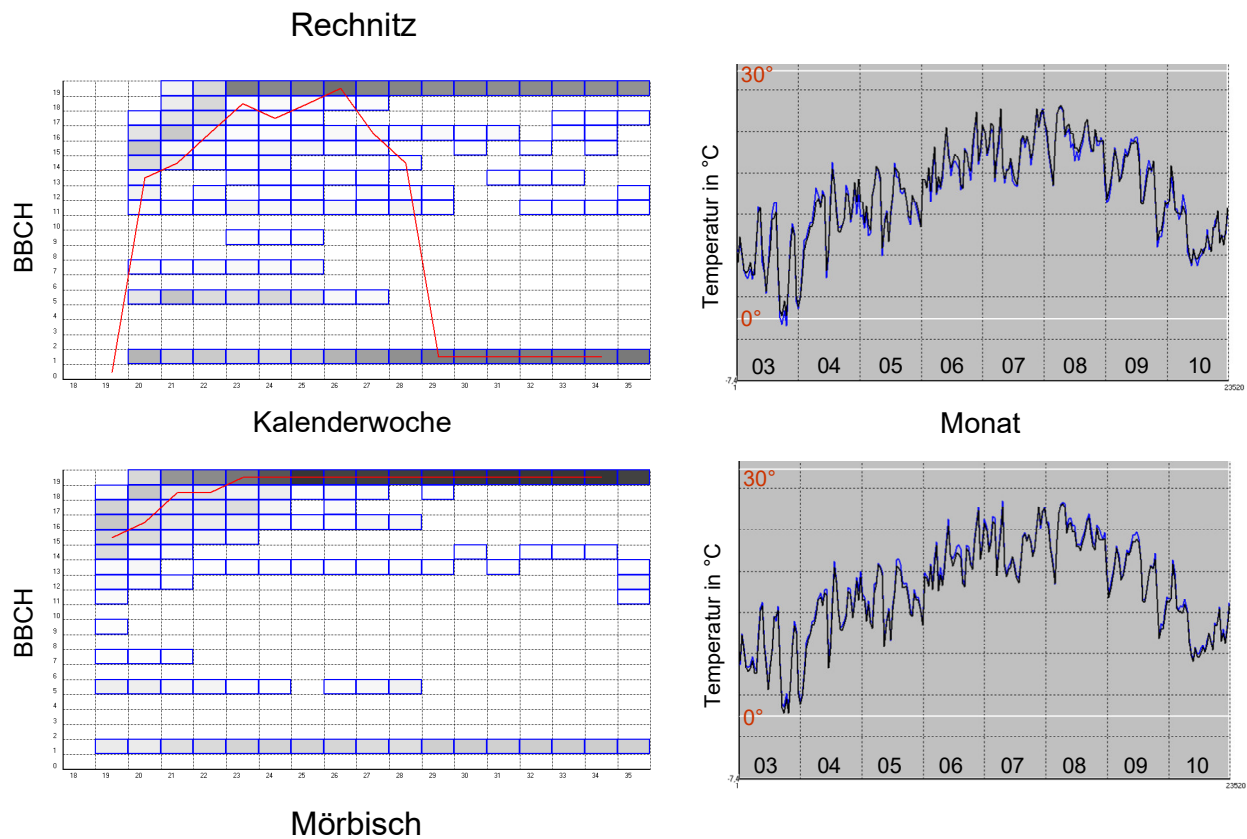
### **Phänologische Stadien, Weinbaugebiet und Witterung**

- Entwicklungsverzögerung

Wie bereits erwähnt erreichte an manchen Standorten der Median der vegetativen Entwicklung während des gesamten Untersuchungszeitraums das BBCH-Stadium 19



entweder nie oder nicht dauerhaft (Abb. 4), was offensichtlich daran liegt, dass sehr viele Knospen eine verzögerte Entwicklung bzw. ein verfrühtes Entwicklungsende erlebten.



**Abb. 4:** Entwicklungsverzögerung bzw. frühes Entwicklungsende vieler Knoten am Standort Rechnitz (oben, links) führt dazu, dass der Median (rote Linie) BBCH-Stadium 19 nicht dauerhaft beibehält. Zum Vergleich Standort Mörbisch (links unten). Rechts: Temperaturverlauf (Tagesmittel) während der Monate März bis Oktober an den beiden Standorten. In Rechnitz wurden im März Tagesmitteltemperaturen unter 0°C erreicht.

Natürlich ist der zeitliche Verlauf des Medians als Darstellung nicht besonders geeignet, wenn eine zweigipfelige Verteilung vorliegt, außer, wie im vorliegenden Fall, wenn er eben dazu dient, diese Zweigipfeligkeit deutlich zu machen bzw. zu zeigen, welcher Gipfel der dominierende ist. Als Erklärung für das Ausmaß der beobachteten Entwicklungsverzögerung bieten sich verschiedene Möglichkeiten an: Es könnte sich um eine Besonderheit der Rebsorte (oder des Klons) handeln, um die Folge einer Erkrankung oder der Bewirtschaftungsform (die den Rebfraß oder Befall beeinflusst) oder aber auch

witterungsbedingt sein. In letzterem Fall könnte eine partielle Frostschädigung mit Ausfall einiger Knospen vorliegen. Die Beiknospen hätten sich dann nur mehr teilweise entwickelt.

Um diese zuletzt erwähnte Möglichkeit zu untersuchen, wurde einerseits ermittelt, an welchen Standorten im März die Tagesmitteltemperatur 2020 unter null Grad gelegen war (es waren insgesamt acht) und andererseits, welche Weingärten Reben mit sehr vielen Knospen mit frühem Entwicklungsende aufwiesen. Letzteres war der Fall in Deutschkreutz-Hochfeld, Donnerskirchen-Goldberg, Heiligenbrunn, Pöttelsdorf, Rechnitz, Tadten und Königsberg.

An fünf dieser sieben Standorte wurden im März negative Tagesmitteltemperaturen erreicht (nicht in Donnerskirchen-Goldberg und Tadten), was einen Witterungseinfluss nahe legt. Auch der Gegenvergleich spricht dafür: Nur in drei Weingärten, in Eltendorf, Moschendorf und Neckenmarkt, wurde trotz negativer Tagesmitteltemperatur kein auffälliger „Knospenausfall“ (also mit frühem Entwicklungsende) registriert. Die statistische Überprüfung des Zusammenhangs ist mit dem Chi-Quadrat-Test nicht möglich, weil einige der erwarteten Zellenhäufigkeiten (Tab. 2 in grau) kleiner als 5 sind und daher die Testvoraussetzung nicht erfüllt ist. Der Fisher's Exact Test ist geeigneter. Der Signifikanzwert  $P=0,0524$  bedeutet, dass die Nullhypothese, die beiden Faktoren seien unabhängig, gerade nicht abgelehnt werden kann (was natürlich nicht bedeutet, dass ein solcher Zusammenhang nicht existiert, da ja auch Korrelationen mit anderen Faktoren vorhanden sind, z.B. könnte die Frostempfindlichkeit der Rebsorten verschieden sein).

**Tabelle 2:** Möglicher Zusammenhang zwischen Entwicklungsverzögerung und negativen Tagesmitteltemperaturen

		Entwicklungsverzögerung		
		moderat	stark	
Tagesmitteltemperatur	nie unter 0°C	12 (9,5)	2 (4,5)	14
	unter 0°C	3 (5,5)	5 (2,5)	8
		15	7	22

Eine nähere Untersuchung des Temperaturverlaufs zeigt, dass auch an Orten, an denen die Tagesmitteltemperatur nicht soweit fiel, Ende März Temperaturen deutlich unter null Grad Celsius erreicht wurden. Es sind hiervon sogar alle Standorte betroffen. Am 23.03.2020 lag um 05:00 z. B. in Jois und Gols die Temperatur bei  $-3,4^{\circ}\text{C}$ , in Edelstal sogar bei  $-3,5^{\circ}\text{C}$ . Da die phänologische Erhebung erst zwei Wochen später gestartet werden konnte, ist nicht bekannt, in welchem Stadium sich die Reben zu diesem Zeitpunkt befanden. Die Arthybriden lagen

aber anfangs in der Entwicklung etwas zurück, was ihre Empfindlichkeit um den 23.03.2020 eventuell reduziert haben könnte. Das hätte dann die Signifikanz des durchgeführten Tests wesentlich beeinflusst bzw. verschleiert. Dies muss aber Spekulation bleiben, bis Daten aus Jahren vorliegen, in denen im Frühjahr kein CoViD-19 Lockdown die Faktenerhebung verhindert.

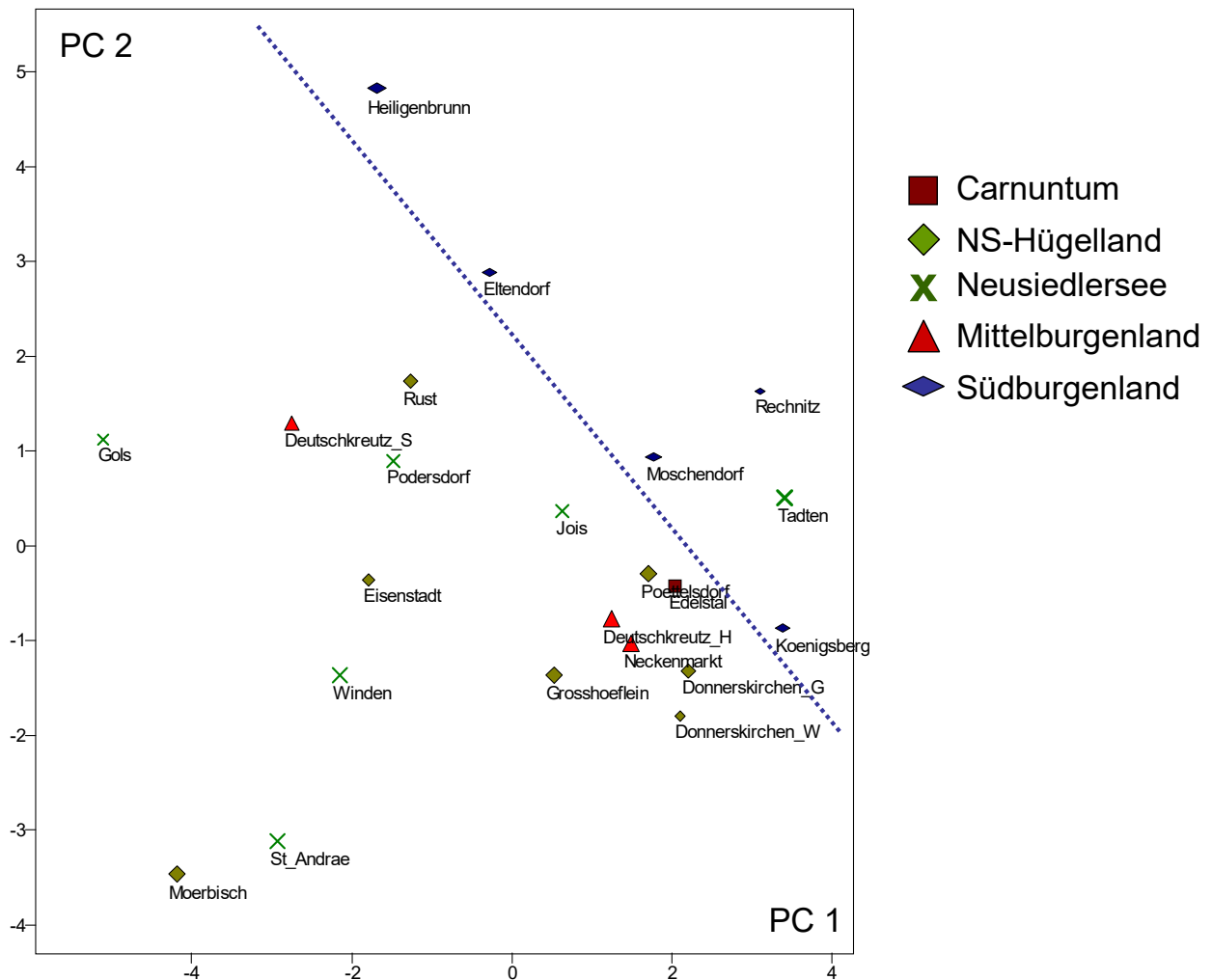
Dafür, dass die Temperatur eine Rolle spielt, spricht auch, dass fünf der sieben Standorte mit verzögerter Knospenentwicklung sich in insgesamt kühlerer Lage befinden (siehe Bericht „Das Wetter im Jahr 2020 – ein Vergleich der ClimVino-Standorte“, Tab. 1; der Signifikanzwert für den Exakttest  $P=0,0635$  bedeutet aber auch in diesem Fall, dass ein Zusammenhang nicht angenommen werden muss, und abermals könnte unterschiedliche Sortenempfindlichkeit hier eine beeinflussende Rolle spielen). Donnerskirchen-Goldberg gehört zu den Standorten mit oft sehr frühem Knospen-Entwicklungsende, war 2020 aber am wärmsten ( $0,55^\circ$  über dem Durchschnitt aller Stationen). Diese Diskrepanz ist allerdings möglicherweise dadurch zu erklären, dass die Merlot Reben an GFLV, einem Nepovirus, erkrankt waren. Für Entwicklungsverzögerungen sind also sicherlich mehrere Ursachen verantwortlich, aber jedenfalls scheint keiner der anderen untersuchten Klimafaktoren einen Einfluss darauf zu haben (wie der Vergleich mit den Tabellen 2 bis 4 des erwähnten Berichts zeigt).

- Entwicklungsverlauf

Da der Entwicklungsverlauf der Rebe keinem einfachen Gesetz folgt, das durch wenige Konstanten beschrieben werden könnte, sind die phänologischen Kurven oft sehr schwer vergleichbar. Zudem sind die erhobenen Werte zu einem bestimmten Zeitpunkt (KW) oft über viele Phänostadien verteilt. Entsprechend schwierig ist es, den Einfluss bestimmter Parameter zu analysieren, da diese außerdem noch sehr unterschiedlich sind: neben Umweltfaktoren (z. B. lokale Witterung, Exposition, Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit und Zusammensetzung des Untergrundes) sind noch genetische Faktoren (Art und Sorte), sowie Rebgesundheit und Vitalität zu berücksichtigen, aber auch die Interaktionen zwischen diesen Parametern. Ein magerer Standort, der an sich schon die Entwicklung erschwert, kann außerdem noch die Anfälligkeit für Pathogene steigern, etc. Neben einzelnen Faktoren wie z. B. Temperatur können auch noch mögliche Einflusskomplexe untersucht werden, z. B. ob ein Zusammenhang zwischen Entwicklungsgeschwindigkeit der Rebe und dem Weinbaugebiet

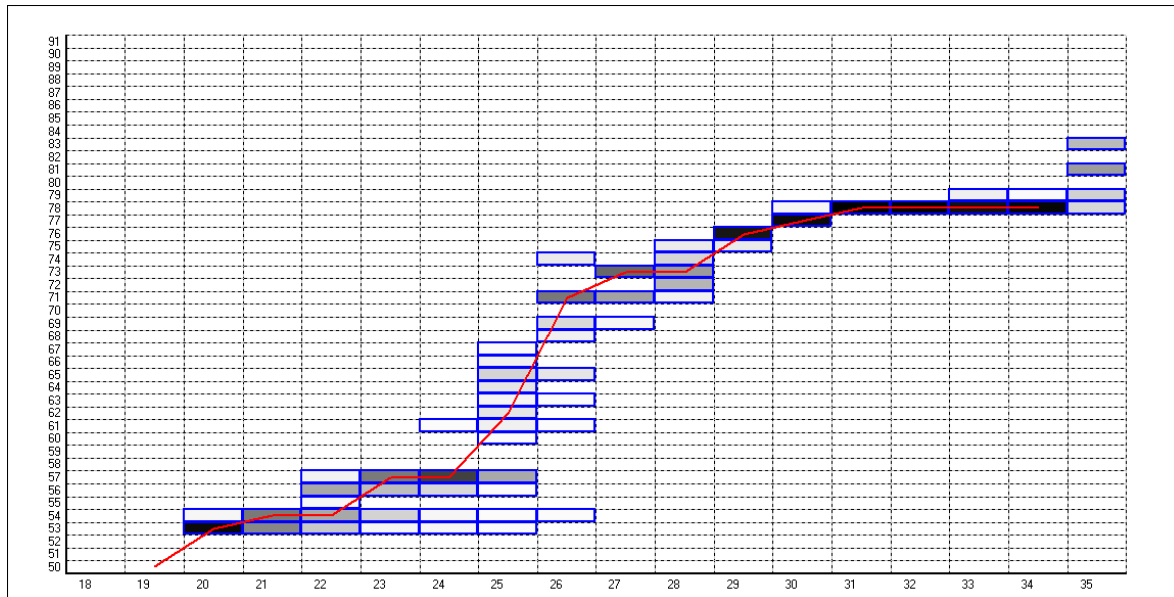
existiert, in dem sie steht. „Weinbaugebiet“ ist nicht nur komplex, sondern auch uneinheitlich. Es ist außerdem nicht ohne weiteres möglich, vom Komplex auf die einzelnen Parameter zurück zu schließen.

Um trotz all dieser Schwierigkeiten Aussagen über Einflussgrößen treffen zu können, wurde zunächst ein nichtparametrisches Analyseverfahren entwickelt, d. h. eine Prozedur, die keine genauen Kenntnisse über die Gesetzmäßigkeiten der Rebentwicklung voraussetzt. Wir betrachten hier die Mediane der BBCH-Werte am Standort in einer bestimmten Kalenderwoche als Merkmalsausprägung und jede Kalenderwoche als Merkmal (damit liegen 17 Merkmale vor). Die zu vergleichenden Objekte sind die Weingärten, die mithilfe einer Hauptkomponentenanalyse verglichen werden. Dieses Verfahren reduziert den hochdimensionalen Merkmaleraum auf wenige, in diesem Fall auf drei, Dimensionen (die dritte Dimension ist allerdings nur durch die relative Größe der Symbole dargestellt). Die Dimensionen – und damit die Koordinatenachsen – sind nicht gleichwertig: PC1 hat mehr Erklärungswert als PC2 und diese wiederum mehr als PC3. Weingärten mit ähnlicher Entwicklung werden in der Darstellung als Punkte mit geringem Abstand präsentiert. Die Untersuchung von Einflussfaktoren geschieht über Indexierung, d. h. etwa über eine geeignete Zuteilung von Symbolen. Dargestellt ist das in Abb. 5 für Weinbaugebiete.



**Abb. 5:** Ähnlichkeit der Rebentwicklung in verschiedenen Weingärten im Burgenland. Alle Standorte sind Teil der ClimVino-Studie. Symbolisch unterschieden werden die Weinbaugebiete.

Wie man erkennt, lassen sich die Standorte des Südburgenlandes durch die Forderung von den anderen Weinbaugebieten abtrennen, dass die Summe der Koordinatenwerte von PC1 und PC2 des Standorts groß sein muss (rechts oben von der blauen Linie). Alle fünf Standorte erfüllen diese Bedingungen, aber nicht nur sie, sondern auch Tadten, das ja ebenfalls in anderer Hinsicht aus dem Rahmen fällt. Abb. 6 zeigt die Entwicklung der Blaufränkisch-Reben 2020 in diesem Weingarten.

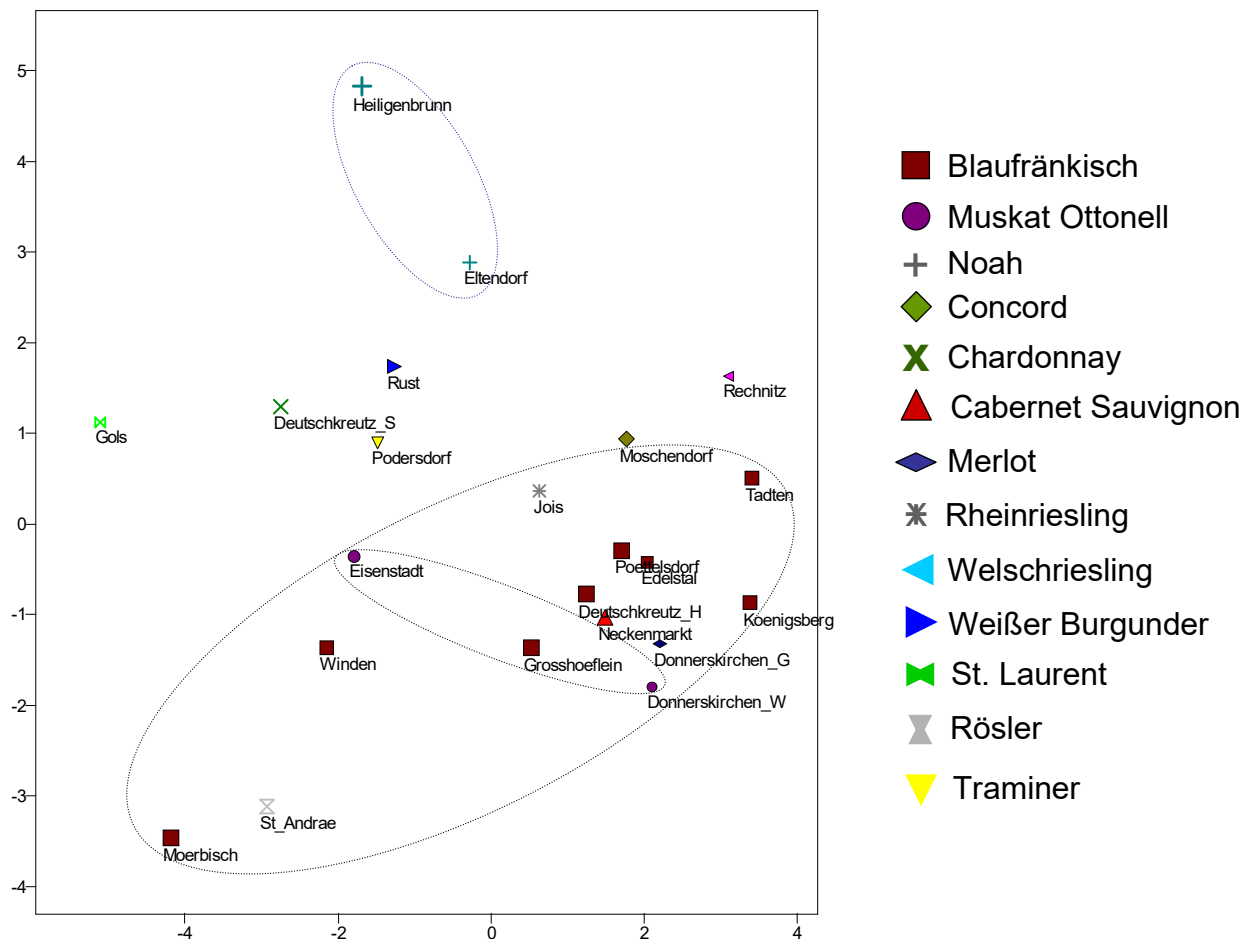


**Abb. 6:** Generative Rebentwicklung am Standort Tadten (Blaufränkisch 2020).

Auffällig ist das lange Verweilen im Stadium 78, wie es z. B. auch für die Reben in Eltendorf (Abb. 3) und die anderen südburgenländischen Weinpflanzen charakteristisch ist, unabhängig von der Sorte, wenngleich dies bei Arthybriden besonders ausgeprägt ist. Über die Ursache dieses Zusammenhangs verrät die Hauptkomponentenanalyse nichts. Das Südburgenland ist relativ kühl und feucht, die Weingärten befinden sich oft in Hanglage und an drei der fünf Weingärten sind Arthybriden (Moschendorf, Eltendorf, Heiligenbrunn) angepflanzt. All dies kann für die, verglichen mit den anderen Weinbaugebieten, aberrante Rebentwicklung von Bedeutung sein.

Die PCA Abb. 5 kann die anderen Weinbaugebiete offenbar nicht voneinander trennen. Auffällig ist auch, dass sich in einem Cluster sehr ähnlicher Weingärten oftmals viele Weinbaugebiete wiederfinden (Abb. 5, rechts unten). So sind Pöttelsdorf (NS-Hügelland, Blaufränkisch) und Edelstal (Carnuntum, Blaufränkisch) einander besonders ähnlich, liegen aber auch nahe an Deutschkreutz H (Mittelburgenland, Blaufränkisch), Königsberg (Südburgenland, Blaufränkisch), Neckenmarkt (Mittelburgenland, Cabernet Sauvignon), Donnerskirchen G (NS-Hügelland, Merlot) und W (NS-Hügelland, Muskat Ottonell), sowie Großhöflein (NS-Hügelland, Blaufränkisch). Für die Existenz dieses Clusters mag die Sortenzuordnung von Bedeutung sein, wenngleich sicherlich (bzw. offensichtlich) nicht ausschließlich (siehe auch Abb. 7).

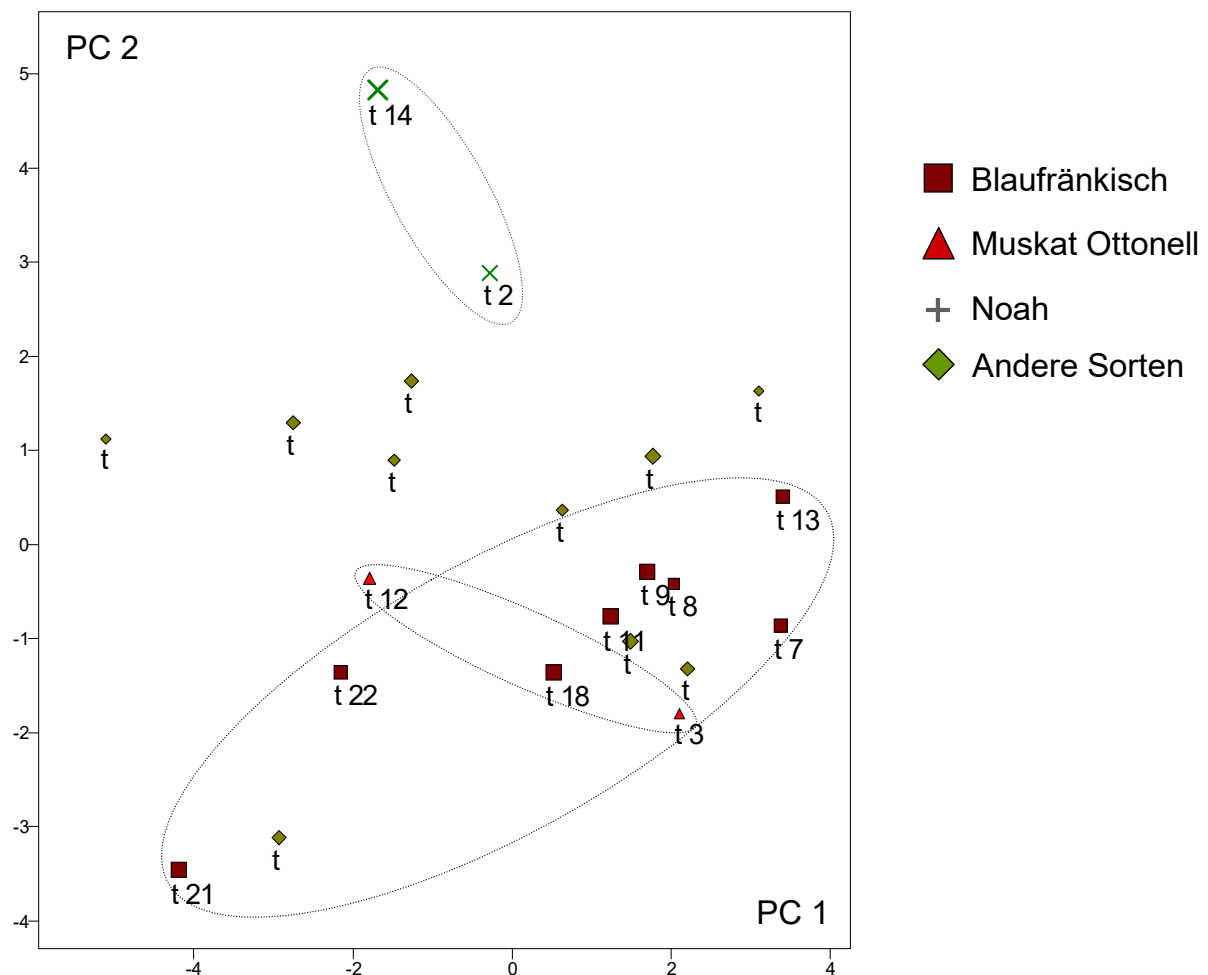
Die Standorte des Weinbaugebiets Neusiedlersee finden sich überwiegend bei negativen Werten von PC1, mit Ausnahme von Jois und Tadten. Bei den Reben in Jois wurden Nepoviren, GFLV, festgestellt, was sicherlich eine entwicklungsbeeinflussende Rolle spielt; bei jenen in Tadten liegt aber (erstaunlicher Weise) keine bekannte Erkrankung vor, auf die die Pflanzen getestet worden waren.



**Abb. 7:** Ähnlichkeit der Rebentwicklung in verschiedenen Weingärten im Burgenland. Alle Standorte sind Teil der ClimVino-Studie. Symbolisch unterschieden werden die Rebsorten.

Abb. 7 zeigt die Zuordnung der Standorte zu den 13 Rebsorten. Nur drei Sorten kommen an mehreren Standorten vor und verdienen damit besondere Berücksichtigung. Es sind dies neben Blaufränkisch auch noch Muskat Ottonell und Noah, die an je zwei der Wetterstationen-Standorten vorkommen. Die beiden Edelrebsorten findet man (mit Ausnahme von Tadten) nur bei negativen Werten von PC2, den Arthybriden bei positiven. Ein gewisser Einfluss der genetischen Ausrüstung auf die Rebentwicklung ist damit gegeben, wird aber von den Auswirkungen der unterschiedlichen lokalen Witterung überlagert.

Umgekehrt bieten jene Sorten, die an mehreren, oft witterungsmäßig recht unterschiedlichen Standorten vorkommen, eine Möglichkeit den Einfluss klimatischer Faktoren näher zu untersuchen (Abb. 8).



**Abb. 8:** Ähnlichkeit der Rebentwicklung in verschiedenen Weingärten im Burgenland. Alle Standorte sind Teil der ClimVino-Studie. Symbolisch unterschieden werden die Rebsorten, die in mehr als einem Weingarten vorhanden waren. Der Text unterhalb der Symbole bezieht sich auf die Rangzahl der mittleren lokalen Temperatur in den Monaten April bis Juni.

Um das zu erreichen wurden die Standorte nach der mittleren Temperatur während der für die Rebentwicklung besonders bedeutenden Monate April bis Juni sortiert und ihnen entsprechend eine Rangzahl so zugeordnet, dass dem Ort der niedrigsten Temperatur auch die geringste Rangzahl zukam. Diese Rangzahlen sind in Abb. 8 präsentiert und es zeigt sich, dass sie, wenn man die verschiedenen Sorten gesondert betrachtet, mit zwei Ausnahmen genau PC1 folgen, wobei allerdings einem geringeren Wert von PC1 eine höhere Rangzahl



entspricht. Die Ausnahmen sind einerseits die Vertauschung von Mörbisch (t21) und Winden (t22), die allerdings ohnehin benachbart sind, sodass diese Vertauschung in Hinblick auf die Auswertung kaum eine Rolle spielt, und andererseits die Lage von Tadten (t13). Dieser Standort ist in der Hauptkomponentenanalyse zu weit rechts gelegen. Bei Noah und Muskat Ottonell liegt der wärmere Standort in der PCA weiter links. Betrachtet man die Sorten allerdings nicht getrennt, geht der eindeutige Zusammenhang verloren, aber für jede Sorte gilt, dass Standorte mit höherer Temperatur niedrigeren PC1-Werten entsprechen und dass daher – da in die PCA nur Daten der Rebentwicklung eingegeben worden sind – ein nachweisbarer Zusammenhang zwischen generativer Rebentwicklung und Standorttemperatur während der Monate April bis Juni existiert. Die Beziehung bleibt auch bestehen, wenn man die mittlere Temperatur der Standorte für den Zeitraum von März bis Oktober (inklusive) bildet (nicht dargestellt).

Welcher Art die Auswirkung der Temperatur ist, kann man durch Untersuchung der Gleichung herausfinden, die den Zusammenhang zwischen der Position eines Standortes auf der ersten Hauptkomponente (PC1, als Koordinatenachse betrachtet) und deren BBCH-Werten in den einzelnen Kalenderwochen darstellt. Sie hat die folgende Form:

$$1) \quad PC1 = -(0,0857415 * KW 18 + 0,249714 * KW 19 + 0,237255 * KW 20 + 0,244353 * KW 21 + 0,12599 * KW 22 + 0,315599 * KW 23 + 0,305529 * KW 24 + 0,213324 * KW 25 + 0,316176 * KW 26 + 0,294377 * KW 27 + 0,170368 * KW 28 + 0,168701 * KW 29 + 0,161182 * KW 30 + 0,198034 * KW 31 + 0,306857 * KW 32 + 0,293718 * KW 33 + 0,264997 * KW 34)$$

Alle Einflussmerkmale (Kalenderwochen) haben das gleiche Vorzeichen und die Werte der zugeordneten Konstanten sind, bis auf KW 18, relativ homogen. Das ist nicht überraschend, da sie ja nicht unabhängig voneinander sind: Ein einmal erworbener Entwicklungsvorsprung bleibt zumindest noch einige Zeit bestehen. Gl. 1 lässt sich in Zusammenhang mit Abb. 8 folgendermaßen interpretieren: Je höher die Temperatur am Standort, desto niedriger seine PC1-Werte und desto höher daher (wegen des negativen Vorzeichens) der Entwicklungsvorsprung (die BBCH-Werte). Dieses Ergebnis ist natürlich nicht überraschend, aber es zeigt, dass selbst die Verwendung von ordinalen Daten hinreichend sein kann, um diesen Zusammenhang zu quantifizieren (es gäbe durchaus andere

Möglichkeiten). Gl. 1 zeigt, dass der Entwicklungsvorsprung bereits in KW 19 existiert und bis KW 21 fast unverändert erhalten bleibt, um dann abrupt abzunehmen. Danach steigt der temperaturbedingte Entwicklungsvorsprung wieder, sogar über das Ausmaß von KW 19 bis KW 21 hinaus. Ab KW 28 bis KW 31 nimmt er abermals ab, um danach wieder das Niveau zu erreichen, das von KW 23 bis KW 27 existiert hat. Die spätere Reduktion des Entwicklungsvorsprungs stimmt zeitlich in etwa mit jener Phase überein, in der BBCH-Stadium 79 erreicht wird, eine (zumindest scheinbare) Entwicklungspause, in der die Reben einige Wochen verweilen. Hier geht ein Vorsprung in der Phänophase zunächst einmal verloren, ist aber nach der Pause wieder vorhanden. Man darf bei der Interpretation die Tatsache nicht aus den Augen verlieren, dass bei ordinalen Daten der Abstand benachbarter Werte nicht vergleichbar ist, also z. B. BBCH54 – BBCH 53 nicht gleich BBCH 79 – BBCH 78 ist.

Es wäre naheliegend, zwischen der Rebentwicklung, wie sie in Abb. 7 bis zur 35. KW vergleichend dargestellt ist, und der Beerenreife (in °KMW) in der 36. KW eine Korrelation zu vermuten, aber zumindest für die Sorte Blaufränkisch ist diese nicht in signifikantem Ausmaß gegeben.

Die einzelnen Klimafaktoren sind voneinander nicht unabhängig. Deshalb verwundert es nicht, dass eine Korrelation zwischen PC1 und anderen Klimaparametern existiert (nicht dargestellt). So nimmt etwa die relative Luftfeuchte mit dem Wert von PC1 zu und für diesen Zusammenhang ist Tadtten keine Ausnahme, denn an diesem Standort ist nicht nur die Position entlang PC1 sehr weit rechts, sondern auch die Luftfeuchte sehr hoch. Ebenfalls hoch war 2020 die Blattnässe in Tadtten und auch Königsberg. Auch hier findet sich zumindest für die Sorte Blaufränkisch ein Zusammenhang zu PC1 und damit zur Rebentwicklung. Luftfeuchte und Blattnässe sind korreliert. Auch die Niederschlagsmenge der Standorte einer Sorte nimmt in Richtung steigender PC1-Werte meist zu; der Zusammenhang ist aber nicht so klar ersichtlich, wie das bei der Temperatur der Fall ist.

Für die Folgejahre wäre eine nochmalige oder erweiterte Erhebung der Rebpathologie von Vorteil. Die Bonitierung der Rebentwicklung sollte sich über die gesamte Saison erstrecken. Der Fokus sollte zunächst auf eine einzige Sorte gelegt werden, deren Phänologie in möglichst vielen Weingärten beobachtet werden sollte, damit die Auswirkung von weniger Einflussgrößen (2020 waren es definitiv zu viele) umfangreicher dokumentiert werden kann.

## Literatur

- Backhaus K., Erichson, B., Plimke, W. und Weiber, R. 2016: Multivariate Analysemethoden. 14te Auflage - Springer Gabler
- Baggiolini, M. 1952: Stades repères de l'abricotier. Rev Romande Agric Vitic Arboric 8 :28-29.
- Baggiolini, M. and Baillod, M. 1993: Les Stades Repères de La Vigne. Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture 25: 7-9.
- Bindi, M., Miglietta, F., Gozzini, B., Orlandini, S. and Seghi, L. 1997: A simple model for simulation of growth and development in grapevine (*Vitis vinifera* L.). 1. Model description. Vitis 36(2): 67-71.
- Cola, G., Failla, O., Maghradze, D., Megrelidze, L. and Mariani, L. 2017: Grapevine phenology and climate change in Georgia, Int J Biometeorol 61(4): 761-773.
- Coombe, B.G. 1995: Growth stages of the grapevine: adoption of a system for identifying grapevine growth stages. Australian Journal of Grape and Vine Research. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00086.x>
- de Cortazar-Atauri I.G., Brisson, N. and Gaudillere, J.P. 2009: Performance of several models for predicting budburst date of grapevine (*Vitis vinifera* L.). Int J Biometeorol 53(4): 317-326.
- Eichhorn, W.K. and Lorenz, D.H. 1997: Phänologische Entwicklungsstadien der Rebe. Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes. Braunschweig 29: 119-200.
- Helmut Gangl, H., Martin Tiefenbrunner, M., Tiefenbrunner, W.: Ein Vergleich der Phänologie von Interspezies-Hybridreben des Südburgenlandes mit *Vitis vinifera*-Sorten und die Auswirkung von interannueller klimatischer Variabilität, Mitteilungen Klosterneuburg 69 (2019): 154-173
- Gladstones, J.S. 1992: Viticulture and environment: a study of the effects of environment on grape growing and wine qualities with emphasis on present and future areas for growing winegrapes in Australia. - Adelaide: Winetitles, 1992
- Jarvis, C., Barlow E., Darbyshire, R., Eckard, R. and Goodwin, I. 2017: Relationship between viticultural climatic indices and grape maturity in Australia. Int J Biometeorol: 1-14.
- Jones, G.V. and Davis, R.E. 2000: Climate influences and grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. Am J Enol Viticult 51(3): 249-261.
- Jones, G.V., White, M.A., Cooper, O.R. and Jones, G.V., White, M.A., Cooper, O.R. and Jones, G.V., White, M.A., Cooper, O.R. and Storchmann, K. 2005: Climate change and global wine quality. Clim Change 73(3): 319-343.
- Keller, M. 2015: The Science of Grapevines. Anatomy and Physiology. - San Diego: Academic Press
- Köse, B. 2015: Phenology and ripening of *Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L. Varieties in the maritime climate of Samsun in Turkey's Black Sea Region. S Afr J Enol Vitic, 35(1): 90-102.

Lorenz, D.H., Eichhorn, K.W., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U. and Weber, E. 1994: BBCH-Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien der Weinrebe, in Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen (Edt. Meier, U.). BBCH Monografie 2. Auflage - Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft, 2001

Pereira, M.R., Ribeiro, H., Abreu, I., Eisras-Dias, J.E. and Mota, T. 2017: Predicting the flowering

date of Portuguese grapevine varieties using temperature-based phenological models: A multi-site approach. The Journal of Agricultural Science, DOI: 10.1017/S0021859618000850

Tromp, J., Webster, A.D. and Wertheim, S.J. 2005: Fundamentals of Temperate Zone Tree. - Leiden, Netherlands: Fruit Production. Backhuys

Victor, K.J., Fennel, A.Y. and Grimplet, J. 2010: Proteomic analysis of shoot tissue during photoperiod induced growth cessation in *V. riparia* Michx. grapevines. Proteome Sci 8

Williams, D.W., Andris, H.L., Beede, R.H., Luvisi, D.A. and Norton, M.V.K. 1985: Validation of a model for the growth and development of the Thompson seedless grapevine. 2. Phenology. Am J Enol Viticult 36(4): 283-289.

Winkler A.J., Cook, A.J., Kliewer, W.M. and Lider, L.A. 1974: General viticulture. – Berkely: University of California Press

**Anhang 1:** Lage der Versuchsstandorte im Burgenland

