Hochschule Geisenheim University

Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna

Betrachtung des Blühverlaufes verschiedener *Vitis* Spezies mit Hinblick auf die Temperatur unter Einbezug verschiedener Temperatursummenmodelle

Master -Thesis

Zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science

Im Rahmen des Studiums Weinbau, Önologie und Weinwirtschaft

Referentin: Prof. Dr. Joachim Schmid
Institut für Rebzüchtung der Hochschule Geisenheim University

Korreferentin: Prof. Dr. Astrid Forneck
Abteilung Wein- und Obstbau im Department für Nutzpflanzenwissenschaften der Universität für Bodenkultur Wien

Vorgelegt von: Filsinger, Katrin
Wallertheimerstraße 6a
55288 Armsheim
5. Fachsemester WÖW

Geisenheim, den 13. Jan. 2020

Erklärung an Eides statt

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüferin/ keinem anderen Prüfer als Prüfungsleistung eingereicht.

Mir ist bekannt, dass Zuwiderhandeln geahndet wird („Verwendung unerlaubter Hilfsmittel“) und weitere rechtliche Schritte nach sich ziehen kann.

(Ort, Datum)	(Unterschrift)

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis ____ **IV**

Abbildungsverzeichnis ____ **V**

Tabellenverzeichnis ____ **VIII**

1 Einleitung ____ **1**

2 Literaturübersicht ____ **3**

2.1 *Vitis* ____ 3

2.1.1 Systematische Einordnung ____ 3

2.2 Die Blüte bei *Vitis* ____ 4

2.2.1 Morphologie ____ 4

2.2.2 Physiologie ____ 11

2.3 Temperatursummenmodelle ____ 15

3 Material und Methoden ____ **18**

3.1 Allgemein verwendete Materialien ____ 18

3.1.1 Die betrachteten *Vitis* Spezies/ Rebsorten/ Unterlagen ____ 18

3.1.2 Wetterstation/ Witterung ____ 39

3.1.3 Standort ____ 40

3.1.4 Bonitur Skala ____ 42

3.1.5 Temperatursummenmodelle ____ 44

3.2 Versuchsaufbau und - durchführung ____ 49

3.2.1 Bonitur der phänologischen Entwicklung ____ 49

3.2.2 Statistische Auswertung ____ 53

4 Ergebnisse ____ **54**

4.1 Austrieb und Blüteende ____ 54

4.1.1 *Vitis* Spezies ____ 54

4.1.2 *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten ____ 56

4.1.3 Unterlagen 57
4.2 Temperatursummenmodelle, Austrieb und Blüteende 58
4.2.1 Vergleich aller Probanden 58
4.2.2 *Vitis* Spezies 59
4.2.3 *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten 62
4.2.4 Unterlagen 64
4.3 Entwicklungsverlauf der Probanden 66
4.3.1 *Vitis berlandieri* PLANCHON 66
4.3.2 *Vitis riparia* MICHAUX 68
4.3.3 *Vitis rupestris* SCHEELE 69
4.3.4 *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN 70
4.3.5 *Vitis champinii* PLANCHON 71
4.3.6 *Vitis labrusca* LINNÉ 72
4.3.7 *Vitis amurensis* RUPRECHT 73
4.3.8 *Vitis armata* DIELS et GILG 74
4.3.9 *Vitis coignetiae* PULLIAT 75
4.3.10 *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten 76
4.3.11 Unterlagen 78
4.4 Insertionshöhe und Anzahl der Infloreszenzen 81
5 Diskussion 82
5.1 Austrieb und Blüteende 82
5.2 Temperatursummenmodelle, Austrieb und Blüteende 86
5.3 Entwicklungsverlauf der Probanden 89
5.4 Insertionshöhe und Anzahl der Infloreszenzen 91
6 Fazit 93

7 Zusammenfassung _____ 96
Literaturverzeichnis _____ 97
Anhang Verzeichnis _____ 104
Anhang _____ 105

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
° C	Grad Celsius
101 - 14 MGT	Millardet et de Grasset 101 - 14
BBCH	Biologische Bundesanstalt für Land- und Fortwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie
cm	Centimeter
cv.	cultivar (deutsch: „Rebsorte“)
DD	degree days (deutsch: Temperatursumme)
Dr.	Doktor
GDD	growing degree days (deutsch: Gradtage)
Gm	Geisenheim
ha	Hektar
HGU	Hochschule Geisenheim University
m	Meter
mm	Millimeter
Nr.	Nummer
O.P.	open pollination (deutsch: „Offene Bestäubung)
SO4	Selektion Oppenheim Nr. 4
ssp.	Subspezies
T_0	Mindesttemperatur/ Unterer Schwellenwert
t_0	Startzeitpunkt der Summierung
T_1	Höchsttemperatur/ Oberer Schwellenwert
T_2	Hitzewert/ Hitze Schwellenwert
$t_{Blüte}$	Ende der Blüte
T_{max}	Tageshöchsttemperatur
T_{mittag}	Mittagstemperatur
T_{mittel}	Tagesmitteltemperatur
USA	United States of America

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: (A) Der Sitz der Knospe von *Vitis* in der Blattachsel. WK, Winterknospe; B, Blattstiel; R, Ranke; GT, Geiztrieb. (B) Querschnitt durch die Winterknospe kurz vor dem Austrieb. P, Primäre Winterknospe; S, Sekundäre Winterknospe; T, Tertiäre Winterknospe; VA, Vegetationsachse; I, Infloreszenzprimordium; BP, Blattprimordium. (Quelle: VASCONCELOS et al., 2009) 4

Abbildung 2: (A) Schematische Darstellung des Aufbaus einer Ranke. (B) Schematische Darstellung der Aufbaus einer Infloreszenz. H, Stiel/ Hypoclade; I, Innere Achse; E, Äußere Achse; B, Braktee; N, Sprossachse. (Quelle: CURRLE et al., 1983) 7

Abbildung 3: Längsschnitt durch die Blüte von *Vitis* vor Abwurf des Blütenkäppchens. Die Miniatur in der Ecke zeigt eine intakte Blüte mit gleichem Entwicklungsstand. (Quelle: BOSS et al., 2003) 9

Abbildung 4: Verschiedene Formen der Blüte von *Vitis*, nach Abwurf der Korolla. (A) Perfekte Zwittrig. (B) Zwittrig mit schwach ausgeprägtem Stempel. (C) Weiblich mit zurückgebogenen Stamen. (D) Männlich, ohne Stempel. 1, Narbe; 2, Fruchtknoten; 3, Antheren. (Quelle: MÜLLER et al. (2008)) 10

Abbildung 5: Schematische Darstellung des generativen Wachstums von *Vitis* über zwei Jahre. (Quelle: Eigene Darstellung nach VASCONCELOS et al. (2009)) 13

Abbildung 6: Schematische Darstellung des Abwurfs des Blütenkäppchens von der geschlossenen Blüte (links) bis zur Freisetzung von Gynoecium und Androecium (rechts). (Quelle: VASCONCELOS et al., 2009) 14

Abbildung 7: Schematische Einordnung der Mindesttemperatur für den Austrieb verschiedener *Vitis* Spezies (links) und *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten (rechts) (Quelle: Eigene Darstellung nach KELLER (2015)). 16

Abbildung 8: Darstellung der von der HGU am Standort Hochschule aufgezeichneten Temperaturen (Maximum, Minimum und Tagesmittel auf zwei Metern Höhe, sowie das Minimum auf Höhe der Bogrebe) und des Niederschlags im Beobachtungszeitraum 01.03.2019 bis 31.07.2019. (Quelle: Eigene Darstellung nach Hochschule Geisenheim University, 2019) 39

Abbildung 9: Standorte der beobachteten Bestände im Umkreis des Institutes für Rebenzüchtung der HGU und der Standort der Wetterstation „Hochschule“ (◊). Koordinaten: der Wetterstation: 49°59'02.3"N 7°57'16.3"E. (HOCHSCHULE GEISENHEIM UNIVERSITY, 2019) 40

Abbildung 10: BBCH 00 (Vegetationsruhe) bis BBCH 68 (80 % der Blütenkäppchen abgeworfen) als schematische Darstellung. (Quelle: LORENZ et al., 1995) 42

Abbildung 11: (A) Schematische Darstellung eines linearen Temperatursummenmodelles und (B) dem Temperatursummenmodell nach MOLITOR et al. (2014). a, unterer Schwellenwert; b, Oberer Schwellenwert / Temperaturoptimum; c, Hitze Schwellenwert. (Quelle: Eigene Darstellung nach MOLITOR et al. (2014) 46

Abbildung 12: Der verwendete Boniturbogen mit Feldern zur Eintragung des Tages der Bonitur, der bonitierten Pflanze, des BBCH - Stadiums der Triebes und der Infloreszenz, des Standortes der ersten Infloreszenz und der Anzahl Infloreszenzen pro Trieb. 51
Abbildung 13: Zeitliche Einordnung von Austrieb (Datum links des Balkens) und Blüteende (Datum am rechten Ende des Balkens) der Probanden 1 bis 16, geordnet nach dem Datum des Austriebs. 55
Abbildung 14: Zeitliche Einordnung von Austrieb (Datum links des Balkens) und Blüteende (Datum am rechten Ende des Balkens) der Probanden 1 VV bis 4 VV, geordnet nach dem Datum des Austriebs. 56
Abbildung 15: Zeitliche Einordnung von Austrieb (Datum links des Balkens) und Blüteende (Datum am rechten Ende des Balkens) der Probanden 1 U bis 12 U, geordnet nach dem Datum des Austriebs. 57
Abbildung 16: Darstellung der jeweiligen Temperatursummen zum Zeitpunkt des Blüteendes berechnet nach den Formeln von HORNEY (1966), PARKER et al. (2011), MOLITOR et al. (2014) und dem Neustädter Modell (WBI, 2019) im Zusammenhang mit Datum des Austriebs und des Endes der Blüte für die Probanden 1 bis 16. Proband 11 ist nur der Vollständigkeit halber mit aufgeführt, da im Versuchszeitraum die Fruchtrute abbrach und die Spezies nicht weiter betrachtet werden konnte. 59
Abbildung 17: Darstellung der jeweiligen Temperatursummen zum Zeitpunkt des Blüteendes berechnet nach den Formeln von HORNEY (1966), PARKER et al. (2011), MOLITOR et al. (2014)und dem Neustädter Modell (WBI, 2019) im Zusammenhang mit Datum des Austriebs und Ende der Blüte für die Probanden 1 VV bis 4 VV. 62
Abbildung 18: Darstellung der jeweiligen Temperatursummen zum Zeitpunkt des Blüteendes berechnet nach den Formeln von HORNEY (1966), PARKER et al. (2011), MOLITOR et al. (2014)und dem Neustädter Modell (WBI, 2019) im Zusammenhang mit Datum des Austriebs und Ende der Blüte für die Probanden 1 U bis 12 U. 64
Abbildung 19: Entwicklungsverlauf der betrachteten *Vitis berlandieri* PLANCHON Selektionen aus der Region Barton Creek (Probanden 1 und 2) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 66
Abbildung 20: Entwicklungsverlauf der betrachteten *Vitis berlandieri* PLANCHON Selektionen aus der Region Crumley Ranch (Probanden 3 und 4) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 67
Abbildung 21:Entwicklungsverlauf der betrachteten *Vitis riparia* MICHAUX Rebsorten (Probanden 5 und 6) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 68
Abbildung 22: Entwicklungsverlauf der betrachteten *Vitis rupestris* SCHEELE Rebsorten (Probanden 7 und 8) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 69

Abbildung 23: Entwicklungsverlauf der betrachteten *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN Rebsorten (Probanden 9 und 10) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 70
Abbildung 24: Entwicklungsverlauf der betrachteten Vitis champinii PLANCHON Selektionen (Probanden 11 und 12) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. Für Proband 11 sind die aufgenommenen Daten dargestellt, bevor die beobachtete Rute abbrach. 71
Abbildung 25: Entwicklungsverlauf von *Vitis labrusca* LINNÉ cv. Isabella unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 72
Abbildung 26: Entwicklungsverlauf von *Vitis amurensis* RUPRECHT cv. 1 Gm unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 73
Abbildung 27: Entwicklungsverlauf von *Vitis armata* DIELS et GILG unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 74
Abbildung 28: Entwicklungsverlauf von *Vitis coignetiae* PULLIAT unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen 75
Abbildung 29: Entwicklungsverlauf von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Riesling (A), Ruländer (B), Grüner Silvaner (C) und Weißer Heunisch (D)(Probanden 1 VV bis 4 VV) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 76
Abbildung 30: Entwicklungsverlauf der Unterlagsrebsorten Freedom (A), Salt Creek (B), Harmony (C) und Dog Ridge (D)(Probanden 1 U bis 4 U) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 78
Abbildung 31: Entwicklungsverlauf der Unterlagsrebsorten 1103 Paulsen (A), Kober 5 BB (B), Sori (C) und Richter 110 (D)(Probanden 5 U bis 8 U) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 79
Abbildung 32: Entwicklungsverlauf der Unterlagsrebsorten Millardet et de Grasset 101 – 14 (A), Kober 125 AA (B), Selektion Oppenheimer Nr. 4 (C) und Börner (D) (Probanden 9 U bis 12 U) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. 80
Abbildung 33: Insertionshöhe der ersten Infloreszenz und Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb für alle betrachteten Probanden 1 bis 16, 1 VV bis 4 VV und 1 U bis 12 U. 81

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Taxonomische Einordnung der Gattung *Vitis*. (Quelle: Eigene Darstellung nach CURRLE et al. (1983) und KELLER (2015)) 3

Tabelle 2: Beschreibung der Makrostadien der BBCH - Skala zur Beschreibung der Entwicklungsstadien mono - und dikotyler Pflanzen. Die mit Klammern markierten Makrostadien sind bei der Weinrebe nicht beschrieben. Die unterstrichenen Makrostadien wurden in dieser Arbeit betrachtet. (Quelle: Eigene Darstellung nach MEIER (2018)) 43

Tabelle 3: Parameter und Formeln zur Berechnung des Temperatursummenmodelles nach HORNEY, 1966 (DD, Temperatursumme; T_{mittel}, Tagesmitteltemperatur; t_0, Startzeitpunkt; $t_{Blüte}$, Ende der Blüte; GDD, Gradtage; T_0, Unterer Schwellenwert) (Quelle: Eigene Darstellung nach HORNEY (1966)) 44

Tabelle 4: Parameter und Formel zur Berechnung des Temperatursummenmodelles nach PARKER et al. (2011)(DD, Temperatursumme; T_{mittel}, Tagesmitteltemperatur; t_0, Startzeitpunkt; $t_{Blüte}$, Ende der Blüte; GDD, Gradtage; T_0, Unterer Schwellenwert) (Quelle: Eigene Darstellung nach PARKER et al. (2011)) 45

Tabelle 5: Parameter und Formeln zur Berechnung des Temperatursummenmodelles nach MOLITOR et al. (2014)(DD, Temperatursumme; T_{mittel}, Tagesmitteltemperatur; t_0, Startzeitpunkt; $t_{Blüte}$, Ende der Blüte; GDD, Gradtage; T_0, Unterer Schwellenwert; T_1, Oberer Schwellenwert; T_2, Hitze Schwellenwert) (Quelle: Eigene Darstellung nach MOLITOR et al. (2014)) 47

Tabelle 6: Parameter und Formel zur Berechnung des Temperatursummenmodelles nach dem Modell „Neustadt“ (HGU, 2019a) (DD, Temperatursumme; T_{max}, Tageshöchsttemperatur; t_0, Startzeitpunkt; $t_{Blüte}$, Ende der Blüte; GDD, Gradtage; T_0, Unterer Schwellenwert) (Quelle: Eigene Darstellung nach WBI (2019)) 48

Tabelle 7: Auflistung der in der Arbeit betrachteten Probanden mit Standortbezeichnung (Vgl. Abbildung 9 Kapitel 3.1.3), Name, Rebsorte, Klon, Unterlage, Anmerkungen und Geschlecht. Nr. 1 - 16: *Vitis* Spezies, Nr. 1 VV – 4 VV: Verschiedene Rebsorten von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*, Nr. 1 U – 12 U: Verschiedene Unterlagensorten. 50

Tabelle 8: Korrelationskoeffizienten nach Spearmans - Rho für die Korrelation der Änderung der Temperatursummen von einem Boniturtag zum Nächsten (Δ Temperatursumme) und die Änderung des BBCH - Stadiums für Blatt (Δ BBCH Blatt) und Infloreszenz (ΔBBCH Infloreszenz), für die Probanden 1 bis 16. 61

Tabelle 9: Korrelationskoeffizienten nach Spearmans - Rho für die Korrelation der Änderung der Temperatursummen von einem Boniturtag zum Nächsten (Δ Temperatursumme) und die Änderung des BBCH - Stadiums für Blatt (Δ BBCH Blatt) und Infloreszenz (Δ BBCH Infloreszenz), für die Probanden 1 VV bis 4 VV. 63

Tabelle 10: Korrelationskoeffizienten nach Spearmans-Rho für die Korrelation der Änderung der Temperatursummen von einem Boniturtag zum Nächsten (Δ Temperatursumme) und die Änderung des BBCH - Stadiums für Blatt (Δ BBCH Blatt) und Infloreszenz (Δ BBCH Infloreszenz), für die Probanden 1 U bis 12 U. 65

1 Einleitung

Die Blüte bei *Vitis* ist ein komplexer Vorgang, der bis heute noch nicht komplett erklärt werden kann. Der Einfluss der Umweltbedingungen auf die Blüte von *Vitis vinifera* LINNÉ Subspezies (ssp.) *vinifera* wurde und wird immer noch von allen Seiten untersucht, auch hier ist noch nicht ganz klar, welche Umweltbedingungen welchen Einfluss auf das Blühverhalten haben (VASCONCELOS et al., 2009). Es ist bekannt, das die phänologische Entwicklung von *Vitis* hauptsächlich von der Temperatur gesteuert wird, sofern der Bedarf an Wasser und Nährstoffen ausreichend gedeckt ist (MOLITOR et al., 2014). Durch den Klimawandel verändern sich besonders die Temperaturen. Durch den Anstieg der Temperaturen verlängert sich die Vegetationszeit, die phänologische Entwicklung wird verfrüht und beschleunigt. Austrieb, Blüte, und Reife verfrühen sich um vier bis sechs Tage mit jedem °C um das die Tagesmitteltemperatur steigt (KAST und RUPP, 2009). Der wirtschaftlich sinnvolle Anbau der klassischen Rebsorten wird mit dieser Verschiebung immer schwieriger und zwingt sowohl Anbauer, als auch Züchter zu neuen Ansätzen (WOLKOVICH et al., 2017).

Zum Zeitpunkt der Blüte hat die Witterung einen besonders großen Einfluss auf den zu erwartenden Ertrag (CHLOUPEK et al., 2004). Das Temperaturoptimum für die Blüte von *Vitis* unterscheidet sich je nach Spezies, Rebsorte und Anbauregion (MAY, 2004). Die Blüte und die beeinflussenden Faktoren der Blüte bei verschiedenen Rebsorten der Spezies *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* sind Thema diverser Forschungsarbeiten (EBADI et al., 1995; DUNN und MARTIN, 2000; LEBON et al., 2005; PETRIE und CLINGELEFFER, 2005; LEBON et al., 2008) . In der jüngeren Literatur sind Beobachtungen zur Blüte von *Vitis* rar gesät. Speziell die Blüte von anderen *Vitis* Spezies, die für züchterische Zwecke relevant sein könnten, wird selten thematisiert. Weiters fehlt eine Verbindung zwischen den phänologischen Ausprägungen einzelner *Vitis* Spezies und ihren durch Züchtung generierten Nachkommen.

In dieser Arbeit wird eine solche vergleichende Beobachtung durchgeführt. Insgesamt 32 verschiedene Probanden werden vom Austrieb bis zum Ende der Blüte beobachtet. Darunter sind 16 verschiedene Vertreter der amerikanischen, asiatischen und

eurasischen *Vitis* Spezies, vier Rebsorten der Spezies *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* und zwölf Unterlagsrebsorten. Die Beobachtung wird durchgeführt in den Versuchsanlagen der Hochschule Geisenheim University (HGU). Neben den Entwicklungsstadien der verschiedenen Probanden, wird auch die Insertionshöhe und die Anzahl an Infloreszenzen pro Trieb bonitiert. Die Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb ist verantwortlich für 60 bis 70 % der jährlichen Ertragsschwankungen und ist ebenfalls beeinflusst durch Umweltfaktoren (CLINGELEFFER et al., 2001). Beim Vergleich der Rebe mit anderen Kulturen zeigt sie mit 32,5 % die größten jährlichen Ertragsschwankungen (CHLOUPEK et al., 2004). Ein besseres Verständnis der Blüte bei *Vitis* könnte die Kontrolle dieser starken Ertragsschwankungen ermöglichen (BOSS et al., 2003).

Die durch Bonitur erhobenen Daten werden mit den Temperatursummen in Verbindung gebracht, die mit Hilfe von vier verschiedene Temperatursummenmodelle errechnet werden. Die errechneten Temperatursummen zeigen im Vergleich der Probanden den jeweiligen Temperaturbedarf bis zum Ende der Blüte. Das individuelle Blühverhalten der Probanden zeigt die Anfälligkeit gegenüber den Schwankungen der Umweltbedingungen und die Anpassung an das sich verändernde Klima. Es wird außerdem erwartet, dass sich Zusammenhänge zwischen den Unterlagensorten und ihren Elternspezies zeigen. Diese Ergebnisse können als Grundlage für weitere Untersuchungen und für Züchtungsansätze dienen.

Die Verwendung verschiedener Temperatursummenmodelle bietet die Möglichkeit die Temperatursummenmodelle auf ihre Anpassung an die Veränderungen der klimatischen Bedingungen zu testen. Damit besteht die Möglichkeit die Prognosemodelle zu optimieren und damit die Prognose der phänologischen Entwicklung von *Vitis* zu verbessern.

2 Literaturübersicht

Im nachfolgenden Kapitel wird zunächst ein Überblick über die Gattung *Vitis* an sich gegeben. Darauf folgt die genauere Betrachtung der Blüte von *Vitis*, hinsichtlich der Morphologie und der Physiologie. Zuletzt wird das Konzept eines Temperatursummenmodelles beschrieben.

2.1 *Vitis*

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit der systematischen Einordnung der Gattung *Vitis* und spezifisch mit der Charakterisierung der in der Studie verwendeten Spezies.

2.1.1 Systematische Einordnung

Die Gattung *Vitis* wird eingeordnet in die Familie der *Vitaceae*, die Rebengewächse. Die *Vitaceae* gehören zur Ordnung der *Rhamnales*, den Kreuzdorngewächsen. Neben der Gattung *Vitis* findet sich in der Familie der *Vitaceae* die Gattung *Muscadinia*, sie unterscheidet sich in der Chromosomenanzahl von *Vitis*. Früher wurden *Muscadinia* (2n = 40 Chromosomen) und *Euvitis* (heute *Vitis,* 2n = 38 Chromosomen) als Untergattung der Gattung *Vitis* bezeichnet, diese taxonomische Einordnung wurde wegen der unterschiedlichen Chromosomenanzahl nicht weiter verwendet (KELLER, 2015). Die heute verwendete vollständige taxonomische Einordnung ist in Tab. 1 abgebildet (CURRLE et al., 1983; KELLER, 2015).

Tabelle 1: Taxonomische Einordnung der Gattung *Vitis*. (Quelle: Eigene Darstellung nach CURRLE et al. (1983) und KELLER (2015))

Reich	Eukaryota	Pflanzen mit echtem Zellkern
Unterreich	*Cormobiota*	Sprosspflanzen
Abteilung	*Spermatophyta*	Samenpflanzen
Unterabteilung	*Angiospermae*	Bedecktsamige
Klasse	*Dicotyledoneae*	Zweikeimblättrige
Unterklasse	*Rosidae*	Rosenähnliche
Überordnung	*Celastranae*	Baumwürgerblütige
Ordnung	*Rhamnales*	Kreuzdorngewächse
Familie	*Vitaceae*	Rebengewächse
Gattung	*Vitis*	Rebe

Die Gattung *Vitis* stammt hauptsächlich aus den gemäßigten Zonen der nördlichen Hemisphäre und umfasst 60 bis 70 verschiedene Spezies. Die meisten Spezies entstammen Nord - Amerika und Asien. Die für den heutigen Weinanbau bedeutendste Art *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* stammt aus Eurasien (MULLINS et al., 2007; KELLER, 2015).

2.2 Die Blüte bei *Vitis*

Dieses Kapitel widmet sich der Beschreibung des Aufbaues der Blüte bei *Vitis* und später der Physiologie der Blüte bei *Vitis*.

2.2.1 Morphologie

Im folgenden Kapitel werden die für die Blüte relevanten morphologischen Eigenschaften von *Vitis* dargestellt.

2.2.1.1 Knospen

Die Knospen bei *Vitis*, aus denen sich Triebe mit Blättern und Infloreszenzen entwickeln, befinden sich in der Achsel zwischen Trieb und Blatt (Abb. 1 A) (CURRLE et al., 1983; VASCONCELOS et al., 2009; KELLER, 2015).

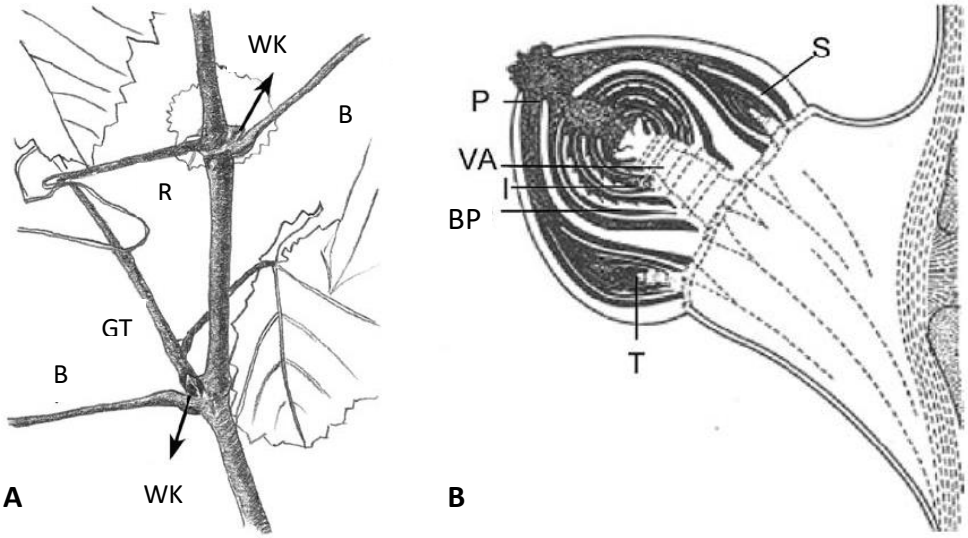


Abbildung 1: (A) Der Sitz der Knospe von *Vitis* in der Blattachsel. WK, Winterknospe; B, Blattstiel; R, Ranke; GT, Geiztrieb. (B) Querschnitt durch die Winterknospe kurz vor dem Austrieb. P, Primäre Winterknospe; S, Sekundäre Winterknospe; T, Tertiäre Winterknospe; VA, Vegetationsachse; I, Infloreszenzprimordium; BP, Blattprimordium. (Quelle: VASCONCELOS et al., 2009)

An jedem Nodium können bis zu vier blattachselständige Knospen gebildet werden: eine Geizknospe und eine Winterknospe, bestehend aus drei Komponenten (Abb. 1 B) (MÜLLER et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2009). In der Achsel des Knospendeckblattes (Braktee) der Geizknospe bildet sich die primäre Winterknospe, die ebenfalls ein Knospendeckblatt bildet, in deren Achsel sich die sekundäre Winterknospe bildet. Mit der tertiären Winterknospe verhält es sich genauso (CURRLE et al., 1983; MULLINS et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2009; KELLER, 2015). Die Knospendeckblätter bilden an der Innenseite lange, wollige Blatthaare, die dem Schutz der Knospen vor Vertrocknen und Erfrieren dienen (KELLER, 2015).

Die Geizknospe kann noch im gleichen Jahr aufbrechen und einen sogenannten Geiztrieb bilden (MULLINS et al., 2007), während die Winterknospen erst neun bis zwölf Monate nach der Bildung, im Frühjahr des Folgejahres, aufbrechen werden und dadurch den Ansatz für das Folgejahr bilden (VASCONCELOS et al., 2009). Die sekundären und tertiären Winterknospen brechen im Normalfall nur auf, wenn die jeweils übergeordneten Knospen zerstört wurden, beispielsweise durch Hagel, Frost oder Schädlingsbefall (MÜLLER et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2009; KELLER, 2015). Die sekundäre Winterknospe ist oft weniger fertil und wüchsig als die primäre Winterknospe (KELLER, 2015), die tertiäre Winterknospe trägt zumeist keine Infloreszenz Primordien (MULLINS et al., 2007).

Die Geizknospe wird vom apikalen Meristem des bestehenden Triebes gebildet, während die Winterknospen später als die Geizknospe aus ihrem eigenen apikalen Trieb Meristem entstehen (KELLER, 2015). Während der Trieb wächst, werden in den Knospen Blatt Primordien und undifferenzierte Primordien (Anlagen) gebildet. Aus den Blatt Primordien werden sich die Blätter des Triebes entwickeln. Aus den undifferenzierten Primordien können, abhängig von den Umweltbedingungen und der Pflanzenentwicklung, entweder Infloreszenzen, Ranken oder eine Zwischenstufe zwischen diesen Beiden entstehen (VASCONCELOS et al., 2009). Die ersten ein bis drei undifferenzierten Primordien in der Winterknospe verzweigen sich mehrfach und entwickeln sich zu Infloreszenz Primordien, bevor die Knospe in die Winterruhe fällt (BOSS et al., 2003). Die ersten Infloreszenz Primordien werden in den basisnahen

Winterknospen in der Mitte des Sommers mit Beginn der Braunfärbung des Triebes gebildet. Von diesem Zeitpunkt an werden in den Winterknospen in Richtung der Triebspitze Stück für Stück weitere Infloreszenz Primordien gebildet (MULLINS et al., 2007). Vor der Winterruhe haben die undifferenzierten Primordien (sowohl Infloreszenz -, als auch Ranken Primordien) sich bereits in eine innere und äußere Achse verzweigt (MAY, 2004). In der Knospe werden durchschnittlich sechs bis neun Nodien gebildet ehe die Winterknospe in die Winterruhe fällt (VASCONCELOS et al., 2009). *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* bildet immer zwei Nodien mit einem Blatt Primordium gegenüber einem undifferenzierten Primordium, gefolgt von einem Nodium mit einem einzelnen Blatt Primordium (VASCONCELOS et al., 2009).

2.2.1.2 Ranke und Infloreszenz

Die beiden Organe „Infloreszenz“ und „Ranke“ sind homolog (BOSS et al., 2003). Das heißt, sie sind sich anatomisch, morphologisch und physiologisch ähnlich (CURRLE et al., 1983; MAY, 2004; KELLER, 2015) und alle Mischformen zwischen Ranke und Infloreszenz sind möglich (CURRLE et al., 1983; MAY, 2004; VASCONCELOS et al., 2009; KELLER, 2015). Ranken und Infloreszenzen sind veränderte oder reduzierte Geiztriebe. Das bedeutet, es können auch alle Zwischenstufen zwischen Infloreszenz und Trieb auftreten (CURRLE et al., 1983; BOSS et al., 2003; KELLER, 2015). Beide Organe befinden sich am Trieb immer gegenüber eines Blattes (VASCONCELOS et al., 2009; KELLER, 2015) und besitzen an der Basis der Verzweigungen jeweils eine Braktee (Tragblatt) (CURRLE et al., 1983; KELLER, 2015).

Die Ranken dienen der Rebe als ‚Kletterhilfe‘ und ermöglichen es wildwachsenden Reben das Sonnenlicht zu erreichen (KELLER, 2015). Die Ranke besitzt, ebenso wie die Infloreszenz, immer eine innere und häufig auch eine äußere Achse (Abb. 2 A) (MAY, 2004). Obwohl zwei Rankenspitzen die am häufigsten zu findende Form sind können bei stark wüchsigen Trieben auch Ranken mit drei oder mehr Spitzen vorkommen (KELLER, 2015). Die Ranke bildet zeitweise eine Hydathode, die sich bereits bei einer Rankenlänge von zehn bis fünfzehn mm wieder durch Suberinbildung verschließt (CURRLE et al., 1983; KELLER, 2015). Sie bewegt sich während ihres Wachstums in rotierenden Bewegungen und ertastet mit Hilfe der

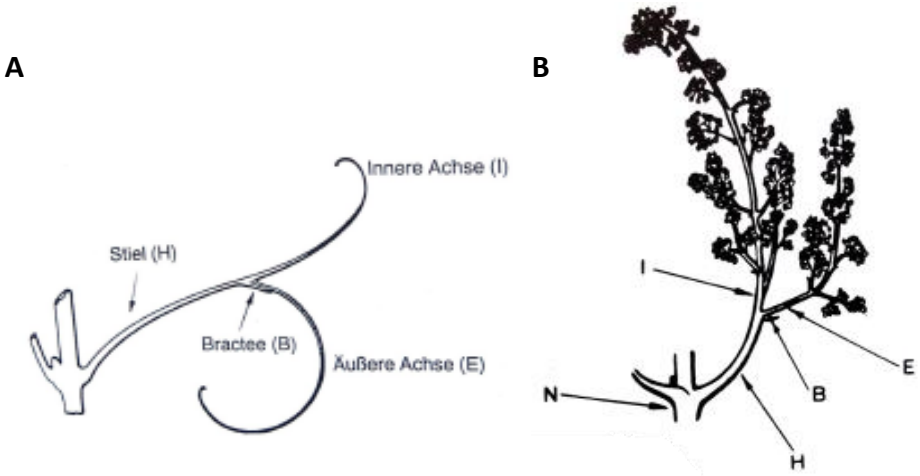


Abbildung 2: (A) Schematische Darstellung des Aufbaus einer Ranke. (B) Schematische Darstellung der Aufbaus einer Infloreszenz. H, Stiel/ Hypoclade; I, Innere Achse; E, Äußere Achse; B, Braktee; N, Sprossachse. (Quelle: CURRLE et al., 1983)

berührungsempfindlichen Epidermis der Rankenspitze Objekte in der direkten Umgebung, um die sie sich dann windet (MÜLLER et al., 2008; KELLER, 2015). Sobald sich die Ranke um ein Objekt gewunden hat lignifiziert sie und fixiert den Trieb dadurch an dem Objekt. Ranken, die auf der Suche nach unterstützenden Objekten ohne Erfolg bleiben, sterben ab und werden an der Schnittstelle zwischen Ranke und Trieb abgestoßen (KELLER, 2015). Ranken können sich je nach Umweltbedingungen auch lange Zeit nach Bildung des Primordiums noch zu Infloreszenzen entwickeln (BOSS et al., 2003).

Die Infloreszenz bildet den Blütenstand von *Vitis*. Die Grundstruktur bilden der Stiel (Hypoclade), die innere Achse und die äußere Achse (Schultern) (Abb. 2 B) (CURRLE et al., 1983; MAY, 2004; MULLINS et al., 2007; KELLER, 2015). Die beiden Achsen der Infloreszenz verzweigen sich jeweils in zahlreiche sekundäre Achsen, die sich häufig noch weiter in tertiäre und teilweise auch noch weiter in quartäre Achsen verzweigen (MULLINS et al., 2007; KELLER, 2015). Die Anzahl an Verzweigungen der inneren Achse sinkt gegen Ende der Infloreszenz, was der Infloreszenz und Später auch der Rappe mit den Beeren, eine konische Form gibt (MULLINS et al., 2007). Das gesamte Stielgerüste der Infloreszenz wird Rispe genannt (CURRLE et al., 1983). An der inneren und äußeren Achse der Infloreszenz befinden sich die Blütenstiele, an deren Enden die Blüten und später die Beeren sitzen. Nicht jede Infloreszenz trägt eine äußere Achse (Schulter), teilweise ist statt der Schulter eine Ranke oder seltener auch ein Trieb zu

finden, teilweise fehlt die Schulter komplett (MAY, 2004; KELLER, 2015). Die Blüten an den Verzweigungen der Achsen treten meist in dreier oder fünfer Gruppen auf (KELLER, 2015).

2.2.1.3 Blüte

Die Blüten von *Vitis* sind grün und am Blütenboden durch das Blütenstielchen mit den Achsen der Infloreszenz verbunden (CURRLE et al., 1983; MAY, 2004; KELLER, 2015). Die Größe der einzelnen Blüten variiert von zwei mm bei *Vitis berlandieri* PLANCHON bis zu sieben mm bei *Vitis labrusca* LINNÉ (KELLER, 2015). An der Basis der Blütenstielchen sitzt jeweils eine basale Braktee. Die Blütenformel für *Vitis* lautet (CURRLE et al., 1983):

$$* \; K\,5 + C\,(\,5\,) + A\,5 + N\,5 + G\,(\,\underline{2}\,)$$

K	= Kelchblätter (Sepal)
C	= Blütenblätter (Petal)
A	= Staubblätter (Stamen)
N	= Nektarien
G	= Fruchtblätter (Karpell)
Zahl	= Anzahl der Blütenteile
*	= radiär
( )	= verwachsen
_	= oberständig stehend

Die auf dem Blütenboden sitzenden Kelchblätter (Sepale) bilden zu Beginn der Blütenentwicklung kurz nach dem Austrieb eine unvollständige Schutzhülle (Calyx) um die Blütenblätter (Petale) und Staubblätter (Stamen) herum, verwachsen aber nicht. Die Calyx wird später von den Blütenblättern durchbrochen (BOSS et al., 2003; MULLINS et al., 2007; LEBON et al., 2008). Die Sepale verkümmern zu einem Ring (MAY, 2004; LEBON et al., 2008). Die Petale verwachsen und bilden das schützende Blütenkäppchen (Korolla) über den Stamen, Nektarien und Fruchtblättern (Karpellen) (Abb. 3) (CURRLE et al., 1983; BOSS et al., 2003; MAY, 2004; MULLINS et al., 2007).

Die Reihenfolge der Bildung der Blütenorgane lautet: Sepale, Petale, Stamen, Karpelle (MAY, 2004; MULLINS et al., 2007; LEBON et al., 2008). Sepale und Petale bilden zusammen die Blütenhülle und damit den sterilen Teil der Blüte (KELLER, 2015).

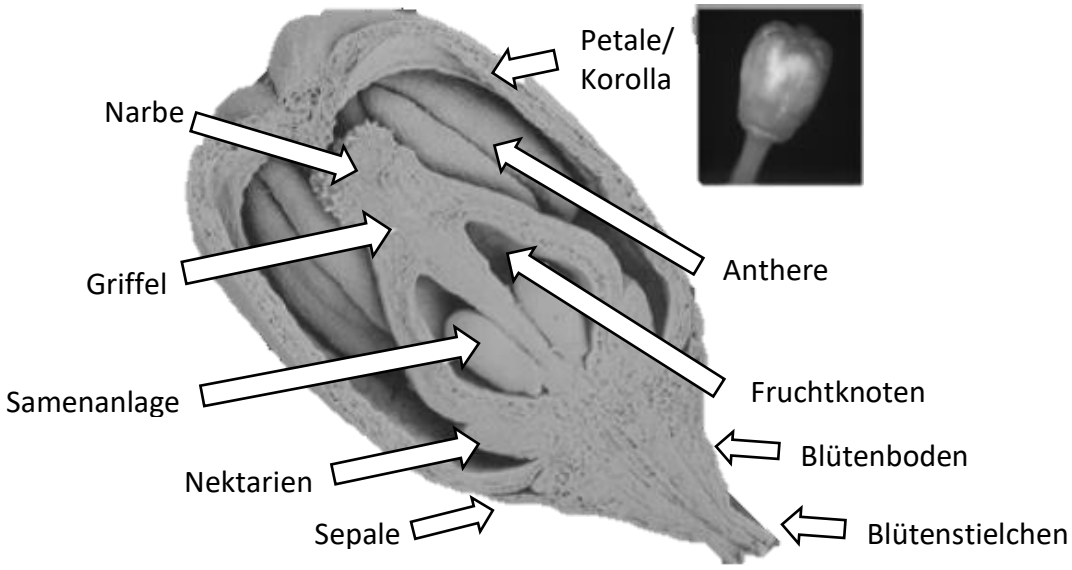


Abbildung 3: Längsschnitt durch die Blüte von *Vitis* vor Abwurf des Blütenkäppchens. Die Miniatur in der Ecke zeigt eine intakte Blüte mit gleichem Entwicklungsstand. (Quelle: BOSS et al., 2003)

Die beiden verwachsenen Karpelle bilden das Ovarium mit kleinem Griffel und Narbe. Ovarium, Griffel und Narbe bilden zusammen den weiblichen Teil der Blüte (Gynoecium), auch Stempel genannt (CURRLE et al., 1983; BOSS et al., 2003; MAY, 2004). Die beiden Karpelle bilden im Ovarium zwei Kammern, die durch das Septum getrennt werden (BOSS et al., 2003; MAY, 2004). Das Septum beschreibt die Schnittstelle der äußeren Epidermis der Karpelle in der Mitte des Ovariums. An dieser Stelle wird bei der Befruchtung der Keimschlauch in die Kammer eindringen. Die innere Epidermis der Karpelle bildet jeweils die Innenwand der Kammer (MAY, 2004). In jeder Kammer befinden sich an der Schnittstelle zwischen Septum und dem späterem Pericarp (BOSS et al., 2003) in der subepidermalen Schicht der Karpelle die Placenta (MAY, 2004), an der sich zwei anatrophe Samenanlagen bilden (BOSS et al., 2003; MAY, 2004). Die Samenanlagen bestehen aus Nucellus, innerem Integument, äußerem Integument und Samenstrang (Funiculus) (CURRLE et al., 1983; MULLINS et al., 2007). Der Funiculus verbindet das äußere Integument mit der Placenta, das innere Integument umgibt den Nucellus, in dessen Inneren sich der Embyrosack befindet. Im Inneren des Embyrosacks befindet sich die haploide Eizelle und die diploide Polarzelle (MAY, 2004; MULLINS et al., 2007). Das Ovarium bildet später das Fruchtfleisch, aus den Samenanlagen entstehen die Traubenkerne (MAY, 2004). Die Nektarien bilden eine Platte an der Basis des Ovariums (BOSS et al., 2003). Die eigentliche Aufgabe der

Nektarien ist es, die Duftstoffe der Blüte zu produzieren. Ihre Funktion bei *Vitis* ist umstritten (MULLINS et al., 2007).

Die Stamen bilden den männlichen Teil der Blüte (Androecium). Jedes der fünf Stamen besteht aus einem Staubfaden (Filament), an dessen Ende ein aus vier Kammern (Pollensäcken) bestehender Staubbeutel (Anthere) sitzt (MAY, 2004). In den Antheren entwickeln sich durch Meiose aus den Tetraden (Pollenmutterzellen) jeweils vier kugelige und gefurchte Pollenkörner (CURRLE et al., 1983; MAY, 2004; MULLINS et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2009). Insgesamt befinden sich in einem Pollensack über 1000 Pollenkörner (MAY, 2004; KELLER, 2015). Die Pollenkörner bestehen aus einem Protoplasten mit haploidem Zellkern, Zellorganellen und Reservestoffen umgeben von einer vierschichtigen Wand. Die aus der innenliegenden Intine und dreischichtiger Extine bestehende Zellwand ist von drei Keimporen unterbrochen durch die der Keimschlauch aus dem Pollenkorn austritt (CURRLE et al., 1983; MULLINS et al., 2007). Weibliche Blüten besitzen colporate Pollenkörner, das bedeutet die Pollenkörner besitzen keine Keimporen und können keinen Keimschlauch bilden. (CURRLE et al., 1983).

Die meisten kultivierten Sorten von *Vitis* sind zwittrig (Abb. 4 A), während die Wildformen zumeist entweder männlich oder weiblich (=Zweihäusig) sind (Abb. 4 C und D). Es treten auch zahlreiche Zwischenformen auf (Abb. 4 B) (CURRLE et al., 1983; BOSS et al., 2003; MAY, 2004; MULLINS et al., 2007; KELLER, 2015). Die männlichen oder weiblichen Blüten besitzen häufig noch rudimentäre Geschlechtsorgane des jeweils anderen Geschlechts. Die weibliche Form von

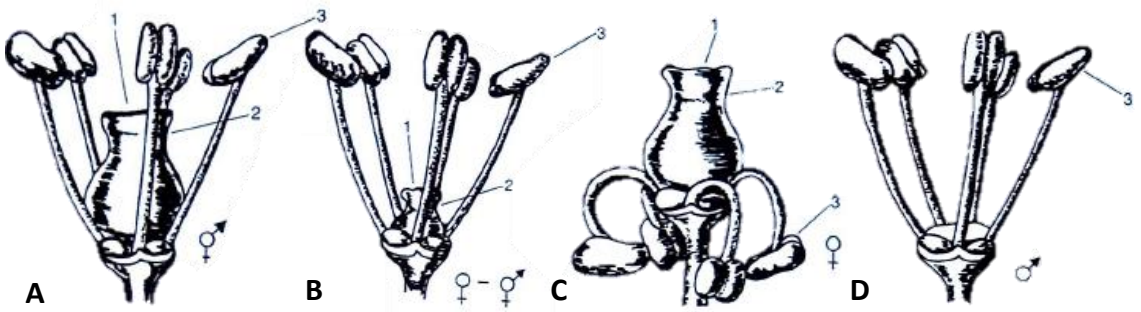


Abbildung 4: Verschiedene Formen der Blüte von *Vitis*, nach Abwurf der Korolla. (A) Perfekte Zwittrig. (B) Zwittrig mit schwach ausgeprägtem Stempel. (C) Weiblich mit zurückgebogenen Stamen. (D) Männlich, ohne Stempel. 1, Narbe; 2, Fruchtknoten; 3, Antheren. (Quelle: MÜLLER et al. (2008))

Vitis riparia MICHAUX besitzt beispielsweise einen voll ausgebildeten Stempel und zurückgebogene Stamen mit unfruchtbaren Pollenkörnern, während die männliche Form von *Vitis riparia* MICHAUX aufgerichtete Stamen mit funktionstüchtigen Pollenkörnern besitzt, aber den Stempel nach einer gewissen Zeit der Entwicklung abstößt (BOSS et al., 2003).

Das Aufblühen beginnt mit dem Abwurf der Korolla und dem damit einhergehenden Freilegen von Gynoecium und Androecium. Die Petale lösen sich dabei zuerst an der Basis ab, trennen sich dann entlang ihrer Ränder voneinander und rollen sich ein (BOSS et al., 2003; MAY, 2004; MULLINS et al., 2007; MÜLLER et al., 2008).

2.2.2 Physiologie

In den folgenden Kapiteln wird der Ablauf der Entwicklung der Rebe beschrieben. Es wird zunächst der Wachstumszyklus betrachtet, ehe genauer auf das vegetative und das reproduktive Wachstum eingegangen wird. Da das Hauptthema dieser Arbeit die Blüte und damit das reproduktive Wachstum darstellt wird dieses genauer betrachtet, während das vegetative Wachstum nur der Vollständigkeit halber angerissen wird.

2.2.2.1 Wachstumszyklus

Der Wachstumszyklus der Rebe ist Jahresperiodisch (CURRLE et al., 1983) und dauert zwei Jahre (KELLER, 2015). Das vegetative und das reproduktive Wachstum laufen hierbei parallel ab. Der Wachstumsprozess wird nicht nur von der Tageslänge und der Temperatur beeinflusst, sondern auch von Nährstoffangebot, Erziehungssystem, Schädlingsbefall und weinbaulichen Eingriffen (CURRLE et al., 1983; KELLER, 2015). Als für den Austrieb relevantestes Kriterium wird die Lufttemperatur angesehen (CURRLE et al., 1983). Es gilt, dass höhere Temperaturen das Wachstum der Rebe fördern (KELLER, 2015).

2.2.2.2 Vegetatives Wachstum

Der vegetative Wachstumszyklus beginnt im Vorjahr des Austriebs, des betrachteten Triebes mit der Bildung der Knospen und ihren Anlagen. Während sich ein Trieb entwickelt werden in den Blattachseln Knospen gebildet, sowohl Sommerknospen als

auch Winterknospen. Die Sommerknospen besitzen die Möglichkeit im gleichen Jahr noch als Geiztriebe auszutreiben, während die Winteraugen erst im Folgejahr zum Austrieb bereit sind. Sie bilden die Grundlage des Wachstums des nächstjährigen Triebes. Nachdem die Knospen voll ausgebildet sind und alle Anlagen für das Folgejahr gebildet sind fallen die Knospen Ende des Sommers in die Winterruhe (KELLER, 2015).

Das vegetative Wachstum der Winterknospen beginnt im darauffolgenden Frühjahr mit der Mobilisierung von Reservestoffen aus dem Holz und den Wurzeln (CURRLE et al., 1983; KELLER, 2015). Einen Monat darauf beginnt die Rebe zu bluten, das bedeutet Xylemsaft tritt durch nicht suberinisierte Stellen und Wunden aus dem Trieb aus (KELLER, 2015). Darauf folgt das hormoninduzierte Knospenschwellen und die damit einhergehende Zellteilung in der Knospe. Ein bis drei Wochen später markiert der Austrieb den Beginn des Triebwachstums. Die im Vorjahr gebildeten Anlagen entwickeln sich zu Blättern, Infloreszenzen oder Ranken. Die neu gebildeten Blätter beginnen nun ebenfalls Energie zum Wachstum beizusteuern. In den Achseln der Blätter bilden sich gleichzeitig Sommerknospen und Winterknospen, letztere sichern den Neubeginn des Zyklus im Folgejahr (KELLER, 2015). Mit sinkender Tageslänge und Temperatur beginnen die Triebe sich auf die Winterruhe vorzubereiten. Das apikale Triebmeristem, das für das Längenwachstum der Rebe verantwortlich ist, stirbt ab und die Holzausreife beginnt. Die Winteraugen beginnen bereits mit dem Abnehmen des Treibwachstums ihre Austriebsbereitschaft zu verlieren und in die Winterruhe zu fallen, während der Stamm und die Triebe hierfür den ersten Winterfrost brauchen. Nach dem ersten Frost beginnt der Blattfall (KELLER, 2015).

2.2.2.3 Generatives Wachstum

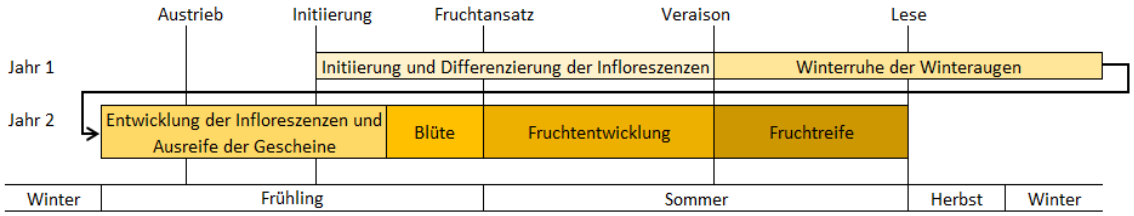


Abbildung 5: Schematische Darstellung des generativen Wachstums von *Vitis* über zwei Jahre. (Quelle: Eigene Darstellung nach VASCONCELOS et al. (2009))

Das generative Wachstum erstreckt sich genau wie das vegetative Wachstum über zwei Jahre und bezeichnet hauptsächlich die Formation von Blüten (Abb. 5) (VASCONCELOS et al., 2009; LEBON et al., 2008; KELLER, 2015).

Das erste Jahr des Blühprozesses lässt sich in drei Schritte unterteilen: Die Formation der Anlagen im Winterauge, die Differenzierung der Anlagen zu Infloreszenz Primordien und die Differenzierung der Infloreszenz Primordien zu Blüten. Nachdem das apikale Meristem des Triebes im Winterauge drei bis fünf Blattprimordien gebildet hat, wird das erste laterale Meristem gebildet, die Anlage. Sie befindet sich gegenüber des jüngsten Blattes und ist kegelförmig (VASCONCELOS et al., 2009; LEBON et al., 2008). Je nach Rebsorte und Umweltbedingungen, werden sich die ersten ein bis drei Anlagen in den Winteraugen wiederholt verzweigen und somit Infloreszenz Primordien bilden (BOSS et al., 2003; VASCONCELOS et al., 2009). Der Zeitpunkt der Infloreszenz Primordien Differenzierung geht mit dem Zeitpunkt des maximalen Triebwachstums einher. Die Differenzierung der Infloreszenz Primordien beginnt mit der Bildung der Braktee. Darauf folgt die Spaltung in zwei ungleiche Arme (innere und äußere Achse). Diese zweigeteilten Anlagen haben nun noch die Möglichkeit sich in Ranken, Infloreszenzen oder Triebe zu entwickeln. Infloreszenz Primordien verzweigen sich weiter mehrfach. Die Stärke der Verzweigung nimmt mit größerer Entfernung von der Triebachse ab, was zu der klassischen Rispenform der Infloreszenz führt. Nachdem ein bis drei Infloreszenz Primordien gebildet wurden fällt das Winterauge in die Winterruhe (VASCONCELOS et al., 2009; BOSS et al., 2003; LEBON et al., 2008).

Etwa eine Woche vor dem Austrieb im Folgejahr nehmen die lateralen Meristeme in den Winteraugen die Aktivität wieder auf. Es werden Blütenvorstufen und einzelne

Blütenteile gebildet (VASCONCELOS et al., 2009; LEBON et al., 2008). Die genaue Bildung und der Aufbau der Blüte ist in Kapitel 2.2.1.3 Die Morphologie der Blüte beschrieben.

Das Aufblühen der Rebe folgt in Mitteleuropa einem Tagesrythmus mit Blühphasen beginnend zwischen 6:00 Uhr und 8:00 Uhr am Morgen bis etwa 10:00 Uhr. Zwischen 10:00 Uhr und 12:00 Uhr verlangsamt sie sich stetig und pausiert über die Mittagszeit bis etwa 15:00 Uhr. Zwischen etwa 15:00 Uhr und 16:00 Uhr gibt es noch einmal eine kurze Blühphase, während der Nacht blüht die Rebe nicht auf. Die Tagestemperatur beeinflusst die Blühintensität des Folgetages, die höchste Blührate wurde bei 25°C bis 35 °C beobachtet (VASCONCELOS et al., 2009).

Das Aufblühen beginnt mit dem Abwurf des Blütenkäppchens und der damit einhergehenden Freisetzung von Gynoecium und Androecium (Abb. 6). Für die Freisetzung der Pollen aus dem Pollensack werden eine bis 60 Minuten benötigt. Durch einen Abfall des Wasserdrucks in den Antheren werden die Pollensäcke geöffnet und die Pollen freigesetzt. Nachdem die rauen Pollenkörner auf der klebrigen Narbe anhaften beginnen Sie anzuschwellen. Der Keimschlauch des Pollens wächst immer weg vom Sauerstoff, der Feuchtigkeit entgegen. Daher wächst er durch den Griffel hinab und dringt über das Stigma zuerst in die Kammer, dann in den Nucellus und dann in den Embyrosack ein. Der Kontakt zu der zuckerhaltigen Flüssigkeit im Griffel löst die Keimung des Nucellus im Pollenkorn aus. Sobald der Keimschlauch das Ovarium erreicht hat wandert der Nucellus des Pollenkorns durch den Keimschlauch in Richtung Ovarium und befruchtet dort die Eizelle. Die befruchtete Eizelle bildet den Embryo. In jedem Stempel befinden sich vier Kammern mit Embryos, die von vier Pollenkörnern befruchtet werden

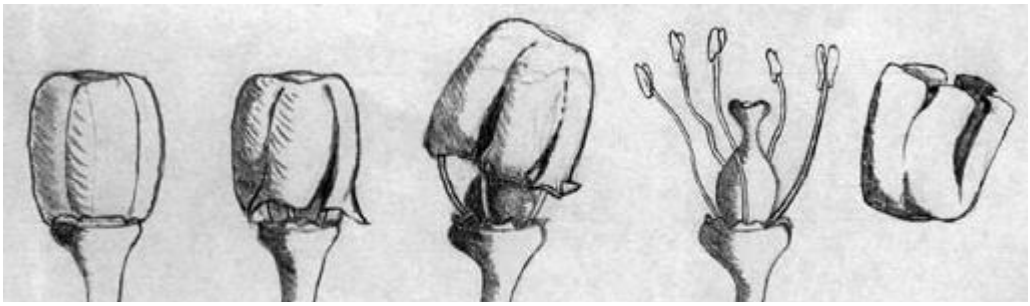


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Abwurfs des Blütenkäppchens von der geschlossenen Blüte (links) bis zur Freisetzung von Gynoecium und Androecium (rechts). (Quelle: VASCONCELOS et al., 2009)

können und damit vier Kerne bilden können. Die Befruchtung benötigt vom Anhaften des Pollenkorns an der Narbe an zwei bis drei Tage und ermöglicht die weitere Beerenentwicklung. Die Wand des Ovariums entwickelt sich zu Beerenhaut und Fruchtfleisch (VASCONCELOS et al., 2009; KELLER, 2015).

Die Fruchtbarkeit der Winteraugen steigt entlang der Rute erst an und verringert sich gegen Ende des Triebes wieder. Die Fruchtbarkeit der Winteraugen wird beeinflusst vom Durchmesser der Rute, der Wüchsigkeit und den Umweltbedingungen wie Licht, Temperatur und Wasserhaushalt (VASCONCELOS et al., 2009).

2.3 Temperatursummenmodelle

Die Lehre der Phänologie beschäftigt sich primär damit zu bestimmen, an welchem Punkt des Jahreszeitenzyklus bestimmte Entwicklungsstadien einer Spezies vorkommen und von welchen Parametern diese Entwicklung abhängt. Das Wissen um die Entwicklungszyklen von Kulturpflanzen kann für verschiedene Aspekte der Optimierung von Kulturanlagen verwendet werden. Bei *Vitis* kann dieses Wissen beispielsweise verwendet werden um die Rebsortenwahl, das Erziehungssystem, die Planung der Weinbergsarbeiten (insbesondere Pflanzenschutzanwendungen) und die Unterlagenwahl zu optimieren (KELLER, 2015). Parameter, die die Entwicklung der Rebe beeinflussen sind zum Beispiel die Tageslänge, genauer Menge und Intensität der Sonneneinstrahlung, die Wasserversorgung, die Nährstoffversorgung, Stresssituationen zum Beispiel durch Schädlingsbefall und die Temperatur (MOLITOR et al., 2014; KELLER, 2015). Sofern die Rebe ausreichend mit Wasser, Nährstoffen und Sonneneinstrahlung versorgt ist, ist die Temperatur der Parameter, der die phänologische Entwicklung hauptsächlich steuert (MOLITOR et al., 2014). Es gilt, dass höhere Temperaturen die Entwicklung beschleunigen. Bei Betrachtung des Klimawandels hinsichtlich dieses Faktes wird deutlich, dass die steigenden Temperaturen die Entwicklung nicht nur verfrühen, sondern auch beschleunigen (KELLER, 2015). Die Temperatur in Luft und Boden bestimmt nicht nur den Beginn der Vegetation im Frühjahr (KELLER, 2015), sondern auch die Anzahl an Blüten pro Infloreszenz (DUNN und MARTIN, 2000; PETRIE und CLINGELEFFER, 2005), die

Befruchtungsrate der Blüten (EBADI et al., 1995) und den Zeitpunkt des Aufblühens (HORNEY, 1966; PEYER und KOBLET, 1966; BUTTROSE und HALE, 1973; PARKER et al., 2011; MOLITOR et al., 2014; SCHWANDNER et al., 2019). Die Temperatur spielt demnach auch im Zusammenhang mit der Erntemenge eine elementare Rolle.

In Regionen mit kühlem bzw. moderatem Klima genügen Tagesmitteltemperaturen von 8 – 10 °C aus, um den Austrieb und die vegetative Entwicklung der Rebe auszulösen. Die exakte Mindesttemperatur, die die Rebe benötigt um auszutreiben, ist von Art zu Art und von Rebsorte zu Rebsorte unterschiedlich. Je höher die Mindesttemperatur einer Art oder Rebsorte ist, desto später tritt der Austrieb ein (KELLER, 2015). Eine kleiner Überblick der Austriebszeitpunkte verschiedener *Vitis* Spezies und *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten ist beispielhaft in Abb. 7 dargestellt.

Die hohe Relevanz der Temperatur gegenüber der Entwicklung von *Vitis* und speziell

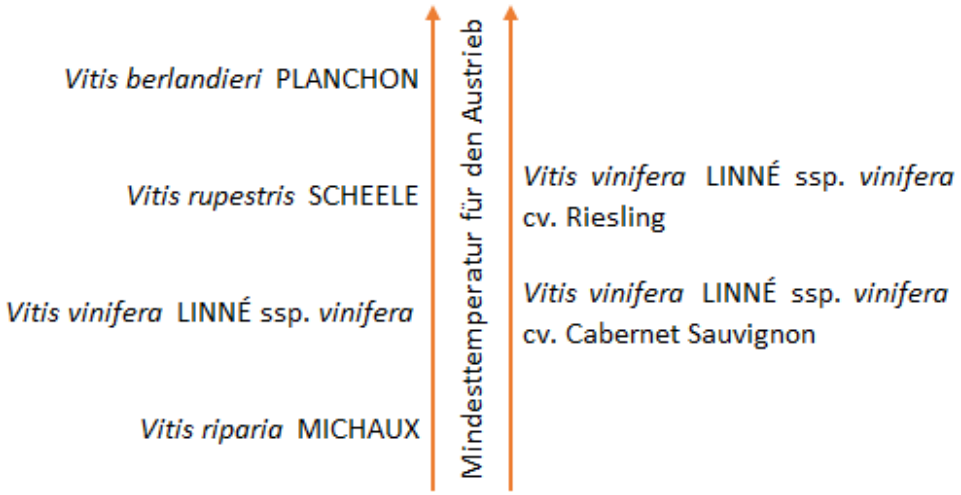


Abbildung 7: Schematische Einordnung der Mindesttemperatur für den Austrieb verschiedener *Vitis* Spezies (links) und *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten (rechts) (Quelle: Eigene Darstellung nach KELLER (2015)).

gegenüber der Blüte von *Vitis* legt nahe einen Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Zeitpunkt der Blüte herzustellen um diese möglichst genau voraussagen zu können (HORNEY, 1966; PEYER und KOBLET, 1966; BUTTROSE und HALE, 1973; PARKER et al., 2011).

Der klassische Ansatz eines Temperatursummenmodells sieht vor, die Tagestemperatur (Tagesmittel - oder Tageshöchsttemperatur) oberhalb einer Mindesttemperatur von

einem bestimmten Zeitpunkt an aufzusummieren (HORNEY, 1966; PEYER und KOBLET, 1966; BUTTROSE und HALE, 1973; MOLITOR et al., 2014), um anhand der Temperatursumme dann bestimmte phänologische Stadien vorhersagen zu können. Diese Modelle werden nicht nur für die Vorhersage der phänologischen Entwicklung angewandt (MOLITOR et al., 2014), sondern auch für die Prognose der Entwicklung bestimmter Schädlinge, wie zum Beispiel dem bekreuzten Traubenwickler *Lobesia botrana* (HGU, 2019a). Mit den Parametern Mindesttemperatur (T_0), Startzeitpunkt der Summierung (t_0) und der Möglichkeit verschiedene Tagestemperaturen zu verwenden (T_{mittel}, T_{mittag}, T_{max}) ergeben sich bereits diverse Ansätze, um die Temperatursumme zu errechnen. Die Mindesttemperatur (T_0) variiert je nach Ansatz zwischen 0 °C (PARKER et al., 2011; HGU, 2019a) und 10 °C (HORNEY, 1966; WILLIAMS et al., 1985), vereinzelt werden sogar höhere Temperaturen angenommen (15 °C) (PEYER und KOBLET, 1966). Der Startzeitpunkt (t_0) variiert je nach Modell zwischen festgelegten Terminen (z.B. 01. Januar (HORNEY, 1966), 20. Februar (WILLIAMS et al., 1985), 01. März (HGU, 2019a), 60ter Tag des Jahres (PARKER et al., 2011)), witterungsbedingten Terminen (z.B. wenn der Boden in 50 – 100 cm Tiefe nicht mehr gefriert (HORNEY, 1966)) oder der phänologischen Entwicklung (z.B. Zeitpunkt des Austriebs (PEYER und KOBLET, 1966; BUTTROSE und HALE, 1973; MOLITOR et al., 2014) oder Beginn der Vegetation (Bluten der Reben) (HORNEY, 1966)). Die betrachteten Tagestemperaturen reichen von der Tageshöchsttemperatur (T_{max}) (HGU, 2019a) über die Mittagstemperatur (T_{mittag}) (PEYER und KOBLET, 1966) bis hin zur meist verwendeten, der Tagesmitteltemperatur (T_{mittel}) (HORNEY, 1966; WILLIAMS et al., 1985; PARKER et al., 2011; MOLITOR et al., 2014).

Einzelne Modelle sind direkt auf spezielle Regionen (PEYER und KOBLET, 1966) oder Rebsorten (MOLITOR et al., 2014) angepasst. MOLITOR et al. (2014) erweiterte sein Modell noch durch eine Höchsttemperatur (Temperatur Optimum für die phänologische Entwicklung von *Vitis* (T_1)) und einen Hitzewert (T_2), ab dem der Temperatursumme wieder ein bestimmter Wert abgezogen werden muss, da ab einer gewissen Temperatur die Entwicklung von *Vitis* stagniert.

3 Material und Methoden

Im Folgenden werden zunächst die allgemein verwendeten Materialien beschrieben, ehe die Verwendung dieser im Kapitel 3.2 Versuchsaufbau und – durchführung erklärt wird.

3.1 Allgemein verwendete Materialien

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Materialien, die verwendet wurden, um den Versuch durchzuführen. Dazu gehören die betrachteten *Vitis* Spezies, die Wetterstation zur Messung der Wetterdaten, der Standort, auf dem die betrachteten *Vitis* Spezies stehen, die Bonitursskala, die verwendeten Temperatursummenmodelle und das Modell zur statistischen Auswertung.

3.1.1 Die betrachteten *Vitis* Spezies/ Rebsorten/ Unterlagen

Im folgenden Kapitel wird ein Überblick über die in der Studie betrachteten *Vitis* Spezies, Rebsorten und Unterlagsreben gegeben.

3.1.1.1 *Vitis berlandieri* PLANCHON

Vitis berlandieri PLANCHON, 1880 beschrieben durch den Weinbauwissenschaftler Planchon und benannt nach dem Schweizer Botaniker Berlandier, ist eine aus dem Osten Nordamerikas stammende Wildart (MULLINS et al., 2007; AMBROSI et al., 2011). *Vitis berlandieri* PLANCHON ist vor allem an den Ufern von Flüssen, aber auch auf trockenen, kalkhaltigen Hängen zu finden (AMBROSI et al., 2011) und wird taxonomisch eingeordnet in die Untergattung der Cinereae (MULLINS et al., 2007). Sie ist eine der wenigen amerikanischen *Vitis* Spezies, die eine gute Toleranz gegenüber Kalk und Salz aufweist und durch ihr tiefes Wurzelwerk ist sie relativ trockentolerant. Der Austrieb ist bei *Vitis berlandieri* PLANCHON deutlich später als bei anderen amerikanischen Spezies, wodurch auch die Holzreife erst spät einsetzt (KELLER, 2015). Die Blüte ist zumeist zweihäusig (AMBROSI et al., 2011). Die Wildart ist tolerant gegenüber der Wurzelreblaus und widerstandsfähig gegenüber dem echten und dem falschen Mehltau. Durch die hohe Reblaus - und Kalktoleranz spielt sie eine große Rolle in der Unterlagenzüchtung,

durch ihre schlechte Bewurzelbarkeit werden reine *Vitis berlandieri* - Selektionen nicht in nennenswertem Maß verwendet (AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015). *Vitis berlandieri* PLANCHON ist im Stammbaum vieler relevanter Unterlagssorten zu finden, zum Beispiel in Gravesac, Selektion Oppenheim Nummer (Nr.) 4 (SO4), Kober 5 BB, 5C Geisenheim, Kober 125 AA, Fercal, 161 - 49 Couderc, Binova, Richter 110, 1103 Paulsen, 140 Ruggieri (SCHMID et al., 2009). Zur Weinherstellung wird die Art auf Grund der geringen Qualität der Erzeugnisse nicht verwendet (AMBROSI et al., 2011).

In dieser Studie werden vier verschiedene *Vitis berlandieri* PLANCHON Selektionen betrachtet. Zwei aus der Region Barton Creek und zwei aus der Region Crumley Ranch, jeweils eine männliche und eine weibliche.

3.1.1.2 *Vitis riparia* MICHAUX

Vitis riparia MICHAUX, oder auch „die Uferrebe“, hat ihren Ursprung in Nordamerika (AMBROSI et al., 2011) und gehört taxonomisch zu den Ripariae (MULLINS et al., 2007). Sie ist die in Amerika am weitesten verbreitete Art. Ihr Verbreitungsgebiet erstreckt sich von Kanada bis nach Texas und vom Atlantik bis zu den Rocky Mountains (KELLER, 2015). Die Art weist eine gute Widerstandsfähigkeit gegen die Wurzelreblaus, den echten sowie den falschen Mehltau und eine gute Frostresistenz bis unter - 40°C auf. Die Bewurzelung ist durch die Anpassung an die feuchten, fruchtbaren Böden an Flussufern flach, wodurch die Toleranz gegenüber Trockenheit gering ausfällt. Auch kalkhaltige Böden verträgt *Vitis riparia* MICHAUX nicht (AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015). Die Blüte ist zweihäusig (AMBROSI et al., 2011) und der Austrieb ist der früheste unter den amerikanischen Spezies, dadurch reift die Frucht früh aus und auch die Holzreife setzt früh ein (KELLER, 2015). Die Trauben werden auf Grund ihrer geringen Qualität nicht zur Weinherstellung verwendet (AMBROSI et al., 2011). Durch die gute Bewurzelbarkeit und die Reblausfestigkeit der Art wurden *Vitis riparia* MICHAUX Selektionen mit als Erste als Unterlagsreben verwendet, die geringe Kalktoleranz verhinderte die großflächige Verwendung (AMBROSI et al., 2011). In vielen Unterlagenkreuzungen spielt *Vitis riparia* MICHAUX eine große Rolle, so beispielsweise auch in SO4, Kober 5 BB, Kober 125 AA, 161 - 49 Couderc, Sori, Börner und Millardet et de Grasset 101 - 14 (101 – 14 MGT) (SCHMID et al., 2009). Auf Grund der guten Frostresistenz der aus Kanada stammenden

Spezies gibt es in Amerika Versuche der Nutzung von *Vitis riparia* MICHAUX zur Edelreiszüchtung (AMBROSI et al., 2011).

In dieser Studie werden zwei verschiedene *Vitis riparia* MICHAUX Rebsorten betrachtet, eine männliche (*Vitis riparia* MICHAUX cultivar (cv.) Geisenheim (bei Rebsorten – und Klonbezeichnungen im Folgenden abgekürzt als Gm) 80) und eine weibliche (*Vitis riparia* MICHAUX cv. Gm 78).

3.1.1.3 *Vitis rupestris* SCHEELE

Vitis rupestris SCHEELE, auch bekannt als die „Felsenrebe“ (AMBROSI et al., 2011), wird taxonomisch den Ripariae zugeordnet (MULLINS et al., 2007). Die ursprünglich in Nordwest - Texas, Tennessee, Kentucky, Illinois, Missouri, Kansas, Neumexiko, Oklahoma und Mississippi beheimatete Art hat einen buschigen Wuchs und klettert nicht (AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015). Die Blätter von *Vitis rupestris* SCHEELE sind glänzend und reflektieren die heiße Mittagssonne ihrer baumlosen Heimat. Die *Vitis rupestris* SCHEELE Rebsorte „Rupestris du Lot“ zählt zu den bedeutendsten Unterlagsreben in Frankreich und Amerika. Auch in der Unterlagen - und Edelreiszüchtung spielt sie eine große Rolle (AMBROSI et al., 2011). Die tiefwurzelnde Art hat eine gute Widerstandsfähigkeit gegen die Wurzelreblaus und gute Resistenz gegenüber echtem und falschem Mehltau, die Kalk - und Frosttoleranz ist gering (AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015). Neben der reinen Rupestris - Unterlage „Rupestris du Lot“ findet sich *Vitis rupestris* SCHEELE zum Beispiel in den Rebunterlagen 101 – 14 MGT, 3309 Couderc, Richter 110 und 1103 Paulsen (SCHMID et al., 2009).

In dieser Studie werden zwei verschiedene *Vitis rupestris* SCHEELE Rebsorten betrachtet, eine männliche (*Vitis rupestris* SCHEELE cv. du Lot) und eine weibliche (*Vitis rupestris* SCHEELE cv. Sämling).

3.1.1.4 *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN

Diese Art ist beheimatet im Gebiet von Zentralasien bis in den Mittelmeerraum, speziell in europäischen Küstengebieten (BORNICE, 2015; KELLER, 2015). Gmelin klassifizierte 1805 die Wildform aus dem Rheintal als eigene Spezies, Taxonomen sind sich bis heute nicht einig, ob die Art als Subspezies von *Vitis vinifera* LINNÉ einzuordnen ist, oder eine

eigene *Vitis* Spezies darstellt (MULLINS et al., 2007; KELLER, 2015). Sie unterscheidet sich von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* nur in der Blütenphysiologie. *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* ist zwittrig, während *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN zweihäusig ist (ARNOLD et al., 2005; MULLINS et al., 2007; BORNICE, 2015). Die beiden Spezies lassen sich problemlos kreuzen. Genetisch unterscheidet sich die Kulturform *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* von der Wildform *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN auch in der Samen Morphologie (KELLER, 2015). Die Wildform ist in Europa selten geworden und wird in einigen Ländern als gefährdet eingestuft. Grund dafür sind die Zerstörung der natürlichen Lebensräume der Art und ihre Anfälligkeit gegenüber der Wurzelreblaus, dem echten und dem falschen Mehltau. Die Wildform gilt als resistent gegenüber der Reisigkrankheit und dem Blattrollvirus. Ursprünglich beheimatet ist die Art in feuchten Waldregionen (Waldrebe), das Überleben der restlichen *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN Bestände wird durch die hohe Feuchtigkeit der Böden und das periodische Überfluten der Lebensräume erklärt, da dies die Bestände vor der Wurzelreblaus schützt (ARNOLD et al., 2005; KELLER, 2015).

In dieser Studie werden zwei Rebsorten der Art betrachtet, eine männliche (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN cv. Ketsch Nr. 6) und eine weibliche (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN cv. Ketsch Nr. 34).

3.1.1.5 *Vitis champinii* PLANCHON

Es wird angenommen, dass *Vitis champinii* PLANCHON ein natürlich vorkommender Hybrid von *Vitis candicans* ENGELMANN und *Vitis rupestris* SCHEELE ist. Beheimatet ist die Art im Süden der United States of America (USA), speziell in Texas, wo die Lebensräume der beiden Eltern - Spezies überlappen. (LOWE und WALKER, 2006). Taxonomisch eingeordnet wird die Art in die Gruppe der Candicansae (MULLINS et al., 2007). Selektionen der Art und auch Kreuzungen werden als Unterlagsreben verwendet. Beispielsweise Ramsey (alias Salt Creek) (LOWE und WALKER, 2006), Harmony und Freedom (SCHMID et al., 2009). *Vitis champinii* PLANCHON ist Resistent gegenüber der Wurzelreblaus und weist eine starke Resistenz gegenüber Nematoden auf (LOWE und WALKER, 2006; KELLER, 2015; CARROLL, 2017).

In dieser Studie werden zwei Selektionen der Art betrachtet, eine männliche und eine weibliche aus dem Gebiet Dawn View.

3.1.1.6 *Vitis labrusca* LINNÉ

Diese amerikanische Wildart wurde bereits im Jahre 1763 von Linné beschrieben und ist damit die am längsten bekannte amerikanische Wildform (AMBROSI et al., 2011). Taxonomisch wird sie eingeordnet in die Gruppe der Labruscae (MULLINS et al., 2007) und ist im Osten der USA von Kanada bis Georgia beheimatet, mit Indiana als westliche Grenze. Die Art ist sehr wüchsig und bewurzelt gut. Einige Rebsorten von *Vitis labrusca* LINNÉ werden zur Marmeladen - und Saft Produktion genutzt (z.B. Concord) und einige als Tafel - und Weintrauben (z.B. Isabella). Der sensorisch auffällige Foxton der Art verlieh ihr den Beinamen „Fuchstraube“ (AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015) und ist charakteristisch für den in Österreich angebauten „Uhudler“. Ein Wein aus Direktträgern und primär aus Sorten der Art *Vitis labrusca* LINNÉ (HARTL, 2009). Die Spezies zeigt eine gute Resistenz gegenüber Frost und dem echten Mehltau, während die Resistenz gegen falschen Mehltau nur mittel und die Resistenz gegen Reblaus und Kalk nur gering ausfällt (AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015). *Vitis labrusca* LINNÉ wurde auch für die Unterlagenzüchtung verwendet und ist beispielsweise Teil des Stammbaumes der Unterlagsrebsorte 1613 C (SCHMID et al., 2009).

In dieser Studie wird die Rebsorte *Vitis labrusca* LINNÉ cv. Isabella betrachtet.

3.1.1.7 *Vitis amurensis* RUPRECHT

Die aus nordost - China und Sibirien stammende (KELLER, 2015) Spezies wird von Einheimischen für die Marmeladen - und Saftproduktion verwendet (AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015). Auch der Anbau und die Selektion der Spezies wird bereits versuchsweise betrieben, dadurch ist sie die einzige asiatische Spezies mit einer gewissen wirtschaftlichen Bedeutung (AMBROSI et al., 2011). Die hohe Resistenz gegenüber dem falschen Mehltau, Winterfrost (AMBROSI et al., 2011) und Botrytis (KELLER, 2015) machen *Vitis amurensis* RUPRECHT für die Edelreiszüchtung interessant, die fehlende Resistenz gegenüber der Wurzelreblaus machen sie uninteressant für die Unterlagenzüchtung (AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015). Wie die meisten asiatischen

Spezies sind Austrieb und Blüte deutlich früher als bei z.B. *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*, was sie anfällig für Spätfrost macht (KELLER, 2015).

In dieser Studie wird die Rebsorte *Vitis amurensis* RUPRECHT cv. 1 Gm), veredelt auf der Unterlage Börner, betrachtet.

3.1.1.8 *Vitis armata* DIELS et GILG

Vitis armata DIELS et GILG, oder auch bekannt unter dem Namen *Vitis davidii* (ROMANET DU CAILLAUD) FOËX (JULIUS KÜHN-INSTITUT, 2019h) stammt aus dem subtropischen China und wächst primär in Flusstälern (KELLER, 2015). MULLINS et al. (2007) ordnet sie in die Gruppe der Spinosae ein. Die Spezies ist angepasst an warme, humide Bedingungen und ist resistent gegenüber dem echten Mehltau und Botrytis. Sie hat ihre Probleme mit Mehltau und Winterfrost (LIANG et al., 2013).

In dieser Studie wird nur eine Selektion von *Vitis armata* DIELS et GILG betrachtet.

3.1.1.9 *Vitis coignetiae* PULLIAT

Die 1880 von Madame Coignet nach Europa eingeführte Spezies hat große Ähnlichkeit mit *Vitis labrusca* LINNÉ (AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015). Während AMBROSI et al. (2011) die Trauben als „ eher ungenießbar“ und „im Geschmack fremd“ bezeichnet, werden sie in Japan (der Heimat der Spezies) zur Marmeladen - und Wein Produktion verwendet (KIMURA et al., 1997). Die Blüten der Spezies sind wie die meisten anderen *Vitis* Spezies zweihäusig, bei *Vitis coignetiae* PULLIAT wurde im Vergleich zu anderen *Vitis* Spezies eine niedrige Pollenbildung festgestellt (KIMURA et al., 1997). Die Blätter nehmen im Herbst eine Rotfärbung an, weshalb sie häufig als Zierrebe verwendet wir (AMBROSI et al., 2011). Gegenüber der Wurzelreblaus und dem echten Mehltau zeigt die Spezies keine Resistenz, aber eine gute Resistenz gegenüber falschem Mehltau und Winterfrost (AMBROSI et al., 2011).

In dieser Studie wird nur eine Selektion von *Vitis coignetiae* PULLIAT betrachtet.

3.1.1.10 *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*

Die bekannteste aller eurasischen *Vitis* Spezies ist wohl *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera,* auch bekannt als *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sativa*. Die zwittrigen oder teilweise physiologisch weiblichen Blüten der Spezies verliehen ihr den Status der Subspezies,

obwohl viele Taxonomen sich einig sind, dass die Subspezies eine von Menschenhand durchgeführte Selektion der bereits in Kapitel 2.1.2.4 beschriebenen Wildform *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN ist. Die in West Asien und Europa heimische Spezies wurde durch die Eiszeiten auf kleine Populationen im Bereich des Kaukasus, zwischen dem Schwarzen Meer und dem Kaspischen Meer und im Bereich des Mittelmeeres begrenzt. Aus diesen kleinen Populationen gingen nahezu alle Kulturrebsorten hervor, die der Mensch inzwischen in die ganze Welt getragen hat (KELLER, 2015). Die in dieser Studie betrachteten Rebsorten Weißer Riesling, Ruländer, Grüner Silvaner und Weißer Heunisch werden in den folgenden Absätzen kurz charakterisiert.

Vitis vinifera LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Riesling

Die Rebsorte Weißer Riesling ist die Kulturrebsorte mit der größten Bedeutung in Deutschland und ist auch in vielen anderen Ländern von großer Bedeutung, beispielsweise in Frankreich, Österreich, Tschechien, Norditalien, USA, Australien, Neuseeland und Südafrika (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011). Zum ersten Mal urkundlich erwähnt wurde der Riesling 1435 in Rüsselsheim, ab 1500 gehörte die Sorte zu den, von der Landesregierung empfohlenen Rebsorten für Mosel und Rhein, daher ist sie seither in diesen Regionen besonders verbreitet. Genetische Analysen ergaben, dass der Riesling eine natürliche Kreuzung von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Heunisch, *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* und *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Traminer ist, die vermutlich aus Wildbeständen am Oberrhein ausselektioniert wurde (AMBROSI et al., 2011). Durch die große Bedeutung des Riesling für den Rheingau wurde bereits kurz nach dem ersten Weltkrieg in Geisenheim mit der Klonselektion am Riesling begonnen. Riesling ist eine Rebsorte mit hoher Trockentoleranz und später Reife, daher ist sie gut geeignet für Steillagen und Gesteinsverwitterungsböden. Gegenüber dem Mikroklima der Lage ist sie anspruchsvoll (SCHMID et al., 2009). Der Austrieb ist als mittel bis spät einzuordnen und die als Blüte mittel. Der Beginn der Reife ist spät bis sehr spät zu erwarten, bei einer mittleren bis starken Wüchsigkeit des Rieslings. Gegenüber dem falschen Mehltau zeigt der Riesling nur eine geringe

Anfälligkeit, beim echten Mehltau und *Botrytis cinerea* ist die Anfälligkeit gering bis mittel. Besonders charakteristisch für den Riesling sind die hohen Mostsäuregehalte (BUNDESSORTENAMT, 2015).

In dieser Studie wird der Geisenheimer Klon *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Riesling 64 - 177 Gm betrachtet. Die Klongruppe 64 zeichnet sich besonders durch ihre erhöhte Bildung von Terpenen aus, was zu betont aromatischen und feinfruchtigen Weinen führt (SCHMID et al., 2009). Der Klon ist in der betrachteten Anlage auf die Unterlage Börner gepfropft.

Vitis vinifera LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Ruländer

Ruländer, oder auch Grauer Burgunder ist eine Mutation des Spätburgunder (Pinot Noir) (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011; BUNDESSORTENAMT, 2015) aus dem Burgund, die dort vom Menschen ausselektioniert wurde (SCHMID et al., 2009). Die aufrecht wachsende Rebsorte ist wenig anfällig gegenüber dem falschen Mehltau, gering bis mittel anfällig gegenüber dem echten Mehltau und mittel anfällig gegenüber *Botrytis cinerea* (BUNDESSORTENAMT, 2015). Aus dem Burgund kam sie 1375 nach Ungarn an den Plattensee und von dort aus ins Elsass und an den Kaiserstuhl (SCHMID et al., 2009). 1711 fand der Namensgeber Johann Seeger Ruland die Rebsorte in einem verwilderten Garten und erkannte ihr Potential. Heute ist Deutschland das bedeutendste Anbauland für Ruländer, aber auch in Frankreich, Österreich, Luxemburg, Tschechien, Ungarn, Norditalien, Neuseeland der Schweiz und dem Nordwesten der USA spielt die Rebsorte eine große Rolle (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011). Abgesehen von der grauroten Farbe der Beerenschale unterscheidet der Ruländer sich äußerlich nicht vom Spätburgunder (AMBROSI et al., 2011). Die mutationsfreudige Rebsorte zeigt häufig Mutationen der Beeren in Richtung Spätburgunder oder Weißer Burgunder, an ganzen Beeren, oder auch nur an Beerensegmenten. Genanalysen ergaben, dass der Stammbaum der Burgundersorten die Wildform *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* GMELIN und eine noch nicht identifizierte Kulturform umfasst (AMBROSI et al., 2011). Ruländer blüht früh bis mittel, obwohl der Knospenaufbruch mittel bis spät eingeordnet wird (BUNDESSORTENAMT, 2015).

In dieser Studie wird der Geisenheimer Klon *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Ruländer 2/ 26 Gm betrachtet, ein traditioneller Klon mit hohem Ertrag, hohen Mostgewichten und relativ hohem *Botrytis cinerea* Risiko (BUNDESSORTENAMT, 2015). In der betrachteten Anlage ist der Klon veredelt auf die Unterlage Börner.

Vitis vinifera LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Grüner Silvaner

Der Grüne Silvaner war früher weit verbreitet, hauptsächlich in Mitteleuropa. Heute ist er in Deutschland primär in Rheinhessen und Franken zu finden, spielt aber auch in Frankreich, der Schweiz, Kroatien, Ungarn und Italien eine Rolle, in Australien und Kalifornien ist er auch anzutreffen. Die ersten historischen Belege für grünen Silvaner finden sich in Castell (Franken) im Jahr 1659 (AMBROSI et al., 2011). Genetisch entstammt der Grüne Silvaner einer natürlichen Kreuzung aus Traminer und Österreichisch Weiß (AMBROSI et al., 2011; BUNDESSORTENAMT, 2015). Der Knospenaufbruch der Rebsorte ist als mittel einzuordnen, ebenso wie die Wüchsigkeit und der Zeitpunkt der Blüte, der Reifebeginn setzt mittel bis spät ein. Gegenüber dem falschen Mehltau und *Botrytis cinerea* liegt eine geringe bis mittlere Anfälligkeit vor, während die Anfälligkeit gegenüber dem echten Mehltau als mittel einzuordnen ist (BUNDESSORTENAMT, 2015).

In dieser Studie wird der Geisenheimer Klon *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Grüner Silvaner 1 Gm betrachtet, gepfropft auf die Unterlage Börner.

Vitis vinifera LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Heunisch

Der weiße Heunisch ist eine alte, früher in Mitteleuropa stark verbreitete Rebsorte (AMBROSI et al., 2011). Erstmals erwähnt im Jahre 1283 durch Philipe de Beaumanoir ist sie Teil des Stammbaumes vieler heute bedeutender Rebsorten (TÖPFER et al., 2011) wie zum Beispiel Chardonnay Blanc, Gamay Noir oder Weißer Riesling (MAUL et al., 2015). Im Mittelalter wurden die Ertragsrebsorten anhand ihrer zu erwartenden Weinqualität in zwei Gruppen unterteilt. *Vinum francicum* bezeichnet Reben mit wenig Ertrag und hoher Qualität, dieser Gruppe entstammt beispielsweise

der Traminer. Und *Vinum hunicum,* bezeichnend für Reben mit hohem Ertrag und geringer Qualität, dieser Gruppe entstammt der Heunisch (KELLER, 2015). Die Rebsorte wird von AMBROSI et al. (2011) als anspruchslos, stark wüchsig und robust mit hohem Ertrag und geringer Weinqualität bezeichnet. Der Austrieb ist spät, was ihn gegenüber Spätfrost unempfindlich macht (ANTES, 2019). Im Oberwallis wird die dort „Gouais blanc" genannte Rebsorte heute noch angebaut (MAURER, 2013).

In dieser Studie wird der Geisenheimer Klon *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Heunisch 6 Gm, gepfropft auf die Unterlage Kober 5 BB (Klon 13 - 3 Gm), betrachtet.

3.1.1.11 Unterlagsrebsorten

1868 wurde die Reblaus als zerstörerischer Schädling in französischen Weinbergen erstmals identifiziert. In den folgenden 15 Jahren sollte der aus Amerika eingeschleppte Schädling rund 800.000 Hektar (ha) Weinberge zerstören und sich in ganz Europa ausbreiten. In einer *Vitis* Sammlung in Bordeaux wurde kurze Zeit später festgestellt, dass einige der amerikanischen *Vitis* Spezies eine Resistenz gegenüber dem Schädling aufweisen. Die Idee, amerikanische Spezies als Unterlagsreben für europäische Rebsorten zu verwenden, um diese vor der Reblaus zu schützen wurde 1869 von Laliman zum ersten Mal geäußert (TÖPFER et al., 2011). Nachdem 1874 die ersten Schäden durch Reblausbefall auf deutschem Boden gesichtet wurden, wurde die Züchtung von Unterlagsreben zur Bekämpfung des Schädlings in Deutschland ebenfalls angetrieben und die Forschungsanstalt Geisenheim wurde 1879 mit der Veredelung heimischer Rebsorten auf amerikanische *Vitis* Spezies beauftragt (SCHMID et al., 2009). Auch die europäische *Vitis* Spezies, *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* fand Einzug in die Unterlagenzüchtung, Unterlagen mit *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* im Stammbaum behalten immer ein gewisses Reblaus - Restrisiko. Weitere relevante Aspekte der Unterlagenzüchtung sind neben der Reblausresistenz die Bewurzelbarkeit, die Veredlungsfähigkeit und die Standortanpassung (SCHMID et al., 2009). Auch der Einfluss der Unterlagsrebe auf die Reife der Trauben, die Wüchsigkeit des Edelreis und die Anfälligkeit gegenüber kalkhaltigen beziehungsweise salzhaltigen Böden, Trockenheit und Staunässe sind bedeutende Züchtungsziele in der Unterlagenzüchtung (KELLER, 2015). Die heute am häufigsten angebauten Unterlagsrebsorten entstammen

hauptsächlich Kreuzungen oder Selektionen aus den amerikanischen *Vitis* Spezies *Vitis berlandieri* PLANCHON, *Vitis rupestris* SCHEELE und *Vitis riparia* MICHAUX (TÖPFER et al., 2011; KELLER, 2015), und basieren auf der Selektions - und Kreuzungsarbeit von Georges Couderc, Franz Richter, Antonio Ruggeri, Frederico Paulsen, Sigmund Teleki, Franz Kober, Hermann Goethe und Carl Börner am Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts (SCHMID et al., 2009).

In den nächsten Absätzen werden die in dieser Studie betrachteten Unterlagsreben kurz charakterisiert.

Freedom

Die Unterlagsrebsorte „Freedom“ wurde an der California State University in Fresno Kalifornien gezüchtet und hat zwittrige Blüten (JULIUS KÜHN-INSTITUT, 2019c). Die direkten Eltern der Sorte sind Fresno 1613 - 59 und Dog Ridge 5 (GARRIS et al., 2009; JULIUS KÜHN-INSTITUT, 2019c). Fresno 1613 - 59 ist eine Kreuzung aus *Vitis solonis* und Othello ((*Vitis riparia* MICHAUX *x Vitis labrusca* LINNÉ) *x Vitis vinifera* LINNNÉ ssp. *vinifera*), Dog Ridge 5 ist eine Selektion aus *Vitis champinii* PLANCHON. Dadurch ergibt sich ein Mindestanteil von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* von $^{1}/_{16}$ in der Unterlagsrebe Freedom (GARRIS et al., 2009). Die Unterlagsrebe Freedom selbst ist sehr wüchsig (CARROLL, 2017), dem veredelten Edelreis gibt sich nur eine geringe Wüchsigkeit weiter (KELLER, 2015). Gegenüber Kalk, Trockenheit und Reblaus Befall ist die Sorte sensibel, während die Resistenz gegenüber Nematoden, *Agrobacterium vitis* (Mauke) und erhöhten Salzgehalten im Boden als hoch eingestuft wird. Bedeutsam für Unterlagsreben sind auch die Eigenschaften Bewurzelung und Veredelbarkeit, Freedom ist hier im mittleren Bereich einzuordnen (KELLER, 2015).

Salt Creek (Ramsey)

Salt Creek, besser bekannt unter dem Namen Ramsey wurde von dem privaten Züchter T.V. Munson in den USA selektioniert. Es ist eine Selektion der Spezies *Vitis champinii* PLANCHON, mit weiblichen Blüten (JULIUS KÜHN-INSTITUT, 2019f). Wie alle *Vitis champinii* PLANCHON basierten Unterlagen ist die Resistenz gegenüber

Nematoden hoch, ebenso wie die Wüchsigkeit des Edelreis (COUSINS, 2005; KELLER, 2015) und die Toleranz gegenüber salzigen und/ oder sandigen Böden (KELLER, 2015). Die Toleranz gegenüber der Reblaus ist laut KELLER (2015) gering, während BETTIGA et al. (2003) und COUSINS (2005) sie als hoch bezeichnen. Gegenüber Wurzelgallennematoden zeigt sich die Unterlage sehr resistent, gegenüber *Xiphinema index* wenig resistent (BETTIGA et al., 2003; COUSINS, 2005). Salzige Böden und Trockenheit sind für die Unterlage kein Problem, wie auch der Name Salt Creek erahnen lässt (COUSINS, 2005; KELLER, 2015). Schwierigkeiten hat die Unterlage mit *Agrobacterium vitis* (Mauke), sauren Böden, kalkhaltigen Böden und auch Veredelbarkeit und Bewurzelung werden als gering eingestuft (KELLER, 2015).

Harmony

Die Unterlage Harmony ist eng verwandt mit der Unterlage Freedom (GARRIS et al., 2009). Die Züchter H. John Weinberger und F.N. Harmon züchteten Sie 1955 aus den Eltern Fresno Seedling 39 (Couderc 1613 open pollination (O.P.)) und Fresno Seedling 5 (Dog Ridge O.P.) (JULIUS KÜHN-INSTITUT, 2019d). Fresno Seedling 39 ist eine weitere Selektion der Sorte Couderc 1613 und hat als Eltern *Vitis solonis* und Othello ((*Vitis riparia* MICHAUX x *Vitis labrusca* LINNÉ) *x Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*). Der andere Eltern Teil Fresno Seedling 5 ist eine weitere Selektion der Sorte Dog Ridge und damit *Vitis champinii* PLANCHON (BETTIGA et al., 2003). Das bedeutet, auch Harmony hat einen gewissen Anteil an *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *Vinifera* im Stammbaum. Dadurch lässt sich die geringe Resistenz gegenüber der Reblaus erklären. Auch Trockenheit, sowie hohe Sand - und Kalkgehalte im Boden sind für Harmony ein Problem. Die Wüchsigkeit des gepfropften Edelreises ist gering, während die Veredelbarkeit als mittel eingestuft wird. Auf Grund des *Vitis champinii* PLANCHON Elternteils ist die Toleranz gegenüber Nematoden mittel bis hoch, genauso wie die Toleranz gegenüber *Agrobacterium vitis* (Mauke) und salzigen Böden. Die Bewurzelung ist bei Harmony gut (KELLER, 2015).

Dog Ridge

Dog Ridge ist eine aus den USA stammende Kreuzung aus *Vitis rupestris* SCHEELE und *Vitis candicans* ENGELMANN, hat demzufolge die gleichen Eltern wie der natürlich vorkommende Hybrid *Vitis champinii* PLANCHON (JULIUS KÜHN-INSTITUT, 2019b). In der Literatur wird die Unterlagsrebsorte Dog Ridge häufig als Selektion der Spezies *Vitis champinii* PLANCHON angegeben (BETTIGA et al., 2003; COUSINS, 2005; KELLER, 2015). Die Resistenz gegenüber der Reblaus und *Xiphinema index* ist bei Dog Ridge gering bis medium (BETTIGA et al., 2003), gegenüber Wurzelgallennematoden medium bis hoch (BETTIGA et al., 2003; KELLER, 2015). Die Unterlage ist selbst sehr wüchsig (COUSINS, 2005) und gibt diese Wüchsigkeit auch an das Edelreis weiter (KELLER, 2015). Veredelbarkeit und Bewurzelung sind gering (KELLER, 2015). Trockenheit und kalkhaltige Böden verträgt Dog Ridge schlecht, während salzhaltige und/ oder sandige Böden kein Problem darstellen (BETTIGA et al., 2003; KELLER, 2015).

1103 Paulsen

Die Rebunterlage 1103 Paulsen wurde 1986 von dem Italiener Federico Paulsen in Palermo, Sizilien gezüchtet. Die Eltern sind *Vitis berlandieri* PLANCHON cv. Rességuier Nr. 2 und *Vitis rupestris* SCHEELE cv. du Lot (SCHMID et al., 2009). Der Hintergrund der Zusammenführung dieser beiden Elternteile liegt darin die gute Veredelbarkeit von *Vitis rupestris* SCHEELE cv. du Lot mit der guten Kalkverträglichkeit und Wurzelbildung von *Vitis berlandieri* PLANCHON zu vereinen (COUSINS, 2005). 1103 Paulsen ist dadurch hervorragend geeignet für trockene Kalkstandorte, wie beispielsweise Berghänge (COUSINS, 2005), aber auch für schwere Böden (AMBROSI et al., 2011) oder leicht salzige Böden (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015). Die Toleranz gegenüber der Wurzelreblaus ist gut, ebenso wie die Toleranz gegenüber Trockenheit (COUSINS, 2005; SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015). Bei Staunässe zeigt 1103 Paulsen schnell Symptome von Chlorose (SCHMID et al., 2009). Die Toleranz gegenüber Wurzelnematoden und *Agrobacterium vitis* (Mauke) ist gering

(KELLER, 2015). Die Unterlage selbst ist stark wüchsig (COUSINS, 2005) und gibt diese Wüchsigkeit auch an das Edelreis weiter, die Geiztriebbildung am Edelreis wird begünstigt. Bei blühempfindlichen Sorten begünstigt 1103 Paulsen ein Verrieseln der Blüte, was zu lockerbeerigen Trauben führt (DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). Die Unterlagenrebsorte ist ein männlicher Scheinzwitter (SCHMID et al., 2009), hat voll ausgebildete Staubblätter und keinen Stempel (BUNDESSORTENAMT, 2015). Die Holz - und Traubenausreife setzt bei Verwendung dieser Unterlage verspätet ein (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015), daher wird sie primär im südlichen Mittelmeerraum und in Nordafrika verwendet (SCHMID et al., 2009). Veredelbarkeit und Bewurzelung sind bei 1103 Paulsen gut und auch die geringe Geiztriebbildung der Unterlage ist positiv für die Propagation (COUSINS, 2005; SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011).

In dieser Studie wird der Geisenheimer Klon 1103 Paulsen 92 Gm betrachtet.

Kober 5 BB

1896 kreuzte Rességuier *Vitis berlandieri* PLANCHON und *Vitis riparia* MICHAUX miteinander (AMBROSI et al., 2011). Die daraus entstandenen Samen sandte er an Sigmund Teleki, der daraus die Klongruppe 5A selektionierte (SCHMID et al., 2009). Die besten daraus hervorgegangenen Sämlinge gingen 1904 von Sigmund Teleki in Ungarn nach Österreich zu Franz Kober, der daraus schließlich die heute in Mitteleuropa weitverbreitete Unterlagensorte Kober 5 BB weiterselektionierte (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011). Die darauffolgende starke und schnelle Vermehrung von Kober 5 BB führte zu Inhomogenität in Vermehrungsanlagen. In Geisenheim wurde daraufhin mit der Prüfung diverser Typen begonnen und die ersten fünf Klone selektioniert. Später wurden aus phytosanitären Gründen weitere Subklone selektioniert und eingetragen (SCHMID et al., 2009). Kober 5 BB ist stark wüchsig (SCHMID et al., 2009; BUNDESSORTENAMT, 2015; CARROLL, 2017) und daher besonders für leichte, gut durchlässige Standorte geeignet (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011). Auf schweren, fruchtbaren Böden gibt Kober 5 BB dem Edelreis ein starkes vegetatives Wachstum, was zu schlechter Farbausreife, Stiellähme,

Botrytis cinerea und bei blühempfindlichen Sorten zu Verrieselung führen kann. Eine Möglichkeit, um diesem starken Wachstum entgegen zu wirken, ist die Kombination mit einer Dauerbegrünung im Weinberg (SCHMID et al., 2009). Mit Trockenheit kann die Unterlage nur schlecht umgehen (COUSINS, 2005; KELLER, 2015; CARROLL, 2017), kalkreiche Böden toleriert sie bis zu 20 % Aktivkalk (SCHMID et al., 2009). Die Anpassung an die kalkhaltigen Böden bringt *Vitis berlandieri* PLANCHON in die Kreuzung ein, beide Elternsorten tragen zur hervorragenden Reblausresistenz von Kober 5 BB bei (COUSINS, 2005). Durch ihre Vielseitigkeit kann sich Kober 5 BB an viele verschiedene Standorte anpassen und hat dadurch eine tragende Rolle als Rebunterlage in Mitteleuropa. Auch für die Veredler ist Kober 5 BB eine dankbare Sorte, da sowohl die Bewurzelung, als auch die Veredelbarkeit sehr gut sind (SCHMID et al., 2009). Gegenüber Nematoden ist die Resistenz gering, ebenso wie gegenüber Staunässe und salzhaltigen Böden (KELLER, 2015). Die Blüte von Kober 5 BB ist ein weiblicher Scheinzwitter (SCHMID et al., 2009) mit zurückgebogenen Staubblättern und vollentwickeltem Stempel (BUNDESSORTENAMT, 2015).

In dieser Studie wird der Subklon Kober 5 BB 13 - 15 betrachtet.

Sori

Die Unterlagensorte Sori ist das Ergebnis der Kreuzung von *Vitis solonis* und *Vitis riparia* MICHAUX cv. 1 Gm. *Vitis solonis* ist eine spontane interspezifische Kreuzung von *Vitis riparia* MICHAUX und Longii (JULIUS KÜHN-INSTITUT, 2019g). Gezüchtet wurde Sori auf Anweisung von Doktor (Dr.) Rudolf Seeliger 1925 in Geisenheim (SCHMID et al., 2009; JULIUS KÜHN-INSTITUT, 2019g). Bei der Prüfung der Sorte wurde festgestellt, dass die Sorte weinbaulich besonders wertvoll ist, insbesondere im Hinblick auf die Leistungsaffinität und die Bodenadaption, daraufhin wurde sie 1954 beim Bundessortenamt als Sorte eingetragen. Die geringe bis mittlere Wüchsigkeit, die die Unterlage in der Vermehrungsanlage zeigt gibt sie auch an das Edelreis weiter. Diese Eigenschaft ist erst in der jüngeren Zeit wieder für den Weinbau interessant, daher hatte die Sorte zwischen 1995 und 2005 auf Grund von zu geringer Nachfrage und der Nichtverlängerung der Zulassung keine Sortenzulassung. Sori eignet sich besonders für

wechselfeuchte Böden mit Neigung zur Staunässe und für schwere, tonige Böden. Die geringe Wüchsigkeit der Unterlage macht sie besonders interessant für die Kombination mit blühempfindlichen Edelreisen. Die luftige Laubwand und lockere Traubenstruktur, die der schwache Wuchs der Unterlage begünstigt wirkt sich positiv auf die Anfälligkeit gegenüber Pilzkrankheiten aus. In der Vermehrungsanlage zeigt sie einen mittelstarken aufrechten Wuchs mit wenig Geiztrieben und eine gute Bewurzelung. Sori lässt sich gut veredeln und zeigt eine gute Kallusbildung. Der frühe Abschluss der Vegetation führt zu einer frühen und guten Holzausreife (SCHMID et al., 2009). Die Blüte von Sori ist ein weiblicher Scheinzwitter mit zurückgebogenen Staubblättern und vollentwickeltem Stempel (SCHMID et al., 2009; BUNDESSORTENAMT, 2015). Durch die beiden amerikanischen Eltern ist die Anfälligkeit gegenüber der Wurzelreblaus gering (BUNDESSORTENAMT, 2015).

In dieser Studie wird der Geisenheimer Klon Sori 32 Gm betrachtet.

Richter 110

Richter 110 ist die Kreuzung aus *Vitis berlandieri* PLANCHON cv. Rességuier Nr. 2 und *Vitis rupestris* SCHEELE cv. Martin. Benannt ist sie nach dem Züchter Franz Richter, der sie laut offiziellen Angaben auch 1889 gezüchtet haben soll (AMBROSI et al., 2011). Tatsächlich wurde Richter 110 wahrscheinlich erst 1902 von Adrien Bonnet in Montpellier gekreuzt (SCHMID et al., 2009). In den ersten fünf Standjahren hat diese Unterlage einen schwachen Wuchs, den sie auch so ans Edelreis weitergibt (SCHMID et al., 2009). Ab dem fünften Standjahr verstärkt sich der Wuchs und auch das Edelreis erhält diese Wüchsigkeit (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011; CARROLL, 2017). Richter 110 wird hauptsächlich im südlichen Mittelmeerraum und in Nordafrika verwendet (SCHMID et al., 2009), da sie eine gute Toleranz gegenüber Trockenheit hat (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015) und auf feuchten, Staunässe gefährdeten Standorten nicht zurechtkommt (BETTIGA et al., 2003; SCHMID et al., 2009; KELLER, 2015; CARROLL, 2017). Die Toleranz gegenüber Salz oder Kalk im Boden ist gering, ebenso wie die Resistenz gegenüber *Agrobacterium vitis* (Mauke) (KELLER, 2015). Der Vegetationszyklus von Richter 110 ist verlängert, dadurch

setzt die Frucht - und Holzreife verspätet ein, was die Unterlage für kühle Standorte ungeeignet macht (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011; KELLER, 2015; CARROLL, 2017). Der Fruchtansatz wird von Richter 110 begünstigt und die Blüte der Unterlage selbst ist ein männlicher Scheinzwitter (SCHMID et al., 2009). In der Vermehrungsanlage fällt Richter 110 durch eine starke Geiztriebbildung auf. In ersten Veredelungsversuchen wurde eine unbefriedigende Wurzel - und Kallusbildung festgestellt. Bei den seit 2008 eingetragenen Klonen Richter 110 4 Gm und Richter 110 6 Gm ist sowohl die Bewurzelung, als auch die Veredelbarkeit gut (SCHMID et al., 2009). Gegenüber der Wurzel - und der Blattreblaus ist die Anfälligkeit gering (COUSINS, 2005; BUNDESSORTENAMT, 2015; KELLER, 2015), ebenso wie die Resistenz gegenüber Nematoden (COUSINS, 2005; KELLER, 2015; CARROLL, 2017).

In dieser Studie wird der Geisenheimer Klon Richter 110 4 Gm betrachtet.

Millardet et de Grasset 101 - 14 (101 - 14 MGT)

Vitis riparia MICHAUX und *Vitis rupestris* SCHEELE wurden 1882 von Alexis Millardet und Charles de Grasset an der Universität Bordeaux gekreuzt (SCHMID et al., 2009; JULIUS KÜHN-INSTITUT, 2019e). 1893 wurde aus den Ergebnissen dieser Kreuzung die heute verwendete Unterlage 101 – 14 MGT durch P. Gervais ausselektioniert (SCHMID et al., 2009). Da weder *Vitis riparia* MICHAUX noch *Vitis rupestris* SCHEELE eine gute Kalk Resistenz aufweisen, ist auch 101 – 14 MGT erhöhten Kalkgehalten im Boden gegenüber empfindlich (COUSINS, 2005). Auf Grund dieser Kalkunverträglichkeit wurde die früher häufig verwendete Unterlage durch die telekischen Kreuzungen aus *Vitis riparia* MICHAUX und *Vitis berlandieri* PLANCHON verdrängt. Heute wird 101 – 14 MGT in Deutschland kaum noch angebaut, hauptsächlich wird sie in Frankreich an der Gironde und im Loire Tal, vereinzelt in Italien und in Kalifornien (USA) verwendet (SCHMID et al., 2009). Die Unterlage selbst wird als stark wüchsig mit starker Geiztriebbildung eingestuft (BUNDESSORTENAMT, 2015), die Edelreiswüchsigkeit variiert je nach Bodenbeschaffenheit (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011). Auf kompakten Böden ist die Wüchsigkeit des Edelreis schwach bis mittel, während auf fetten, tonhaltigen und tiefgründigen Böden eine gute Wüchsigkeit erzielt werden kann

(BETTIGA et al., 2003; SCHMID et al., 2009). Die Vegetationszeit von 101 – 14 MGT ist kurz, was zum frühen Einsetzen der Trauben - und Holzausreife führt (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011; BUNDESSORTENAMT, 2015). Das Wurzelwerk der Kreuzung ist vergleichbar mit dem von *Vitis riparia* MICHAUX (SCHMID et al., 2009) und ist nur geringfügig tiefgründiger (COUSINS, 2005), was die geringe Trockentoleranz von 101 – 14 MGT erklärt (BETTIGA et al., 2003; AMBROSI et al., 2011). Die Blüte der Rebunterlage ist ein weiblicher Scheinzwitter (BUNDESSORTENAMT, 2015), die Bewurzelung und Veredelbarkeit sind gut (COUSINS, 2005; SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011). Gegenüber der Wurzelreblaus ist die Toleranz gut (COUSINS, 2005; AMBROSI et al., 2011; BUNDESSORTENAMT, 2015), während die Resistenz gegenüber Nematoden als mittel eingestuft wird (BETTIGA et al., 2003). 2007 wurden von der Rebzüchtung der HGU die Klone 101 – 14 MGT 3 Gm und 8 Gm zur systematischen Erhaltungszüchtung beim Bundessortenamt eingetragen (SCHMID et al., 2009).

In dieser Studie wird der Klon 101 – 14 MGT 3 Gm betrachtet.

Kober 125 AA

Die Kreuzung aus *Vitis berlandieri* PLANCHON und *Vitis riparia* MICHAUX stammt von Teleki und Kober aus dem Jahre 1896 (DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). 1929 wurde Kober 125 AA für das Anbaugebiet Baden zugelassen und 1936 dann für ganz Deutschland (SCHMID et al., 2009). Bisher findet sie hauptsächlich in Deutschland, Österreich, Norditalien und Osteuropa Verwendung (SCHMID et al., 2009), aber das Interesse an der Unterlage steigt auf Grund ihrer zahlreichen positiven Eigenschaften (AMBROSI et al., 2011). Typen mit besonders starkem Wuchs bezeichnete Kober stets mit Doppelbuchstaben, so ist Kober 125 AA genau wie Kober 5 BB eine stark wüchsige Unterlage (SCHMID et al., 2009; BUNDESSORTENAMT, 2015; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). Die Unterlage ist mit ihrer hohen Trockenheits - und Kalktoleranz und ihrem guten Nährstoffaneignungsvermögen (SCHMID et al., 2009; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017) besonders gut für durchwurzelbare, tiefgründige und skelettreiche (SCHMID et al., 2009) aber auch für schwere und staunasse Böden geeignet

(DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). Für trockene, flachgründige oder verdichtete Böden ist Kober 125 AA nicht geeignet (SCHMID et al., 2009; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). Die starke Wuchskraft kann auf nährstoffreichen Böden bei blühempfindlichen Sorten zu Verrieselung führen (DLR RHEINLANDPFALZ, 2017), allerdings nicht so stark wie Kober 5 BB, deren Wüchsigkeit vergleichbar ist (SCHMID et al., 2009). Die Bewurzelung und Veredelbarkeit der Unterlage sind gut (SCHMID et al., 2009; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017), besonders pfropfaffin ist Kober 125 AA gegenüber Rebsorten der Burgundergruppe (SCHMID et al., 2009). Die Blüte der Unterlagsrebe ist ein weiblicher Scheinzwitter (DLR RHEINLANDPFALZ, 2017).

Seit 1974 sind 5 Geisenheimer Klone beim Bundessortenamt eingetragen (SCHMID et al., 2009), in dieser Studie wird der Geisenheimer Klon Kober 125 AA 2 Gm betrachtet.

Selektion Oppenheim Nr. 4 (SO4)

1912 führte Heinrich Fuhr, der damalige Direktor der staatlichen Lehr - und Versuchsanstalt Oppenheim Sämlinge aus den telekischen Kreuzungen aus Slowenien nach Deutschland ein (SCHMID et al., 2009; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). In Oppenheim wurden die Sämlinge hinsichtlich ihrer Reblaus Toleranz ausselektioniert und die Sämlinge der *Vitis berlandieri* PLANCHON x *Vitis riparia* MICHAUX Kreuzungsreihe Teleki 4 zeigten besonders positive Eigenschaften. Sie wurden unter dem Namen Selektion Oppenheim Nr. 4 weiter vermehrt und ausselektioniert. 1933 wurde die Unterlagsrebsorte SO4 zum ersten Mal anerkannt und 1956 erhielt sie den Sortenschutz und die Eintragung in die Sortenliste. Nach Ablauf des Sortenschutzes wurde frühzeitig mit der Erhaltungszüchtung begonnen, daher existieren heute zahlreiche virusgetestete Klone von SO4, unteranderem drei Stück der HGU (SCHMID et al., 2009). Die Unterlagensorte zeigt eine gute Kalkverträglichkeit (COUSINS, 2005; SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017) und Chlorosefestigkeit (SCHMID et al., 2009; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). Sie ist besonders geeignet für feuchte, fruchtbare Standorte und ist durch ihre relativ kurze Vegetationsphase gut geeignet für kühlere Weinbaugebiete (BETTIGA et al., 2003;

COUSINS, 2005; SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011). SO4 ist eine der bedeutendsten Unterlagsrebsorten in Deutschland und auch in den gemäßigten Klimazonen Mitteleuropas immer mehr verbreitet (SCHMID et al., 2009). Für zu Trockenheit neigende Standorte ist SO4 schlecht geeignet, da sie hier nur eine schwache Wuchskraft zeigt (BETTIGA et al., 2003; SCHMID et al., 2009; KELLER, 2015), die Toleranz gegenüber Staunässe ist mittel bis hoch (DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). Die Wuchskraft der Unterlage selbst wird als stark beschrieben (BUNDESSORTENAMT, 2015), während die Wuchskraft des gepfropften Edelreis als mittel eingestuft wird (BETTIGA et al., 2003; COUSINS, 2005; KELLER, 2015; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). Genauer betrachtet gibt SO4 den meisten Ertragsrebsorten einen stärkeren Fruchtansatz und dafür ein geringeres vegetatives Wachstum. Bei Blühempfindlichen Sorten verringert sie die Verrieselungsgefahr. SO4 ist besonders geeignet für den Weinbau im Spalier mit moderaten Stockbelastungen (SCHMID et al., 2009). Die Toleranz gegenüber Nematoden ist mittel (COUSINS, 2005), gegenüber der Wurzelreblaus ist die Toleranz hoch (BETTIGA et al., 2003; COUSINS, 2005). Durch den als mittel eingestuften Vegetationsabschluss (DLR RHEINLANDPFALZ, 2017) ist die Holzausreife gut (BUNDESSORTENAMT, 2015). Die Blüten von SO4 sind männlich (BUNDESSORTENAMT, 2015), die Bewurzelung und die Pfropfaffinität sind gut (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011).

In dieser Studie wird der Geisenheimer Klon SO4 2 Gm betrachtet.

Börner

Dr. Carl Börner begann 1935 an der biologischen Reichsanstalt in Naumburg/ Saale mit der Verwendung von *Vitis cinerea* ENGELMANN in der Unterlagenforschung. Grund für die Zuchtversuche mit dieser Spezies war die hypersensible Reaktion, mit der *Vitis cinerea* ENGELMANN auf einen Reblaus Befall reagiert (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011). Die von Carl Börner vorgenommene Kreuzung aus *Vitis cinerea* ENGELMANN und *Vitis riparia* MICHAUX cv. 183 Gm (JULIUS KÜHN INSTITUT, 2019a) wurde von Helmut Becker, dem späteren Leiter der Rebzüchtung der Hochschule Geisenheim, weiter selektioniert und 1982 unter dem Namen Börner zum Sortenschutz

angemeldet, den sie 1989 dann auch erhielt (SCHMID et al., 2009). Neben der Resistenz gegenüber der Wurzelreblaus (SCHMID et al., 2009) und einer sehr geringen Anfälligkeit gegenüber der Blattreblaus (BUNDESSORTENAMT, 2015) weist Börner auch eine sehr gute Trockentoleranz auf (AMBROSI et al., 2011; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). Börner bildet wenige aber kräftige und tiefgreifende Wurzeln aus (SCHMID et al., 2009; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017) und ist daher hervorragend für durchlässige Steillagen geeignet (DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). Weiter sind leicht erwärmbare, skelettreiche, tiefgründige und zur Trockenheit neigende Standorte prädestiniert für die Verwendung dieser Unterlage, während die Verwendung auf nassen, kalkreichen, zu Verdichtung und Staunässe neigenden Standorten nicht zu empfehlen ist (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). Auf solchen Standorten und in feuchten Jahren ist die Anfälligkeit gegenüber Chlorose hoch. Im Schnittgarten weist Börner eine hohe bis sehr hohe Wüchsigkeit auf (BUNDESSORTENAMT, 2015; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017), die sich später am Edelreis mittel bis stark wiederspiegelt (SCHMID et al., 2009; DLR RHEINLANDPFALZ, 2017). Die Resistenz gegenüber *Botrytis cinerea*, *Erysiphe necator* (Echter Mehltau) und *Plasmopara viticola* (Falscher Mehltau) ist hoch (AMBROSI et al., 2011) und der Vegetationszyklus kurz, was zu einer guten Holzproduktion und frühen Holzreife im Schnittgarten führt (SCHMID et al., 2009; BUNDESSORTENAMT, 2015). Im Schnittgarten kann bei dieser Unterlage durch die vorliegende Resistenz auf die Bekämpfung der Blattreblaus verzichtet werden und sie eignet sich um reblausverseuchte Standorte zügig wieder zu bepflanzen (SCHMID et al., 2009). Die Blüten von Börner sind männliche Scheinzwitter, die auffälliger Weise zumeist sechs Antheren bilden (SCHMID et al., 2009; AMBROSI et al., 2011). In der Veredelung zeigt Börner eine hohe Pfropfaffinität und eine mittlere bis hohe Bewurzelung (BUNDESSORTENAMT, 2015).

Seit 1989 wird an der Forschungsanstalt Geisenheim mit der Sorte Börner Erhaltungszüchtung betrieben und beim Bundessortenamt ist der Klon Börner 1 Gm eingetragen (SCHMID et al., 2009), der auch in dieser Studie betrachtet wird.

3.1.2 Wetterstation/ Witterung

In Abb. 8 sind die verwendeten Wetterdaten dargestellt. Die Daten wurden an der Wetterstation „Hochschule“ durch das Institut für Phytomedizin der HGU erhoben. Die Wetterstation befindet sich auf 96 Metern (m) am in Abb. 9 markierten Standort. Seit 2015 werden an dieser Stelle Temperatur, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlag und Globalstrahlung für die wissenschaftliche Arbeit an der HGU gemessen und dokumentiert. Die genauen Wetterdaten sind in Anhang I aufgeführt.

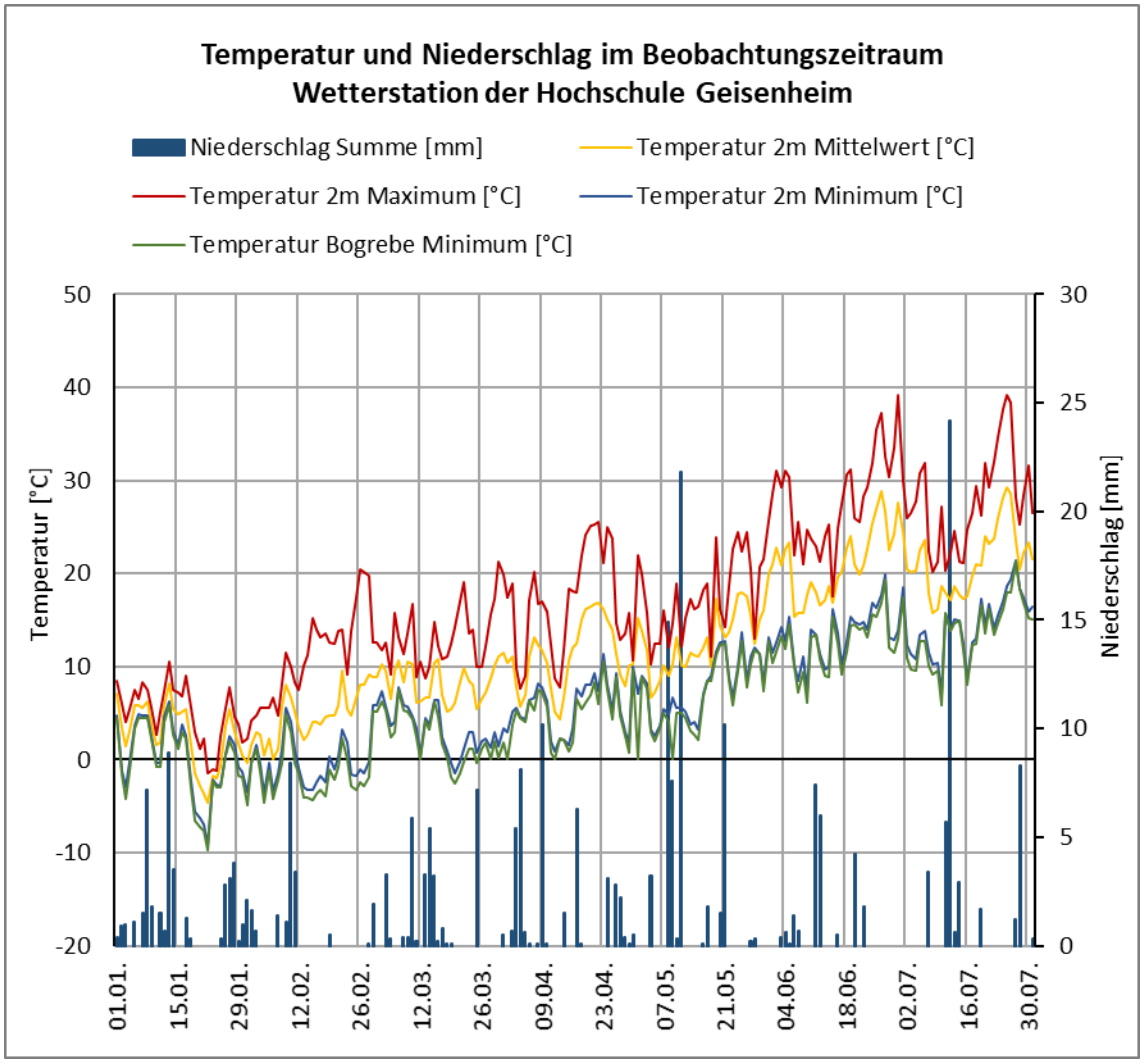


Abbildung 8: Darstellung der von der HGU am Standort Hochschule aufgezeichneten Temperaturen (Maximum, Minimum und Tagesmittel auf zwei Metern Höhe, sowie das Minimum auf Höhe der Bogrebe) und des Niederschlags im Beobachtungszeitraum 01.03.2019 bis 31.07.2019. (Quelle: Eigene Darstellung nach Hochschule Geisenheim University, 2019)

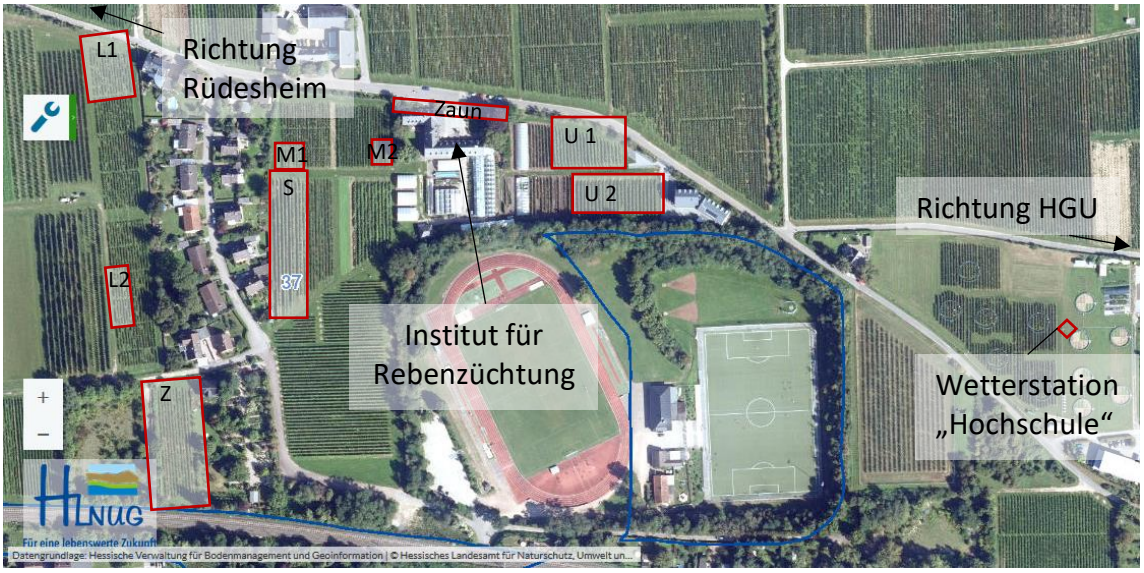


Abbildung 9: Standorte der beobachteten Bestände im Umkreis des Institutes für Rebenzüchtung der HGU und der Standort der Wetterstation „Hochschule“ (◊). Koordinaten: der Wetterstation: 49°59'02.3"N 7°57'16.3"E. (HOCHSCHULE GEISENHEIM UNIVERSITY, 2019) (Quelle: HLNUG, 2019).

3.1.3 Standort

Die beobachteten Bestände von *Vitis* befinden sich alle in Geisenheim im Umkreis des Institutes für Rebenzüchtung der HGU. In Abb. 9 sind die jeweiligen Anlagen, sowie der Standort der Wetterstation „Hochschule“ markiert. In Feld L1 stehen die Probanden 1 VV (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Riesling), 2 VV (cv. Ruländer) und 3 VV (cv. Silvaner). In Feld L2 stehen die Probanden 9 (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* cv. Ketsch Nr. 6) und 10 (cv. Ketsch Nr. 34). In Feld Z stehen die Probanden 1 (*Vitis berlandieri* PLANCHON Gm 0508 - 46 Barton Creek), 2 (*Vitis berlandieri* PLANCHON Gm 0508 - 47 Barton Creek), 3 (*Vitis berlandieri* PLANCHON Gm 0502 - 42 Crumley Ranch), 4 (*Vitis berlandieri* PLANCHON Gm 0502 - 03 Crumley Ranch), 11 (*Vitis champinii* PLANCHON Gm 0511 - 22 Dawn View) und 12 (*Vitis champinii* PLANCHON Gm 0511 - 25 Dawn View). In Feld M1 befindet sich der Proband 13 (*Vitis labrusca* LINNÉ cv. Isabella). In Feld M2 befindet sich der Proband 4 VV (V*itis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Heunisch). In Feld Z befinden ich die Probanden 5 (*Vitis riparia* MICHAUX cv. Gm 80), 6 (cv. Gm 78), 7 (*Vitis rupestris* SCHEELE cv. du Lot), 8 (cv. Sämling) und 14 (*Vitis amurensis* RUPRECHT 1Gm). Am Zaun vor dem Institut für Rebenzüchtung stehen die Probanden 15 (*Vitis armata* DIELS et GILG) und 16 (*Vitis coignetiae* PULLIAT). Im Feld U 1 stehen die

Probanden 1 U (Freedom), 2 U (Salt Creek), 3 U (Harmony), 4 U (Dog Ridge), 6 U (Kober 5 BB Klon 13 - 15 Gm), 7 U (Sori Klon 32 Gm), 8 U (Richter 110 Klon 4 Gm), 9 U (101 – 14 MGT Klon 3 Gm) und 10 U (Kober 125 AA Klon 2 Gm). Im Feld U 2 stehen die Probanden 5 U (1103 Paulsen Klon 92 Gm), 11 U (SO4 Klon 2 Gm) und 12 U (Börner Klon 1 Gm).

Die Standorteigenschaften der Anlagen sind ähnlich und begünstigen dadurch die Vergleichbarkeit. Laut Weinbaustandort - Viewer Hessen sind die Felder in zwei Gruppen einzuteilen. Die Felder S, M1 und M2, L1, die Anlagen am Zaun vor dem Institut für Rebenzüchtung und die beiden Unterlagenfelder entsprechen der Bodeneinheit Nr. 95. Es handelt sich um Böden aus sandigem Lehm bis Lehm (Lösslehm) über lehmigem Sand bis stark sandigem Lehm (Löss). Der Rigolhorizont ist carbonatarm und hat einen Kalkgehalt von 0 – 2 %. Der Unterhorizont ist carbonatreich und hat einen Kalkgehalt von 20 – 40 %. Der Untergrund ist verdichtet, was zu Staunässe führen kann. Die nutzbare Feldkapazität bis maximal zwei Meter beträgt 371,5 mm (HLNUG, 2019).

Die Felder Z und L2 entsprechen der Bodeneinheit Nr. 96. Es handelt sich um sandigen Lehm über lehmigem Sand, bis stark sandigem Lehm (Löss) über tiefem, mittelkiesigem Sand (Meeressand). Der Rigolhorizont ist carbonatreich mit 8 – 20 % Kalkgehalt und der Unterhorizont ist carbonatreich/ carbonathaltig mit 20 – 40 % Kalkgehalt. Die nutzbare Feldkapazität beträgt 312 mm und der Boden ist weder Grund - noch Staunässebeeinflusst (HLNUG, 2019).

3.1.4 Bonitur Skala

Zur Evaluierung der phänologischen Entwicklung wurde die BBCH - Skala zur Beschreibung der Entwicklungsstadien der Weinrebe verwendet. Die Abkürzung „BBCH“ steht für Biologische Bundesanstalt für Land - und Fortwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie. Die Skala verwendet einen zweistelligen Code zwischen 00 und 99, eingeteilt in Makrostadien (erste Stelle) und Mikrostadien (zweite Stelle), um das jeweilige Entwicklungsstadium zu beschreiben (MEIER, 2018). Es wurde sich für die BBCH - Skala entschieden, da sie international für die Beschreibung der Entwicklungsstadien der Weinrebe verwendet wird und dadurch sowohl die Praktikabilität als auch die Vergleichbarkeit der Arbeit mit ähnlichen Arbeiten gewährleistet ist. Weiters ist die Skala deskriptiv und dadurch unkompliziert in der Anwendung. In Abb. 10 sind die für die Arbeit relevanten phänologischen Stadien (BBCH 00 bis BBCH 68, BBCH 69 fehlt) schematisch dargestellt.

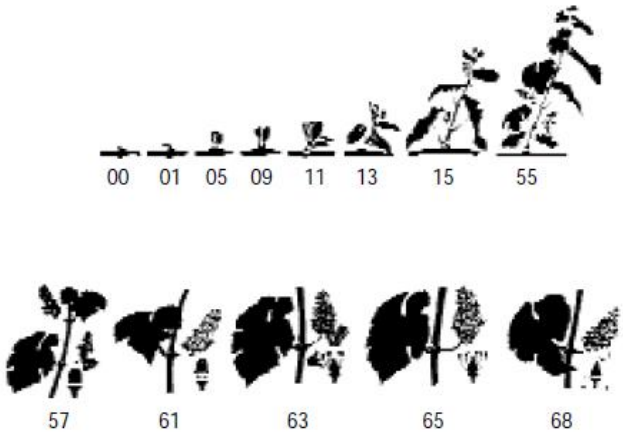


Abbildung 10: BBCH 00 (Vegetationsruhe) bis BBCH 68 (80 % der Blütenkäppchen abgeworfen) als schematische Darstellung. (Quelle: LORENZ et al., 1995)

Die Makrostadien der BBCH - Skala zur Beschreibung der Entwicklungsstadien mono - und dikotyler Pflanzen sind in Tab. 2 dargestellt, die vollständige BBCH - Skala zur Beschreibung der Entwicklungsstadien der Weinrebe ist in Anhang II aufgeführt.

Die BBCH - Stadien 20 bis 53 sind für den Entwicklungsverlauf der Rebe nicht beschrieben. Da die Bonitur von Infloreszenz und Blatt in dieser Arbeit separat erfolgt und in der Ergebnisbetrachtung mit Mittelwerten gearbeitet werden soll, wurde das BBCH - Stadium 50 verwendet um „noch keine Gescheine sichtbar“ zu beschreiben. So

ergeben sich bei einem Stock, der an manchen Trieben Infloreszenzen gebildet hat und an manchen noch nicht Mittelwerte zwischen BBCH 50 und BBCH 53 in der Ergebnisdarstellung.

Tabelle 2: Beschreibung der Makrostadien der BBCH - Skala zur Beschreibung der Entwicklungsstadien mono - und dikotyler Pflanzen. Die mit Klammern markierten Makrostadien sind bei der Weinrebe nicht beschrieben. Die unterstrichenen Makrostadien wurden in dieser Arbeit betrachtet. (Quelle: Eigene Darstellung nach MEIER (2018))

Stadium	Beschreibung
0	Keimung/ Austrieb
1	Blattentwicklung (Hauptspross)
(2)	Bildung von Seitensprossen/ Bestockung
(3)	Längen- bzw. Rosettenwachstum des Hauptsprosses/ Triebentwicklung/ Schossen (Haupttrieb)
(4)	Entwicklung vegetativer Pflanzenteile (Erntegut) bzw. vegetativer Vermehrungsorgane/ Ähren- bzw. Rispenschwellen
5	Erscheinen der Blütenanlage (Hauptspross)/ Ähren- bzw. Rispenschieben
6	Blüte (Hauptspross)
7	Fruchtentwicklung
8	Frucht- und Samenreife
9	Absterben bzw. Eintreten der Vegetationsruhe

3.1.5 Temperatursummenmodelle

Um die beobachtete phänologische Entwicklung der verschiedenen *Vitis* Spezies, *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten und Unterlagensorten in Zusammenhang mit der Temperatur bringen zu können wurden vier verschiedene Temperatursummenmodelle angewandt, bei denen die Temperatursummen (Degree Days (DD)) berechnet werden. Sie werde im Folgenden erläutert und dargestellt.

(1) Temperatursummenmodell nach HORNEY (1966)

Dieses Modell wurde von HORNEY (1966) entwickelt, um die Blüte von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* voraussagen zu können. Als Grundlage zur Entwicklung des Modells wurden Modelle zur Voraussage der Blüte von Obstgehölzen verwendet und die Parameter angepasst. Der Startzeitpunkt in diesem Modell bezieht sich entweder auf den Tag, an dem der Boden in einer Tiefe von 50 – 100 cm nicht mehr gefriert (häufig der gleiche Tag an dem die Rebe beginnt zu bluten), oder auf den ersten Januar, sofern der Boden in dieser Tiefe über den Winter nicht gefror. Für diese Arbeit liegen weder Daten über die Bodentemperatur noch über den Beginn des Blutens der Reben vor, daher wurde der erste Januar als Startzeitpunkt angesetzt. Die verwendeten Parameter und die Formel für die Berechnung dieses Modelles sind in Tab. 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Parameter und Formeln zur Berechnung des Temperatursummenmodelles nach HORNEY, 1966 (DD, Temperatursumme; T_{mittel}, Tagesmitteltemperatur; t_0, Startzeitpunkt; $t_{Blüte}$, Ende der Blüte; GDD, Gradtage; T_0, Unterer Schwellenwert) (Quelle: Eigene Darstellung nach HORNEY (1966))

Hintergrund:	Vorhersage der Blüte von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*
Unterer Schwellenwert (T_0):	10 °C
Startzeitpunkt (t_0):	01. Jan
Verwendete Temperatur:	Tagesmitteltemperatur (T_{mittel})
Formel:	$DD\ (T_{mittel}) = \sum_{t_0}^{t_{Blüte}} GDD\ (T_{mittel})$ $GDD\ (T_{mittel}) = \begin{cases} 0, & wenn\ T_{mittel} < T_0 \\ T_{mittel}, & wenn\ T_{mittel} \geq T_0 \end{cases}$

(2) Temperatursummenmodell nach PARKER et al. (2011)

Das Modell von PARKER et al. (2011) wurde entwickelt um die Blüte und die Veraison von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* voraussagen zu können. Das Modell soll für alle Rebsorten von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* und auch für verschiedene Standorte angewandt werden können und damit insbesondere in vergleichenden Studien Anwendung finden. Für exaktere Voraussagen von Blüte und Veraison, zugeschnitten auf bestimmte Rebsorten und Standorte bedarf das Modell einer gewissen Anpassung der Parameter. In dieser Arbeit wurde das allgemeingültige Modell verwendet, Parameter und Formeln sind in Tab. 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Parameter und Formel zur Berechnung des Temperatursummenmodelles nach PARKER et al. (2011)(DD, Temperatursumme; T_{mittel}, Tagesmitteltemperatur; t_0, Startzeitpunkt; $t_{Blüte}$, Ende der Blüte; GDD, Gradtage; T_0, Unterer Schwellenwert) (Quelle: Eigene Darstellung nach PARKER et al. (2011))

Hintergrund:	Vorhersage der Blüte und Veraison von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*
Unterer Schwellenwert (T_0):	0 °C
Startzeitpunkt (t_0):	60. Tag des Jahres
Verwendete Temperatur:	Tagesmitteltemperatur (T_{mittel})
Formeln:	$DD\ (T_{mittel}) = \sum_{t_0}^{t_{Blüte}} GDD\ (T_{mittel})$ $GDD\ (T_{mittel}) = \begin{cases} 0, & wenn\ T_{mittel} < T_0 \\ T_{mittel} - T_0, & wenn\ T_{mittel} \geq T_0 \end{cases}$

(3) Temperatursummenmodell nach MOLITOR et al. (2014)

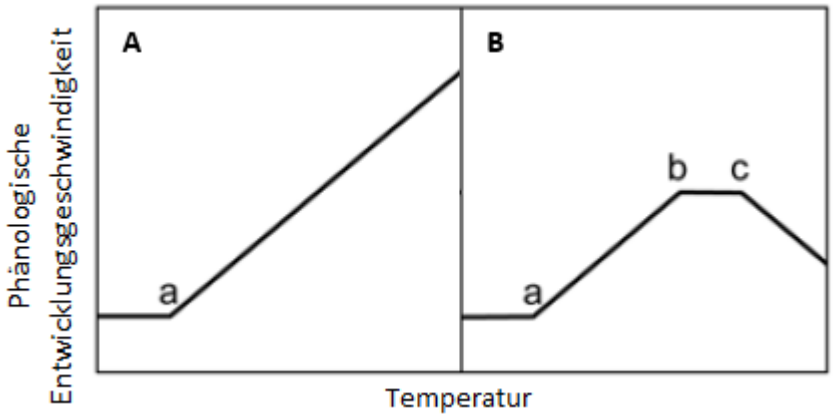


Abbildung 11: (A) Schematische Darstellung eines linearen Temperatursummenmodelles und (B) dem Temperatursummenmodell nach MOLITOR et al. (2014). a, unterer Schwellenwert; b, Oberer Schwellenwert / Temperaturoptimum; c, Hitze Schwellenwert. (Quelle: Eigene Darstellung nach MOLITOR et al. (2014)

Dieses Modell modifiziert die klassische Ansicht der bisher betrachteten linearen Modelle und bringt zusätzliche Parameter in die Kalkulation. Es wird davon ausgegangen, dass es nicht nur einen unteren Schwellenwert gibt, sondern auch einen oberen Schwellenwert, Temperaturoptimum genannt. Dieser obere Schwellenwert ist definiert durch die Temperatur, bei der die Rebe sich am schnellsten weiterentwickelt. Weiters wird ein Hitze - Schwellenwert der Kalkulation hinzugefügt, definiert als die Temperatur, bei der die Entwicklungsgeschwindigkeit der Rebe auf Grund der hohen Umgebungstemperatur wieder sinkt. In Abb. 11 werden das lineare Modell (A) und das kumulative Modell von MOLITOR et al. (2014) (B) zur Verdeutlichung der Schwellenwerte schematisch dargestellt. Das Modell bezieht sich speziell auf die Rebsorte *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Müller - Thurgau, daher sind die Schwellenwerte exakt kalkuliert. Die Standorte, an denen die Daten für die Erstellung dieses Modelles erhoben wurden, befinden sich alle in Mitteleuropa. Das Modell beschränkt sich außerdem nicht auf die Vorhersage der Blüte, sondern soll alle auf den Austrieb folgenden phänologischen Stadien der Rebe prognostizieren. In Tab. 5 sind die zur Berechnung des Modelles verwendeten Parameter und Formeln aufgeführt.

Tabelle 5: Parameter und Formeln zur Berechnung des Temperatursummenmodelles nach MOLITOR et al. (2014)(DD, Temperatursumme; T_{mittel}, Tagesmitteltemperatur; t_0, Startzeitpunkt; $t_{Blüte}$, Ende der Blüte; GDD, Gradtage; T_0, Unterer Schwellenwert; T_1, Oberer Schwellenwert; T_2, Hitze Schwellenwert) (Quelle: Eigene Darstellung nach MOLITOR et al. (2014))

Hintergrund:	Vorhersage aller dem Austrieb nachfolgenden phänologischen Stadien von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Müller - Thurgau
Unterer Schwellenwert (T_0):	5 °C
Oberer Schwellenwert (T_1):	20 °C
Hitze Schwellenwert (T2):	22 °C
Startzeitpunkt (t_0):	Austrieb
Verwendete Temperatur:	Tagesmitteltemperatur (T_{mittel})
Formeln:	$DD\ (T_{mittel}) = \sum_{t_0}^{t_{Blüte}} GDD\ (T_0, T_1, T_2)$ $GDD\ (T_0, T_1, T_2) = \begin{cases} 0, wenn\ T_{mittel} < T_0, oder\ T_2 + (T_1 - T_0) < T_{mittel} \\ (T_{mittel} - T_0), wenn\ T_0 < T_{mittel} < T_1 \\ (T_1 - T_0), wenn\ T_1 < T_{mittel} \\ ((T_1 - T_0) - (T_{mittel} - T_2)), wenn\ T_2 < T_{mittel} \end{cases}$

(4) Temperatursummenmodell „Neustadt“

Dieses Modell ist ursprünglich darauf ausgelegt den Flug des bekreuzten Traubenwicklers *Lobesia botrana* Den. Et Schiff. zu prognostizieren. Es beruht anders als die anderen Modelle nicht auf der Tagesmitteltemperatur (T_{mittel}), sondern auf der Tageshöchsttemperatur (T_{max}), beruht aber ebenso wie Modell (1) und (2) nur auf einem unteren Schwellenwert (lineares Modell). Der Starttermin ist ebenfalls an die Entwicklung des Traubenwicklers angepasst und nicht an die phänologische Entwicklung von *Vitis*. Bei 620 Gradtagen beginnt der Traubenwickler Flug, daher sollte spätestens bei 580 Gradtagen das Aushängen der Dispenser zur Verwirrung der Tiere stattfinden (HGU, 2019a; WBI, 2019). Die Zweckentfremdung dieses Modelles soll einen anderen Blickwinkel in den Vergleich bringen. Die Parameter und Formeln zur Berechnung der Temperatursumme nach dem Modell „Neustadt“ sind in Tab. 6 aufgeführt.

Tabelle 6: Parameter und Formel zur Berechnung des Temperatursummenmodelles nach dem Modell „Neustadt“ (HGU, 2019a) (DD, Temperatursumme; T_{max}, Tageshöchsttemperatur; t_0, Startzeitpunkt; $t_{Blüte}$, Ende der Blüte; GDD, Gradtage; T_0, Unterer Schwellenwert) (Quelle: Eigene Darstellung nach WBI (2019))

Hintergrund:	Vorhersage des Fluges des bekreuzten Traubenwicklers *Lobesia botrana*
Unterer Schwellenwert (T_0):	0 °C
Startzeitpunkt (t_0):	01. Mrz
Verwendete Temperatur:	Tageshöchsttemperatur (T_{max})
Formeln:	$DD\ (T_{max}) = \sum_{t_0}^{t_{Blüte}} GDD\ (T_{max})$ $GDD\ (T_{max}) = \begin{cases} 0, & wenn\ T_{max} < T_0 \\ T_{max}, & wenn\ T_{max} \geq T_0 \end{cases}$

3.2 Versuchsaufbau und - durchführung

Die Untersuchung beschränkt sich primär auf die Bonitur der Blüte der in Kapitel 3.1.1 beschriebenen *Vitis* Spezies, *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten und Unterlagensorten anhand der in Kapitel 3.1.4 beschriebenen Bonitur Skala. Die Boniturdaten wurden mit den in Kapitel 3.1.2 beschriebenen Wetterdaten in Zusammenhang gebracht und anhand der in Kapitel 3.1.5 genannten Temperatursummenmodelle ausgewertet. Versuchsaufbau und - durchführung werden daher in dieser Arbeit zusammen beschrieben. Das folgende Kapitel wird unterteilt in Aufbau und Durchführung der Bonitur und Aufbau und Durchführung der Auswertung der Daten.

3.2.1 Bonitur der phänologischen Entwicklung

Die Bonitur wurde am 01. April 2019 begonnen und bis zum Ende der Blüte der jeweiligen Spezies/ Rebsorte/Unterlage regelmäßig durchgeführt. Der letzte Boniturtag war der 08. Juli 2019 bei *Vitis berlandieri* PLANCHON Gm 0502 – 02, Crumley Ranch. Im Zeitraum zwischen BBCH 00 und BBCH 59 wurde die Bonitur alle fünf Tage durchgeführt, zwischen BBCH 60 und BBCH 69 wurde die Bonitur alle drei Tage durchgeführt, um speziell das Stadium der Blüte beobachten zu können.

Es wurden insgesamt 32 verschiedene *Vitis* Spezies/ Rebsorten/ Unterlagen beobachtet. In Kapitel 3.1.1 sind alle Spezies/ Rebsorten/ Unterlagen aufgeführt und beschrieben. Tab. 7 zeigt eine Auflistung der Probanden inklusive verwendeter Nummerierung, Standort (Vgl. Abb. 9 in Kapitel 3.1.2), Anmerkungen und Geschlecht der Blüte.

Die Probanden in Feld Z stehen in einer Sammlung, die pro Spezies nur einen Rebstock beinhaltet. Daher konnte von den Probanden 1 – 4, 11 und 12 nur jeweils ein Stock (Bezeichnet als Stock A) beobachtet werden. Bei allen anderen Probanden wurden zwei Stöcke (Bezeichnet als Stock A und B) bonitiert.

In den Anlagen, die in einer Halbbogen Erziehung geschnitten wurden, wurden an zwei Stöcken alle auf der Rute befindlichen Augen (später Triebe) bonitiert. In den Anlagen, die auf Kordon geschnitten wurden, wurden pro Stock zehn Augen (später Triebe),

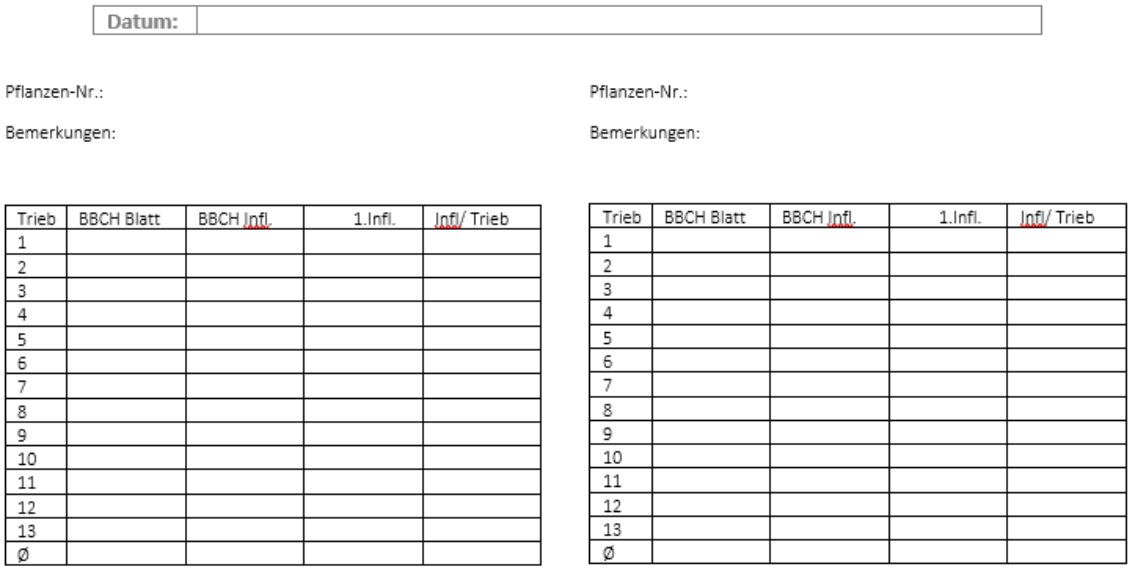
Tabelle 7: Auflistung der in der Arbeit betrachteten Probanden mit Standortbezeichnung (Vgl. Abbildung 9 Kapitel 3.1.2), Name, Rebsorte, Klon, Unterlage, Anmerkungen und Geschlecht. Nr. 1 - 16: *Vitis* Spezies, Nr. 1 VV – 4 VV: Verschiedene Rebsorten von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*, Nr. 1 U – 12 U: Verschiedene Unterlagensorten.

Nr.	Feld (Abb. 9)	*Vitis* Spezies / Rebsorte / Unterlage	Anmerkung/ Rebsorte/ Klon/ Unterlage	Geschlecht
1	Z	*V. berlandieri* PLANCHON	Gm 0508-46 Barton Creek	M
2	Z	*V. berlandieri* PLANCHON	Gm 0508-47 Barton Creek	W
3	Z	*V. berlandieri* PLANCHON	Gm 0502-02 Crumley Ranch	M
4	Z	*V. berlandieri* PLANCHON	Gm 0502-03 Crumley Ranch	W
5	S	*V. riparia* MICHAUX	cv. Geisenheim 80	M
6	S	*V. riparia* MICHAUX	cv. Geisenheim 78	W
7	S	*V. rupestris* SCHEELE	cv. Rupestris du Lot	M
8	S	*V. rupestris* SCHEELE	cv. Sämling	W (?)
9	L2	*V. vinifera* LINNÉ ssp. *silvestris* GMELIN	cv. Ketsch Nr.6	M
10	L2	*V. vinifera* LINNÉ ssp. *silvestris* GMELIN	cv. Ketsch Nr. 34	W
11	Z	*V. champinii* PLANCHON	Gm 0511-22 Dawn View	M
~~12~~	~~Z~~	~~*V. champinii* PLANCHON~~	~~Gm 0511-18 Dawn View~~	~~W~~
12	Z	*V. champinii* PLANCHON	Gm 0511-25 Dawn View	W
13	M1	*V. labrusca* LINNÉ	cv. Isabella	Z
14	S	*V. amurensis* RUPRECHT	cv. 1Gm, Börner	W
15	Zaun	*V. armata* DIELS et GILG	Von außen rechts	M
16	Zaun	*V. coignetiae* PULLIAT	Von außen links	W
1VV	L1	*V. vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Riesling	64-177 Gm, Börner	Z
2VV	L1	*V. vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Ruländer	Klon 2/26 Gm, Börner	Z
3VV	L1	*V. vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Grüner Silvaner	Klon 1 Gm, Börner	?
4VV	M2	*V. vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Heunisch	Klon 6 Gm, 5BB (Klon 13-3 Gm)	?
1U	U1	Freedom	Position 20	-
2U	U1	Salt Creek	Position 19	-
3U	U1	Harmony	Position17	-
4U	U1	Dog Ridge	Position 18	-
5U	U2	1103 Paulsen	Position 14, Klon 92 Gm	-
6U	U1	Kober 5BB	Position 12, Klon 13-15 Gm	-
7U	U1	Sori	Position 2, Klon 32 Gm	-
8U	U1	Richter 110	Position 6, Klon 4 Gm	-
9U	U1	Millardet et de Grasset 101-14 (101 - 14 MGT)	Position 8, Klon 3 Gm	-
10U	U1	Kober 125 AA	Position 10, Klon 2 Gm	-
11U	U2	Selektion Oppenheim NR. 4 (SO4)	Position 3, Klon 2 Gm	-
12U	U2	Börner	Position 21&22, Klon 1 Gm	-

gleichmäßig verteilt über den Kordon, bonitiert. Die Probanden 1 bis 13 und 1 VV bis 4 VV sind in der Halbbogen Erziehung geschnitten, die Probanden 14 bis 16 sind in Kordon Erziehung geschnitten. Die Probanden 1 U bis 12 U sind, für den Unterlagenanbau typisch, auf Zapfen direkt am bodennahen Kopf geschnitten. In der Halbbogen Erziehung, sowie in der Kordon Erziehung wurden außer dem Abschneiden der Triebspitzen, im Verlauf der Vegetation keine Kulturmaßnahmen durchgeführt. Die Unterlagen Anlagen wurden regelmäßig angebunden und Geiztriebe wurden entfernt. Alle in Feld S befindlichen Probanden (5 – 8, 14) sind mit Hagelschutznetzen

ausgestattet. Keine der betrachteten Anlagen wurde bewässert und der Pflanzenschutz wurde in den Anlagen nach dem an der HGU üblichen Prozedere durchgeführt. Die Kulturmaßnahmen werden in allen Anlagen der HGU von dem dafür zuständigen Personal gleichbleibend durchgeführt und werden in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

Die Bonitur wurde demnach an 32 verschiedenen Probanden und insgesamt 56 verschiedenen Rebstöcken durchgeführt. Die Bonitur fand im Jahr 2019 statt und wurde zum jetzigen Zeitpunkt nicht wiederholt.



Datum:	

Pflanzen-Nr.:

Bemerkungen:

Trieb	BBCH Blatt	BBCH Infl.	1.Infl.	Infl/ Trieb
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
Ø				

Pflanzen-Nr.:

Bemerkungen:

Trieb	BBCH Blatt	BBCH Infl.	1.Infl.	Infl/ Trieb
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
Ø				

Abbildung 12: Der verwendete Boniturbogen mit Feldern zur Eintragung des Tages der Bonitur, der bonitierten Pflanze, des BBCH - Stadiums der Triebes und der Infloreszenz, des Standortes der ersten Infloreszenz und der Anzahl Infloreszenzen pro Trieb.

Für die Bonitur wurde der in Abb. 12 abgebildete Boniturbogen verwendet. Neben dem Datum der Bonitur wurde die Pflanzennummer (zum Beispiel Nummer 1 VV A für den Probanden *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Riesling (1 VV), Stock A), das BBCH - Stadium des Blattes/ Triebes (BBCH 00 – 19), das BBCH - Stadium der Infloreszenz (BBCH 50 – 69), die Insertionsstelle der ersten Infloreszenz (zum Beispiel an der dritten Blattachse) und die Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb dokumentiert. Die Insertionshöhe der ersten Infloreszenz und die Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb wurden nur einmal bonitiert, am 27. Mai 2019. Es wurde davon ausgegangen, dass auf

Grund der fortgeschrittenen Entwicklung alle relevanten Infloreszenzen zu diesem Zeitpunkt bereits ausgebildet waren.

Durch die Kulturarbeiten in den Versuchsanlagen musste der Proband 12 frühzeitig durch einen vergleichbaren Nachbarstock ersetzt werden, da die Fruchtrute abgebrochen war (In Tab. 7, durchgestrichen und ersetzt). Der Proband 11 konnte ebenfalls nicht ausgewertet werden, da er in der Mitte der Vegetation am 04. Juni 2019 ebenfalls die Fruchtrute abgebrochen war. Ein Ersetzen des Probanden war zu diesem Zeitpunkt der Bonitur nicht mehr möglich. Einzelne Probanden wurden von der HGU für Kreuzungsversuche verwendet und daher die Infloreszenzen vor dem Aufblühen in Papiertüten eingetütet. Die Bonitur konnte trotzdem fortgesetzt werden. Die klimatischen Bedingungen in den Papiertüten sind anders als die, außerhalb der Papiertüten. Mögliche Veränderungen sind höhere Beschattung der Infloreszenzen und steigende Temperatur durch fehlende Luftbewegung. Die Veränderungen wurden nicht ermittelt. Daher ist die Vergleichbarkeit der „eingetüteten" Probanden (12 komplett, 15 und 16 teilweise) gegenüber den „nicht eingetüteten" Probanden eingeschränkt.

Die durch die Bonitur erhobenen Daten wurden in eine Datenbank überführt und die Mittelwerte pro Pflanze und pro Proband errechnet. Weiters wurde die BBCH - Änderung von einem Boniturtag zum nächsten sowohl für die Blatt - / Triebentwicklung, als auch für die Infloreszenzentwicklung errechnet. Aus diesen Daten wurde der durchschnittliche Austriebstermin pro Pflanze und der Tag, an dem alle Infloreszenzen einer Pflanze abgeblüht waren, ermittelt. Die im Ergebnisteil angegebenen Daten für Austrieb, Blütebeginn und Blüteende sind die Boniturtage, an denen der Mittelwert aus den BBCH - Stadien der Ruten und Versuchspflanzen, dem jeweiligen BBCH - Stadium am nächsten kommt.

3.2.2 Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung wurde das Programm IBM® SPSS® Statistics Version 26.0.0.0 64 - bit verwendet. Die Veränderung der BBCH - Stadien wurde mit den Gradtagen der einzelnen Temperatursummenmodelle in Zusammenhang gesetzt. Hierfür wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearmans - Rho berechnet. Es handelt sich bei der Analyse nach Spearmans - Rho um eine Rangkorrelationsanalyse, die den linearen Zusammenhang von zwei (bivariat) mindestens ordinalskalierten Variablen berechnet. Linearer Zusammenhang bedeutet hier, dass die beiden Variablen kovariieren, das bedeutet sie verändern sich linear mit einander. Die Fragestellung zur Verwendung des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearmans - Rho lässt sich vereinfacht so ausdrücken: „Gibt es einen Zusammenhang zwischen zwei Variablen?“ (SCHWARZ und BRUDERER ENZLER, 2018)

Der Korrelationskoeffizient kann einen Wert zwischen – 1 und + 1 annehmen. Ein Korrelationskoeffizient von - 1 sagt aus, dass die betrachteten Variablen perfekt negativ korreliert sind (Antikorrelation). Das bedeutet sinkt die eine Variable, steigt die andere Variable. Bei + 1 sind die betrachteten Variablen perfekt positiv korreliert, das bedeutet steigt die eine Variable, steigt auch die andere. Bei einem Korrelationskoeffizienten von 0 besteht kein linearer Zusammenhang zwischen den beiden Variablen (IBM®, 2019). Die errechneten Signifikanzen der einzelnen Korrelationskoeffizienten sind auf Grund des geringen Stichprobenumfangs kritisch zu betrachten. Da davon ausgegangen wird, dass bei einer höheren Änderung der Temperatursumme im betrachteten Zeitraum auch eine höhere Änderung der BBCH - Entwicklung vorliegt wird die Signifikanz einseitig berechnet.

Die restlichen Daten, wie zum Beispiel die Temperatursummen, Blütebeginn und – ende oder die Anzahl an Infloreszenzen pro Trieb wurden auf Grund des geringen Stichprobenumfangs nicht mit Hilfe von statistischen Modellen untersucht. Die Daten wurden mit Hilfe von Microsoft® Excel® für Office 365 MSO 32 - Bit grafisch aufbereitet und veranschaulicht. Alle Daten werden als Mittelwert der betrachteten Triebe beziehungsweise Stöcke angegeben.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisbetrachtung erfolgt auf Grund der Menge an verschiedenen betrachteten Aspekten untergliedert. Zunächst werden die Daten zu Beginn des Austriebs und Ende der Blüte für die drei Gruppen (*Vitis* Spezies, *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten und Unterlagensorten) thematisiert. Darauf folgt die Betrachtung der Temperatursummen im Zusammenhang mit Beginn des Austriebs, Ende der Blüte und Änderung der BBCH - Stadien, ebenfalls unterteilt in die drei oben genannten Gruppen. Die Betrachtung des Entwicklungsverlaufes wird nach Spezies gegliedert, die Unterlagen werden hier alle zusammen betrachtet. Zu guter Letzt wird die Insertionshöhe der ersten Infloreszenz und die Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb beschrieben.

4.1 Austrieb und Blüteende

In diesem Kapitel wird jeweils das Datum von Austrieb (BBCH 09) und Ende der Blüte (BBCH 69) dargestellt. Es Untergliedert sich in drei Unterkapitel: *Vitis* Spezies, *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten und Unterlagensorten.

4.1.1 *Vitis* Spezies

Die zeitliche Einordnung von Austrieb (BBCH 09) und Blüteende (BBCH 69) der verschiedenen Probanden zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Spezies (Abb. 13). Die Probanden 1 bis 4 sind Selektionen aus der Spezies *Vitis berlandieri* PLANCHON. Der Termin des Austriebs liegt bei den Stöcken dieser Spezies nahe zusammen und im Mittelfeld der Gesamtbetrachtung. Das Blüteende variiert. Es fällt auf, dass die männlichen Vertreter (Proband 1 und 3) länger blühen als die jeweiligen weiblichen Vertreter der Selektionen dieser Spezies (Proband 2 und 4). Die beiden Vertreter von *Vitis riparia* MICHAUX (5 und 6) liegen ebenfalls im Mittelfeld des Austriebs und beenden die Blüte einen ganzen Monat vor *Vitis berlandieri* PLANCHON. Die Probanden 7 und 8 (*Vitis rupestris* SCHEELE) haben die gleiche Anzahl Tage zwischen Austrieb und Blüteende. Der männliche Vertreter (Proband 7) ist lediglich zwei Tage später dran. Bei *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN (Probanden 9 und 10) beginnt die männliche

Art (Proband 9) drei Tage früher mit dem Austrieb (20. April) und beendet die Blüte fünf Tage früher (09. Juni). Bei Proband 11 (*Vitis champinii* PLANCHON) ist nur das Datum des Austriebs angegeben, da durch den Verlust der Fruchtrute eine weitere Bonitur nicht möglich war. Im Vergleich zum zweiten Vertreter von *Vitis champinii* PLANCHON (Proband 12) setzt bei der männlichen Art (Proband 11) der Austrieb später ein. *Vitis labrusca* LINNÈ (Proband 13) befindet sich komplett im Mittelfeld, sowohl was den Austrieb als auch das Blüteende betrifft. *Vitis amurensis* RUPRECHT (Proband 14) fällt durch den vergleichbar frühen Austrieb und das frühe Blüteende auf. *Vitis armata* DIELS et GILG (Proband 15) verhält sich hinsichtlich Austrieb und Blüteende ähnlich wie *Vitis champinii* PLANCHON (Proband 12). *Vitis coignetiae* PULLIAT (Proband 16) setzt als zweite der beobachteten Spezies in den Austrieb ein und beendet die Blüte mit als eine der ersten.

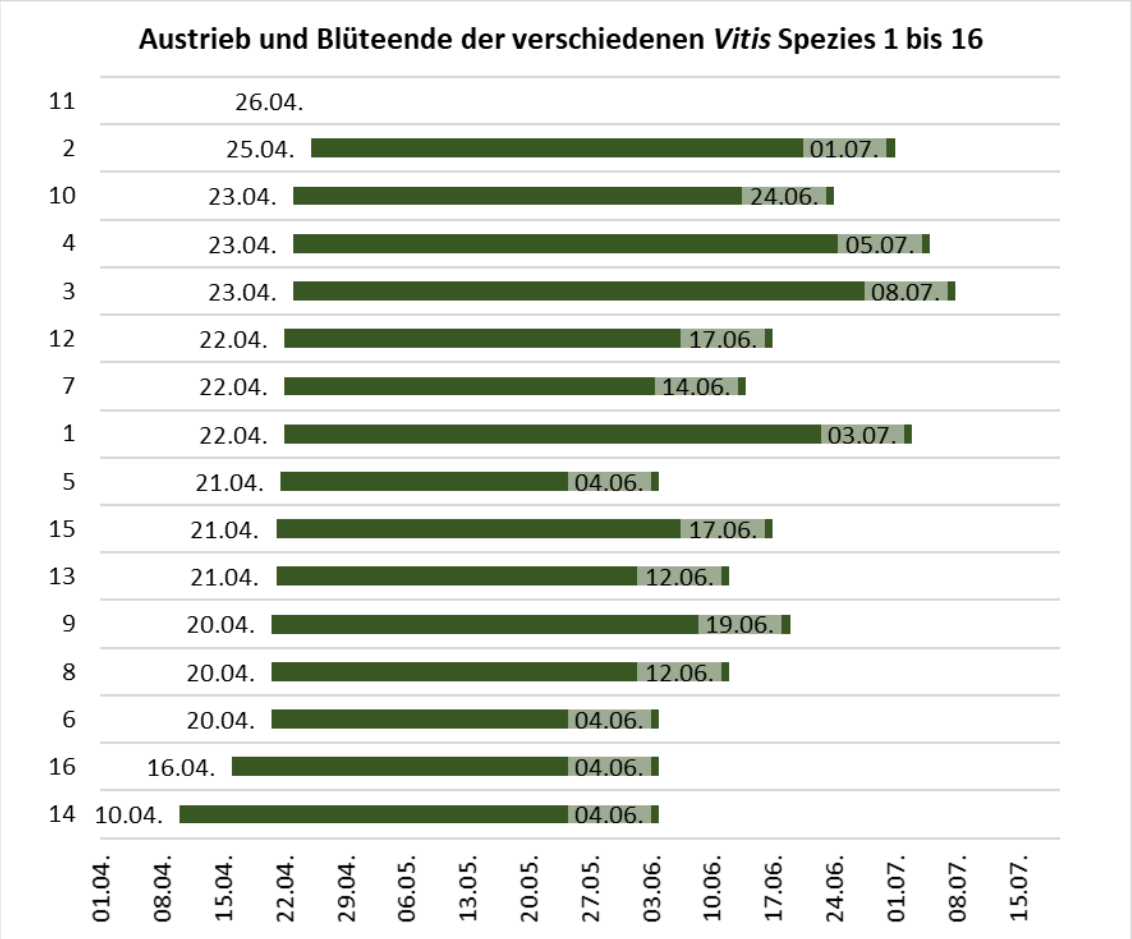


Abbildung 13: Zeitliche Einordnung von Austrieb (Datum links des Balkens) und Blüteende (Datum am rechten Ende des Balkens) der Probanden 1 bis 16, geordnet nach dem Datum des Austriebs.

4.1.2 *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten

Es handelt sich bei allen, in Abb. 14 betrachteten Probanden um Rebsorten der Spezies *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*. Der Austrieb spielt sich bei allen betrachteten Rebsorten in einem Zeitraum von drei Tagen ab (20. April bis 23. April). Vergleichbar verhält es sich mit dem Blüteende, hier handelt es sich um einen Zeitraum von vier Tagen. (19. Juni bis 24. Juni). Die längste Zeitspanne zwischen Austrieb und Blüteende ist bei Proband 4 VV zu beobachten (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Heunisch), die kürzeste bei Proband 2 VV (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Ruländer).

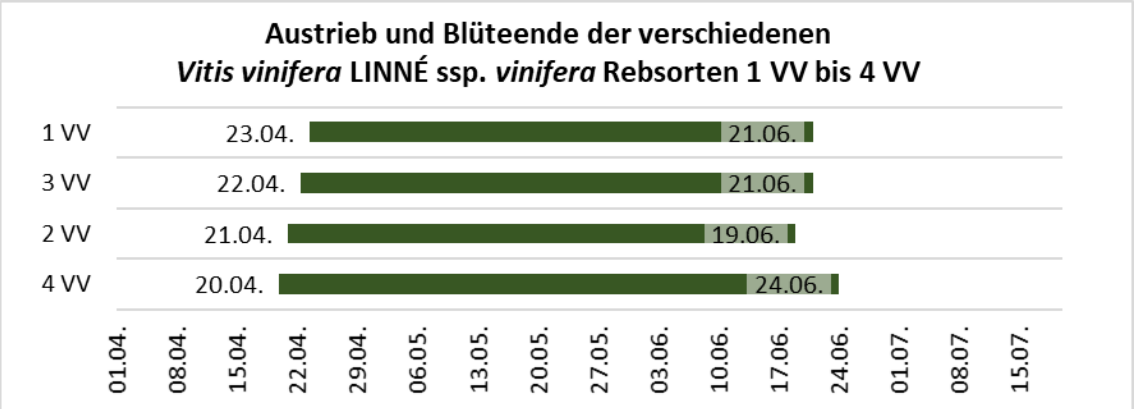


Abbildung 14: Zeitliche Einordnung von Austrieb (Datum links des Balkens) und Blüteende (Datum am rechten Ende des Balkens) der Probanden 1 VV bis 4 VV, geordnet nach dem Datum des Austriebs.

4.1.3 Unterlagen

Austrieb und Blüteende der Unterlagen sind im Abb. 15 dargestellt. Durch einen früheren Austrieb sticht Proband 12 U heraus (Börner), ansonsten spielt sich der Austrieb, genau wie den betrachteten Vertretern der Spezies *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* innerhalb von drei Tagen ab (20. April bis 23. April). Das Ende der Blüte ist divers. Die frühesten Probanden sind am 04. Juni bereits abgeblüht (3 U: Harmony, 7 U: Sori und 9 U: 101 – 14 MGT). Das späteste Blüteende unter den betrachteten Unterlagen ist bei Proband 8 U (Richter 110) zu verzeichnen. Im Gesamten betrachtet liegen die Unterlagen im Vergleich zu den Spezies und den Rebsorten von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* im Mittelfeld, was den Austrieb betrifft und vergleichsweise früh, was das Blüteende betrifft.

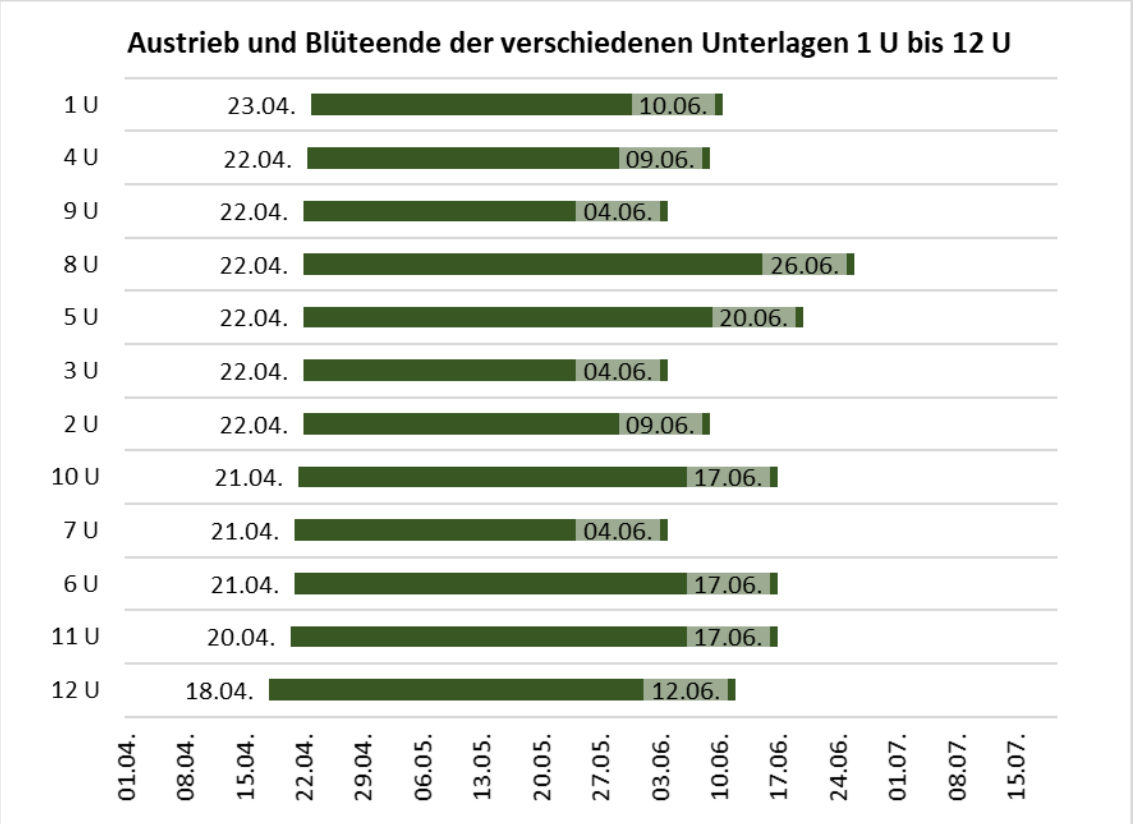


Abbildung 15: Zeitliche Einordnung von Austrieb (Datum links des Balkens) und Blüteende (Datum am rechten Ende des Balkens) der Probanden 1 U bis 12 U, geordnet nach dem Datum des Austriebs.

4.2 Temperatursummenmodelle, Austrieb und Blüteende

In diesem Kapitel und seinen Unterkapiteln werden die Temperatursummenmodelle mit den Daten von Austrieb und Blüteende in Zusammenhang gebracht. Außerdem werden die Korrelationen zwischen der Änderung der Temperatursumme von einem Boniturtag zum Nächsten, berechnet nach den verschiedenen betrachteten Modellen, und die Änderung der BBCH - Stadien von Blättern und Infloreszenzen der einzelnen *Vitis* Spezies, *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten und Unterlagen betrachtet.

4.2.1 Vergleich aller Probanden

Die vergleichende Betrachtung zwischen den Temperatursummen der betrachteten Prognosemodelle und dem Zeitraum zwischen Austrieb und Blüteende ist in Abb. 16 bis 18 dargestellt. Es wird deutlich, dass sich die Temperatursummen der Prognosemodelle auf Grund ihrer variierenden Startzeitpunkte und den variierenden Schwellenwerten in unterschiedlichen Größenbereichen abspielen und auch die Schwankung zwischen den Probanden sich stark unterscheidet. Das Prognosemodell nach HORNEY (1966) ergibt Temperatursummen zwischen 805,3 (Probanden 5, 6, 14, 16, 3 U, 7 U und 9 U) und 1517,8 (Proband 3: *Vitis berlandieri* PLANCHON Gm 0508 - 46). Nach PARKER et al. (2011) schwanken die Temperatursummen zwischen 215,3 (Probanden 5, 6, 14, 16, 3 U, 7 U und 9 U) und 587,8 (Proband 3). Nach MOLITOR et al. (2014) schwankt die Temperatursumme der beobachteten Probanden zum Zeitpunkt BBCH 69 (Ende der Blüte) zwischen 369,6 (Probanden 3 U: Harmony und 9 U :101 - 14 MGT)) und 794,1 (Proband 3: *Vitis berlandieri* PLANCHON Gm 0508 - 46). Nach dem Modell „Neustadt“ schwanken die Werte zwischen 1584,1 (Probanden 5, 6, 14, 16, 3 U, 7 U und 9 U) und 2520,8 (Proband 3). Das Prognosemodell nach MOLITOR et al. (2014) fällt auf, da hier weniger Probanden den gleichen Wert aufweisen. Nur bei zwei Probanden (3 U und 9 U) ergibt sich bei der Errechnung der Temperatursumme der kleinste Wert von 369,6. Während bei den anderen verwendeten Prognosemodellen jeweils sieben Probanden die kleinste Temperatursumme aufweisen.

Bei allen Probanden (1 bis 12 U) fällt auf, dass der Zeitpunkt, an dem das Ende der Blüte eintritt und die Temperatursummen am Blüteende nach den Modellen nach HORNEY (1966), nach PARKER et al. (2011) und nach dem Modell „Neustadt“ sich gleichförmig bewegen (Abb. 16 bis 18), unabhängig vom Zeitpunkt des Austriebs.

4.2.2 *Vitis* Spezies

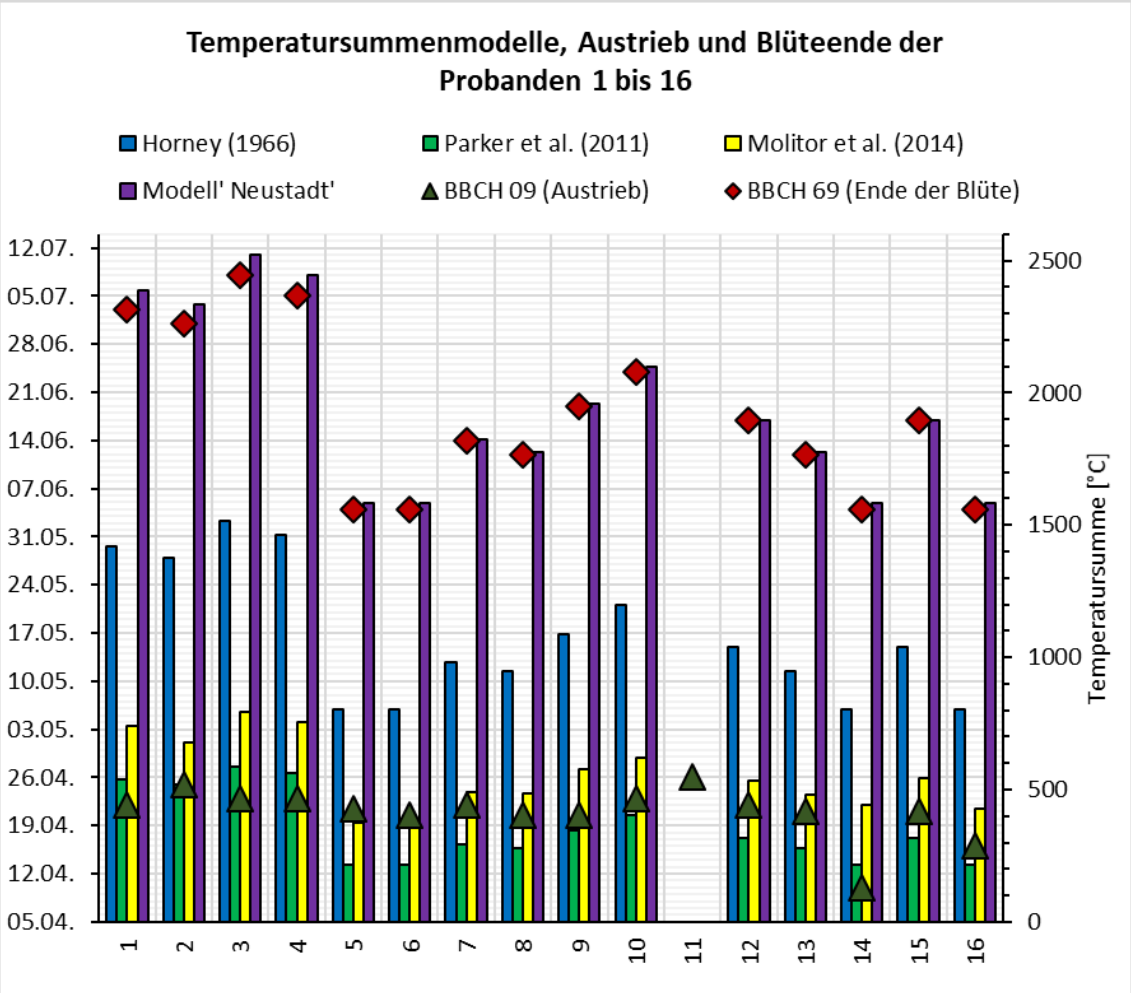


Abbildung 16: Darstellung der jeweiligen Temperatursummen zum Zeitpunkt des Blüteendes berechnet nach den Formeln von HORNEY (1966), PARKER et al. (2011), MOLITOR et al. (2014) und dem Neustädter Modell (WBI, 2019) im Zusammenhang mit Datum des Austriebs und des Endes der Blüte für die Probanden 1 bis 16. Proband 11 ist nur der Vollständigkeit halber mit aufgeführt, da im Versuchszeitraum die Fruchtrute abbrach und die Spezies nicht weiter betrachtet werden konnte.

Unter den *Vitis* Spezies wie in der Gesamtbetrachtung zeigt Proband 3 (*Vitis berlandieri* PLANCHON Gm 0502 – 02) die höchsten Temperatursummen, bei allen Prognosemodellen. Bei Betrachtung aller untersuchten Vertreter einer Spezies folgt auf

Vitis berlandieri PLANCHON (Probanden 1 – 4) *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN (Probanden 9 und 10). Das Schlusslicht unter den *Vitis* Spezies (wie auch in der Gesamtbetrachtung) bilden *Vitis riparia* MICHAUX (Probanden 5 und 6), *Vitis amurensis* RUPRECHT (Proband 14) und *Vitis coignetiae* PULLIAT. Schlusslicht bedeutet in diesem Fall die niedrigste Temperatursumme und damit auch das früheste Blüteende.

Die Korrelationskoeffizienten für die Änderung der Temperatursumme nach den betrachteten Modellen von einem Boniturtag zum Nächsten und die Änderung des Blatt BBCH - Stadiums der betrachteten Probanden 1 bis 16 sind alle positiv (Tab. 8). Bei der Änderung der Temperatursumme nach den betrachteten Modellen und der Änderung des Infloreszenz BBCH - Stadiums gibt es einige Korrelationskoeffizienten, die negativ sind. In Tab. 9 sind alle Korrelationskoeffizienten der Probanden 1 bis 16 dargestellt, die negativen Korrelationskoeffizienten sind rot hervorgehoben. Mit einem Stern markierte Koeffizienten sind signifikant, mit zwei Sternen markierte Koeffizienten sind hoch signifikant. Die stärkste positive Korrelation besteht zwischen der BBCH - Änderung des Blattes von Proband 11 (*Vitis champinii* PLANCHON Gm 0511 - 22) und den Temperatursummenänderungen von den Modellen nach HORNEY (1966), PARKER et al. (2011) und MOLITOR et al. (2014). Die stärkste positive Korrelation zwischen Änderung des Infloreszenz BBCH und der Änderung der Temperatursummen (nach MOLITOR et al. (2014) und PARKER et al. (2011)) zeigt Proband 5 (*Vitis riparia* MICHAUX cv. Gm 80). Sie sind perfekt positiv korreliert (Korrelationskoeffizient: + 1,0). Die stärkste negative Korrelation besteht zwischen der Änderung der Temperatursumme nach HORNEY (1966) und der Änderung des BBCH - Stadium der Infloreszenzen von Proband 14 (*Vitis amurensis* DIELS et GILG, Korrelationskoeffizient: - 0,4). Keinen linearen Zusammenhang zeigen die BBCH - Änderung der Infloreszenz von Proband 8 (*Vitis rupestris* SCHEELE cv. du Lot) mit den Temperatursummenänderungen der Modellen nach PARKER et al. (2011) und MOLITOR et al. (2014) (Korrelationskoeffizient: 0,0). Ebenso kein linearer Zusammenhang festzustellen ist zwischen der Änderung der Temperatursumme nach HORNEY (1966) und der Änderung des BBCH - Stadiums der Infloreszenzen von Proband 16 (*Vitis coignetiae* PULLIAT).

Tabelle 8: Korrelationskoeffizienten nach Spearmans - Rho für die Korrelation der Änderung der Temperatursummen von einem Boniturtag zum Nächsten (Δ Temperatursumme) und die Änderung des BBCH - Stadiums für Blatt (Δ BBCH Blatt) und Infloreszenz (ΔBBCH Infloreszenz), für die Probanden 1 bis 16.

		Δ Temperatur-summe nach HORNEY (1966)	Δ Temperatur-summe nach PARKER et al. (2011)	Δ Temperatur-summe nach MOLITOR et al. (2014)	Δ Temperatur-summe nach Modell "Neustadt" (WBI, 2019)
1	Δ BBCH Blatt	0,479	0,626 *	0,717 **	0,712 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,011	0,111	0,049	0,251
2	Δ BBCH Blatt	0,566 *	0,690 **	0,653 *	0,539 *
	Δ BBCH Infloreszenz	0,344	0,663 **	-0,143	0,465
3	Δ BBCH Blatt	0,569 *	0,733 **	0,829 **	0,925 *
	Δ BBCH Infloreszenz	0,199	0,153	-0,031	0,140
4	Δ BBCH Blatt	0,48	0,562 *	0,671 *	0,680 *
	Δ BBCH Infloreszenz	-0,196	0,050	0,026	-0,069
5	Δ BBCH Blatt	0,736 **	0,836 **	0,873 **	0,909 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,200	1,000 **	1,000 **	0,800
6	Δ BBCH Blatt	0,709 **	0,818 **	0,842 **	0,794 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,400	0,800	0,800	0,400
7	Δ BBCH Blatt	0,718 **	0,836 **	0,818 **	0,764 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,262	0,476	0,548	0,595
8	Δ BBCH Blatt	0,44	0,784 **	0,711 **	0,633 *
	Δ BBCH Infloreszenz	0,286	0,000	0,000	-0,214
9	Δ BBCH Blatt	0,467	0,527	0,600 *	0,697 *
	Δ BBCH Infloreszenz	0,067	0,188	0,091	-0,200
10	Δ BBCH Blatt	0,509	0,755 **	0,764 **	0,809 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,175	0,259	0,168	-0,161
11	Δ BBCH Blatt	1,000 **	1,000 **	1,000 **	0,500
	Δ BBCH Infloreszenz	-0,258	0,775	0,775	0,258
12	Δ BBCH Blatt	0,500	0,762 *	0,762 *	0,786 *
	Δ BBCH Infloreszenz	-0,067	0,200	-0,033	-0,183
13	Δ BBCH Blatt	0,770 **	0,830 **	0,818 **	0,867 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,000	0,393	0,143	-0,107
14	Δ BBCH Blatt	0,645 *	0,827 **	0,773 **	0,600 *
	Δ BBCH Infloreszenz	-0,400	0,800	0,800	0,600
15	Δ BBCH Blatt	0,790 **	0,839 **	0,888 **	0,863 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,250	0,367	0,283	0,150
16	Δ BBCH Blatt	0,358	0,539	0,370	0,285
	Δ BBCH Infloreszenz	0,000	0,400	0,400	-0,200

* Die Korrelation ist zu einem 0,05 Level (Einseitig) signifikant

** Die Korrelation ist zu einem 0,01 Level (Einseitig) signifikant

4.2.3 *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten

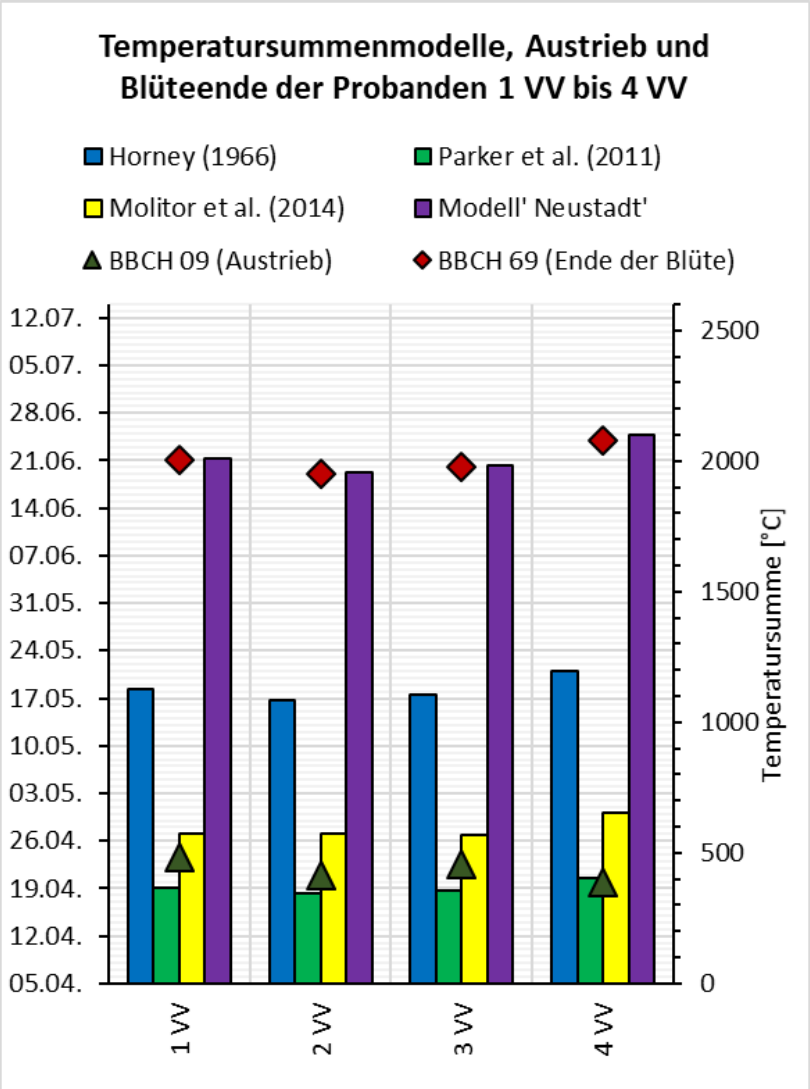


Abbildung 17: Darstellung der jeweiligen Temperatursummen zum Zeitpunkt des Blüteendes berechnet nach den Formeln von HORNEY (1966), PARKER et al. (2011), MOLITOR et al. (2014)und dem Neustädter Modell (WBI, 2019) im Zusammenhang mit Datum des Austriebs und Ende der Blüte für die Probanden 1 VV bis 4 VV.

Die vier betrachteten Rebsorten der Spezies *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* unterscheiden sich hinsichtlich der Temperatursummen der einzelnen Prognosemodelle, als auch hinsichtlich der Daten von Austrieb und Ende der Blüte nur marginal (Abb. 17). Die höchsten jeweiligen Temperatursummen weist Proband 4 VV (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Heunisch) auf. Bei den Prognosemodellen nach HORNEY (1966), PARKER et al. (2011) und dem Modell „Neustadt“ steigt die Temperatursumme zwischen den Probanden in folgender Reihenfolge: 2 VV < 3 VV <

1 VV < 4 VV. Nur bei dem Prognosemodell nach MOLITOR et al. (2014) steigt die Temperatursumme in folgender Reihenfolge an: 3 VV < 2 VV < 1 VV < 4 VV. Werden alle Probanden (1 bis 16; 1 VV bis 4 VV und 1 U bis 12 U) betrachtet, sind die *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Probanden unauffällig. Sie haben weder die höchsten noch die niedrigsten Temperatursummen.

Tabelle 9: Korrelationskoeffizienten nach Spearmans - Rho für die Korrelation der Änderung der Temperatursummen von einem Boniturtag zum Nächsten (Δ Temperatursumme) und die Änderung des BBCH - Stadiums für Blatt (Δ BBCH Blatt) und Infloreszenz (Δ BBCH Infloreszenz), für die Probanden 1 VV bis 4 VV.

		Δ Temperatur-summe nach HORNEY (1966)	Δ Temperatur-summe nach PARKER et al. (2011)	Δ Temperatur-summe nach MOLITOR et al. (2014)	Δ Temperatur-summe nach Modell "Neustadt" (WBI, 2019)
1 VV	Δ BBCH Blatt	0,752 **	0,761 **	0,779 **	0,793 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,045	0,536 *	0,109	-0,018
2 VV	Δ BBCH Blatt	0,706 **	0,770 **	0,834 **	0,875 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,152	0,015	0,079	-0,248
3 VV	Δ BBCH Blatt	0,500	0,500	0,600 *	0,664 *
	Δ BBCH Infloreszenz	0,245	0,145	0,209	0,036
4 VV	Δ BBCH Blatt	0,600 *	0,721 **	0,794**	0,830 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,245	0,385	0,175	-0,035

* Die Korrelation ist zu einem 0,05 Level (Einseitig) signifikant

** Die Korrelation ist zu einem 0,01 Level (Einseitig) signifikant

Die Korrelationskoeffizienten der Änderung der Temperatursummen und der Änderung der BBCH - Stadien der Blätter der Probanden 1 VV bis 4 VV sind alle positiv. Die drei negativ korrelierten Werte sind in Tab. 9 rot hervorgehoben. Es fällt auf, dass viele der positiven Werte signifikant bis hoch signifikant sind (ein Stern: signifikant, zwei Sterne: hoch signifikant). Der Korrelationskoeffizient zwischen der Änderung des BBCH - Stadiums der Blätter von Proband 1 VV (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Riesling) und die Änderung der Temperatursumme nach PARKER et al. (2011) zeigt ebenfalls eine signifikante positive Korrelation (Korrelationskoeffizient: 0,536*). Die geringste positive Korrelation der Änderung des Blatt BBCH und der Änderung der Temperatursummen zeigt Proband 3 VV (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Grüner Silvaner).

4.2.4 Unterlagen

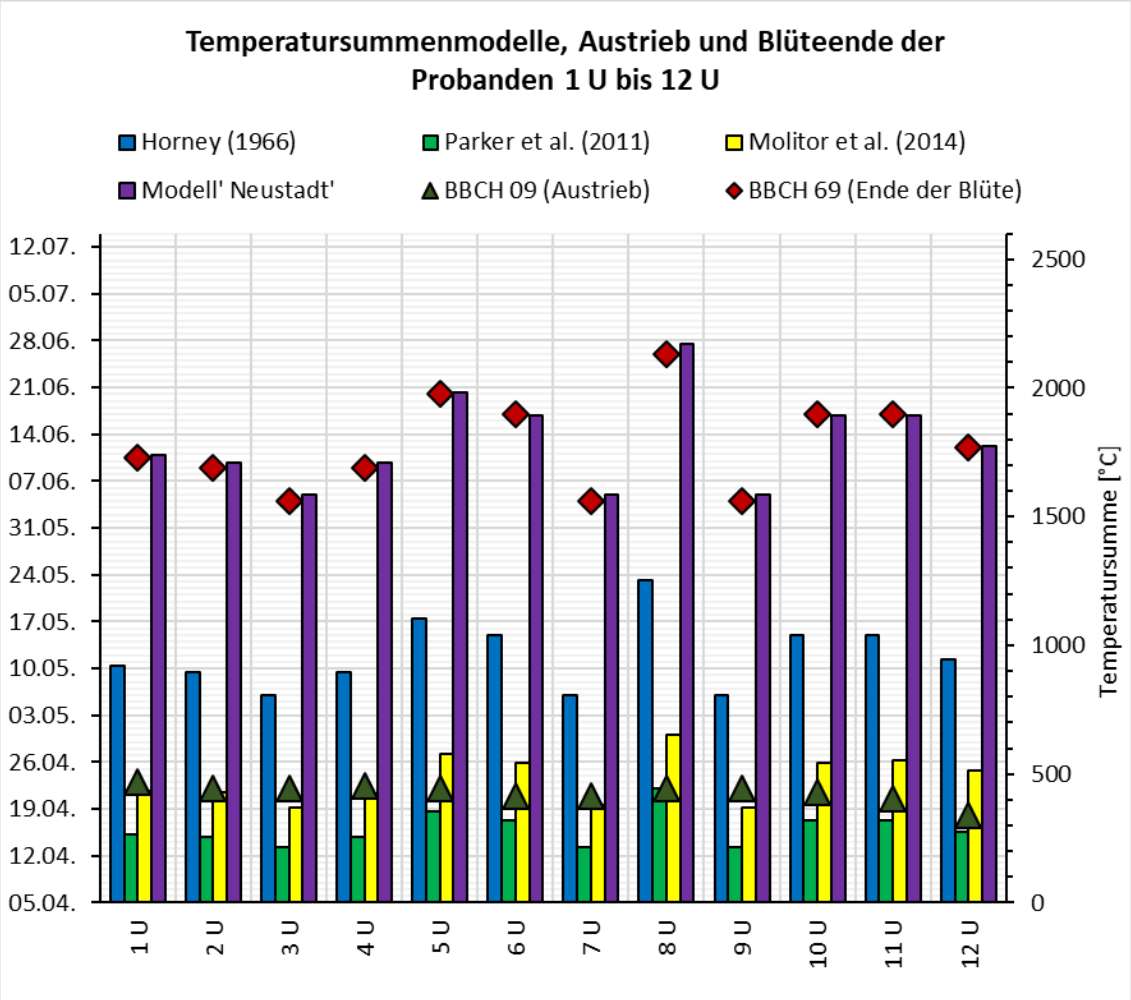


Abbildung 18: Darstellung der jeweiligen Temperatursummen zum Zeitpunkt des Blüteendes berechnet nach den Formeln von HORNEY (1966), PARKER et al. (2011), MOLITOR et al. (2014)und dem Neustädter Modell (WBI, 2019) im Zusammenhang mit Datum des Austriebs und Ende der Blüte für die Probanden 1 U bis 12 U.

Die betrachteten Unterlagen 3 U (Harmony), 7 U (Sori) und 9 U (101 – 14 MGT) gehören zu den Probanden mit den niedrigsten Temperatursummen im Gesamtvergleich. Werden die Unterlagen separat von den anderen Probanden betrachtet hat Proband 8 U (Richter 110) die höchsten Temperatursummen zum Zeitpunkt des Blüteendes (Abb. 18).

Bei Betrachtung der Korrelationskoeffizienten der Unterlagen besteht die stärkste positive Korrelation zwischen der Änderung des BBCH - Stadiums des Blattes von Proband 8 U (Richter 110) und der Änderung der Temperatursumme nach MOLITOR et al. (2014). Es fällt auf, dass besonders viele negative

Tabelle 10: Korrelationskoeffizienten nach Spearmans-Rho für die Korrelation der Änderung der Temperatursummen von einem Boniturtag zum Nächsten (Δ Temperatursumme) und die Änderung des BBCH - Stadiums für Blatt (Δ BBCH Blatt) und Infloreszenz (Δ BBCH Infloreszenz), für die Probanden 1 U bis 12 U.

		Δ Temperatur-summe nach HORNEY (1966)	Δ Temperatur-summe nach PARKER et al. (2011)	Δ Temperatur-summe nach MOLITOR et al. (2014)	Δ Temperatur-summe nach Modell "Neustadt" (WBI, 2019)
1 U	Δ BBCH Blatt	0,355	0,545 *	0,545 *	0,691 **
	Δ BBCH Infloreszenz	-0,179	0,000	0,107	0,214
2 U	Δ BBCH Blatt	0,864 **	0,727 **	0,764 **	0,664 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,486	0,600	0,600	0,600
3 U	Δ BBCH Blatt	0,064	0,445	0,309	0,409
	Δ BBCH Infloreszenz	0,800	0,400	0,400	0,800
4 U	Δ BBCH Blatt	0,582 *	0,800 **	0,727 **	0,682 *
	Δ BBCH Infloreszenz	0,771 *	0,543	0,543	0,657
5 U	Δ BBCH Blatt	0,373	0,691 **	0,627 *	0,600
	Δ BBCH Infloreszenz	0,100	0,318	0,100	-0,145
6 U	Δ BBCH Blatt	0,791 **	0,845 **	0,900 **	0,855 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,150	0,733 **	0,350	-0,050
7 U	Δ BBCH Blatt	0,636 **	0,691 **	0,791 **	0,791 **
	Δ BBCH Infloreszenz	-0,600	0,200	0,200	-0,400
8 U	Δ BBCH Blatt	0,916 **	0,934 **	0,984 **	0,893 **
	Δ BBCH Infloreszenz	0,269	-0,253	0,319	-0,049
9 U	Δ BBCH Blatt	0,118	0,509	0,373	0,418
	Δ BBCH Infloreszenz	0,800	0,400	0,400	0,800
10 U	Δ BBCH Blatt	0,427	0,727 **	0,655 *	0,655 *
	Δ BBCH Infloreszenz	0,300	0,567	0,267	-0,117
11 U	Δ BBCH Blatt	0,836 **	0,736 **	0,782 **	0,664 *
	Δ BBCH Infloreszenz	0,350	0,383	0,383	0,300
12 U	Δ BBCH Blatt	0,406	0,515	0,406	0,406
	Δ BBCH Infloreszenz	0,036	-0,214	-0,250	-0,357

* Die Korrelation ist zu einem 0,05 Level (Einseitig) signifikant

** Die Korrelation ist zu einem 0,01 Level (Einseitig) signifikant

Korrelationskoeffizienten auftreten (Tab. 10). Die stärkste negative Korrelation des gesamten Untersuchung besteht zwischen der Änderung des BBCH - Stadiums der Infloreszenzen von Proband 7 U (Sori) und der Änderung der Temperatursumme nach HORNEY (1966) (Korrelationskoeffizient: - 0,6). Eine hoch signifikante Korrelation besteht auch zwischen der Änderung des Infloreszenz BBCH des Probanden 6 U (Kober 5 BB) und der Änderung der Temperatursumme nach PARKER et al. (2011).

4.3 Entwicklungsverlauf der Probanden

Im folgenden Kapitel der Ergebnisbetrachtung wird der Verlauf der Blüte genauer betrachtet. Die Unterteilung erfolgt hier zunächst anhand der Spezies, dann folgen die Rebsorten von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* und die Unterlagensorten. Bei allen Werten des Entwicklungsverlaufes handelt es sich um Mittelwerte zwischen den Trieben aller betrachteter Rebstöcke. Um veranschaulichende Werte zu erreichen wurde bei Trieben, die noch keine Infloreszenz gebildet haben, der BBCH - Wert „50“ eingetragen. Daher ergeben sich bei den Mittelwerten BBCH - Werte zwischen 50 und 53, obwohl die BBCH - Stadien 50 bis 52 für die Rebe nicht spezifiziert sind.

4.3.1 *Vitis berlandieri* PLANCHON

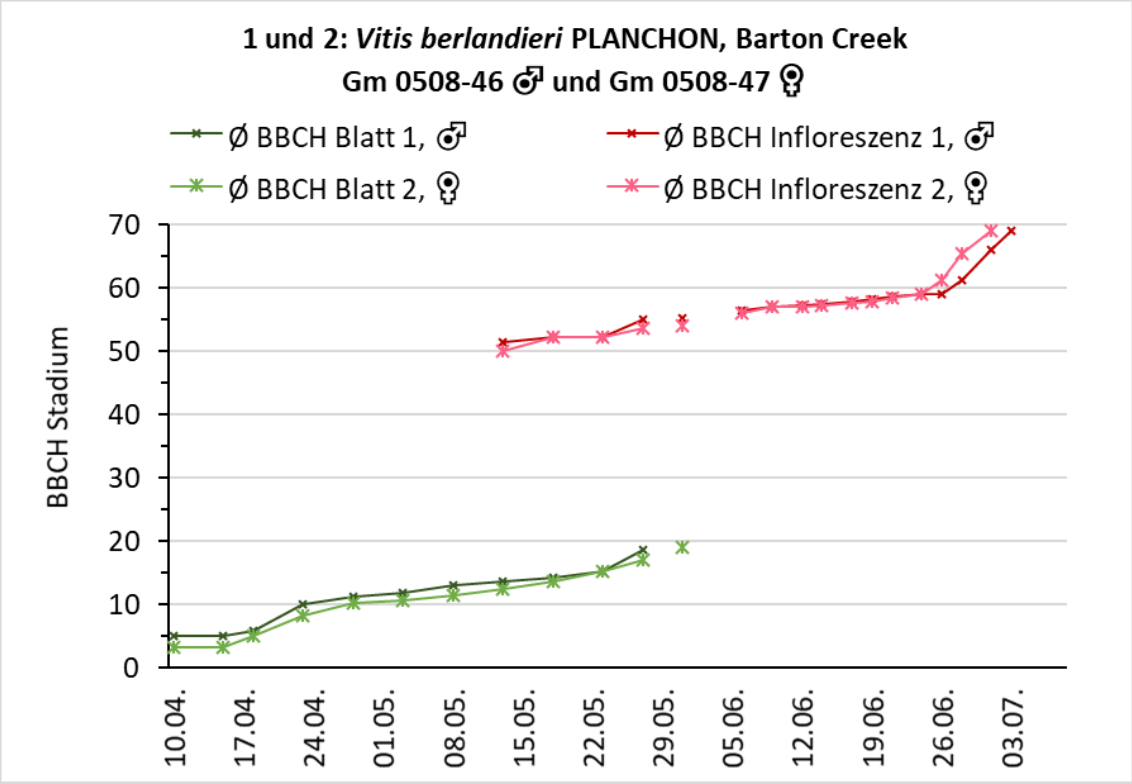


Abbildung 19: Entwicklungsverlauf der betrachteten *Vitis berlandieri* PLANCHON Selektionen aus der Region Barton Creek (Probanden 1 und 2) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

Die Blattentwicklung der vier betrachteten *Vitis berlandieri* PLANCHON Selektionen verhält sich gleichförmig (Abb. 19 und 20). Proband 1 erreicht einen Boniturtag vor den restlichen Selektionen das BBCH - Stadium 19 und somit das Ende der Aufzeichnung der

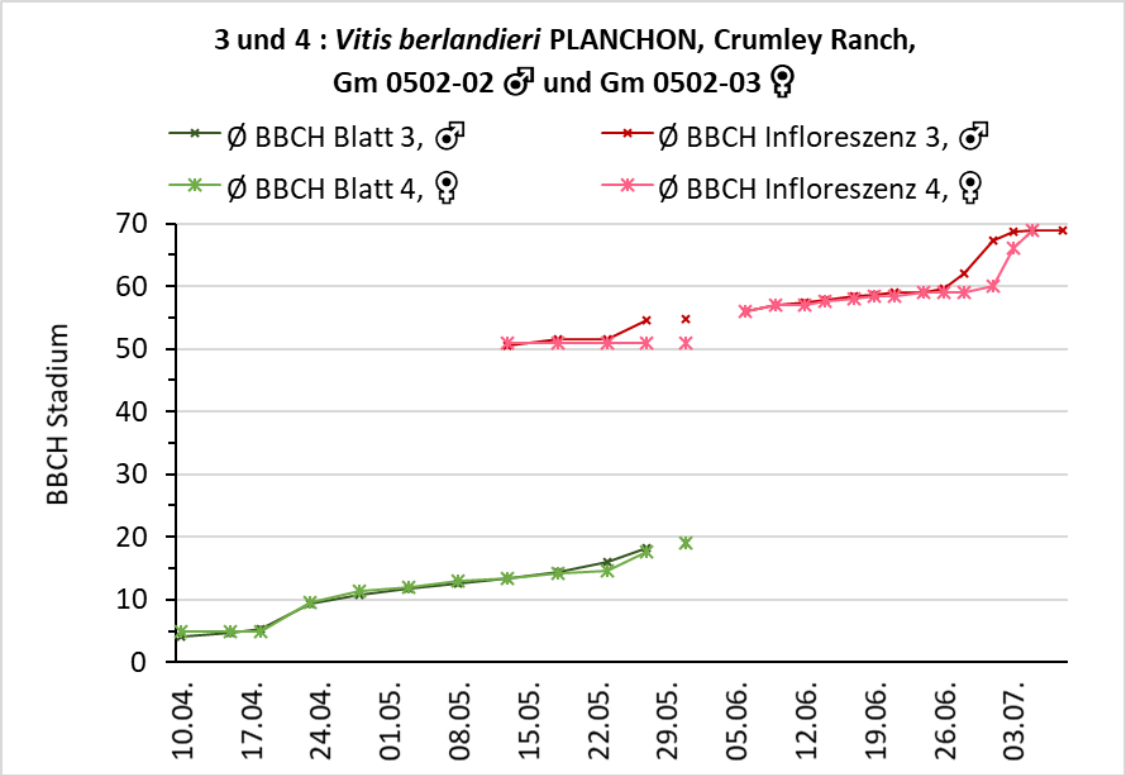


Abbildung 20: Entwicklungsverlauf der betrachteten *Vitis berlandieri* PLANCHON Selektionen aus der Region Crumley Ranch (Probanden 3 und 4) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

Blatt BBCH - Stadien (27.05.2019). Damit ist Proband 1 im Gesamtvergleich mit der Erste, der BBCH 19 erreicht. Proband drei zeigt den längsten Zeitraum zwischen Beginn der Infloreszenzentwicklung und Ende der Blüte (13.05.2019 bis 08.07.2019), hier fällt außerdem auf, dass der Abschluss der Blüte (BBCH 68 bis 69) einen großen Teil der gesamten Blühdauer einnimmt. Der Beginn des Abwurfs der Blütenkäppchen (BBCH 61) ist bei allen betrachteten *Vitis berlandieri* PLANCHON Selektionen spät im Vergleich zu allen anderen Probanden der vorliegenden Arbeit (2: 26.06.2019; 1 und 3: 28.06.2019; 4: 01.07.2019). Die tatsächliche Blüte (BBCH 60 bis 69) ist bei den Probanden 1, 2 und 4 zügig abgeschlossen (vier bis fünf Tage). Bei Proband 3 dauert die Blüte zwölf Tage. Unter den *Vitis* Spezies ist das mit der längste beobachtete Blütezeitraum. Proband 4 zeigt nicht nur den spätesten Beginn der Blüte, sondern auch den kürzesten beobachteten Blütezeitraum in der vorliegenden Arbeit mit vier Tage zwischen Beginn des Abwurfs der Blütenkäppchen und Ende der Blüte.

4.3.2 *Vitis riparia* MICHAUX

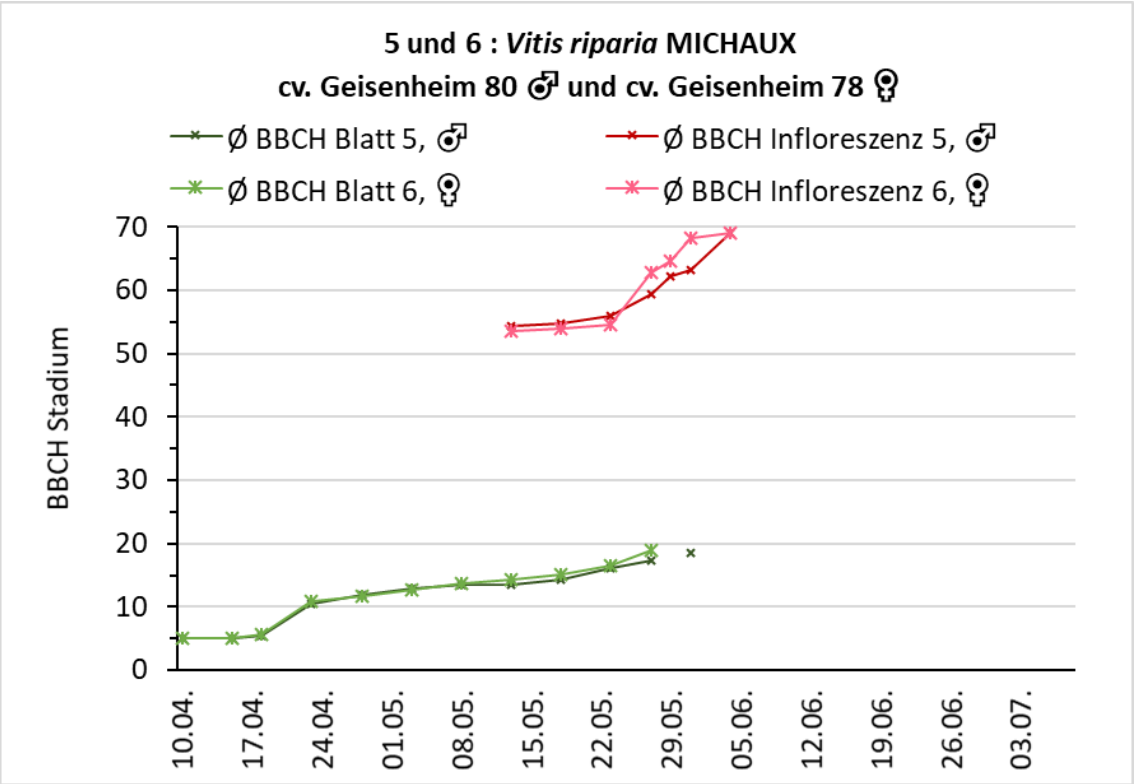


Abbildung 21:Entwicklungsverlauf der betrachteten *Vitis riparia* MICHAUX Rebsorten (Probanden 5 und 6) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

Bei den betrachteten Rebsorten des Spezies *Vitis riparia* MICHAUX fällt auf, dass zwischen Beginn des Abwurfs der Blütenkäppchen (BBCH 61) und dem Ende der Blüte (BBCH 69) ein recht kurzer Zeitraum liegt (Abb. 21). Bei Proband 5 (*Vitis riparia* MICHAUX cv. Gm 80) beginnt das Aufblühen am 29.05.2019 und das Ende der Blüte tritt bereits sechs Tage später am 04.06.2019 ein. Bei Proband 6 (*Vitis riparia* MICHAUX cv. Gm 78), dem weiblichen Vertreter dieser Spezies in der vorliegenden Arbeit, beginnt der Abwurf der Blütenkäppchen bereits am 27.05.2019 und das Ende der Blüte tritt gleichzeitig wie bei Proband 5, am 04.06.2019 ein. Der Zeitraum der Blüte beträgt hier acht Tage. Im Gesamtvergleich der betrachteten Probanden beenden die Vertreter von *Vitis riparia* MICHAUX die Blüte mit als erstes.

4.3.3 *Vitis rupestris* SCHEELE

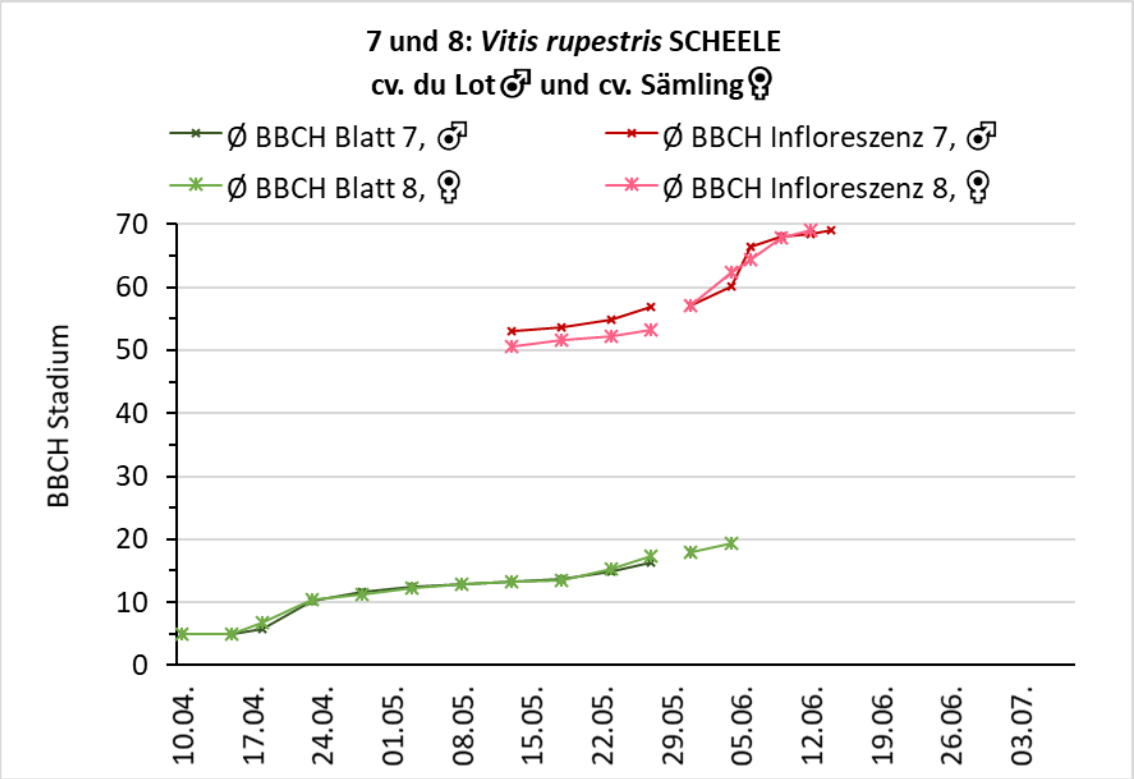


Abbildung 22: Entwicklungsverlauf der betrachteten *Vitis rupestris* SCHEELE Rebsorten (Probanden 7 und 8) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

Die Blattentwicklung von *Vitis rupestris* SCHEELE verhält sich ebenso wie bei den meisten anderen betrachteten Probanden unauffällig (Abb. 22). Im direkten Vergleich der beiden Rebsorten benötigt der weibliche Vertreter (Proband 8: *Vitis rupestris* SCHEELE cv. Sämling) vier Tage mehr, um BBCH 19 zu erreichen. Ähnlich wie bei *Vitis riparia* MICHAUX ist auch bei *Vitis rupestris* SCHEELE zu beobachten, dass das Ende der Blüte im Gesamtvergleich früh einsetzt. Bei Proband 7 (*Vitis rupestris* SCHEELE cv. du Lot), dem männlichen betrachteten Vertreter der Spezies, setzt das Ende der Blüte (BBCH 69) zwei Tage später ein (14.06.2019), als bei Proband 8 (*Vitis rupestris* SCHEELE cv. Sämling: 12.06.2019). Die Blüte dauert bei Proband 7 zehn Tage und bei Proband 8, acht Tage. Die längere Blühdauer von Proband 7 konzentriert sich auf ein langsames Blüteende (BBCH 68 bis 69).

4.3.4 *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN

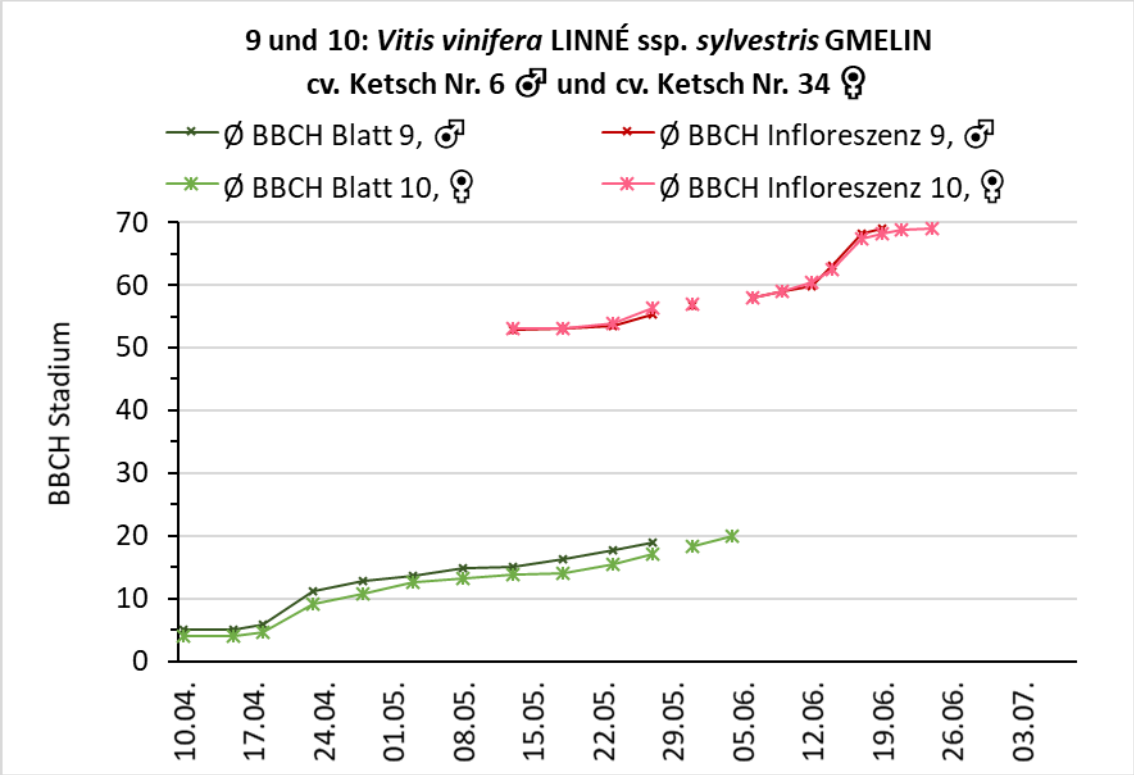


Abbildung 23: Entwicklungsverlauf der betrachteten *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN Rebsorten (Probanden 9 und 10) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

Die Blattentwicklung ist beim weiblichen Vertreter von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN (Proband 10) acht Tage langsamer als beim männlichen Vertreter (Proband 9). Ansonsten verläuft die Blattentwicklung unauffällig (Abb. 23). Wird die Infloreszenzentwicklung betrachtet fällt auf, dass der Zeitraum zwischen Abwurf der ersten Blütenkäppchen und Ende der Blüte bei Proband 10 (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN cv. Ketsch Nr. 34, weiblich) deutlich länger ist als beim männlichen Vertreter (Proband 9, *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN cv. Ketsch Nr. 6). Bei Proband 10 dauert die Blüte zwölf Tage und bei Proband 9 nur fünf. Der Abwurf der Blütenkäppchen setzt bei Proband 10 nur zwei Tage früher ein als bei Proband 9. Das bedeutet Proband 10 blüht sowohl früher als auch länger als Proband 9. Im Vergleich der *Vitis* Spezies zeigt der weibliche Vertreter von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN (Proband 10) mit die längste Blühdauer (zwölf Tage). Die Blüte des männlichen Vertreters (Proband 9) dauert hingegen nur einen Tag länger als die kürzeste Blühdauer im Gesamtvergleich aller Probanden der vorliegenden Arbeit (fünf Tage). Es zeigt sich

außerdem, dass die abgehende Blüte von Proband 10 (BBCH 68 bis 69) sieben Tage der Gesamten Blühdauer von zwölf Tagen einnimmt.

4.3.5 *Vitis champinii* PLANCHON

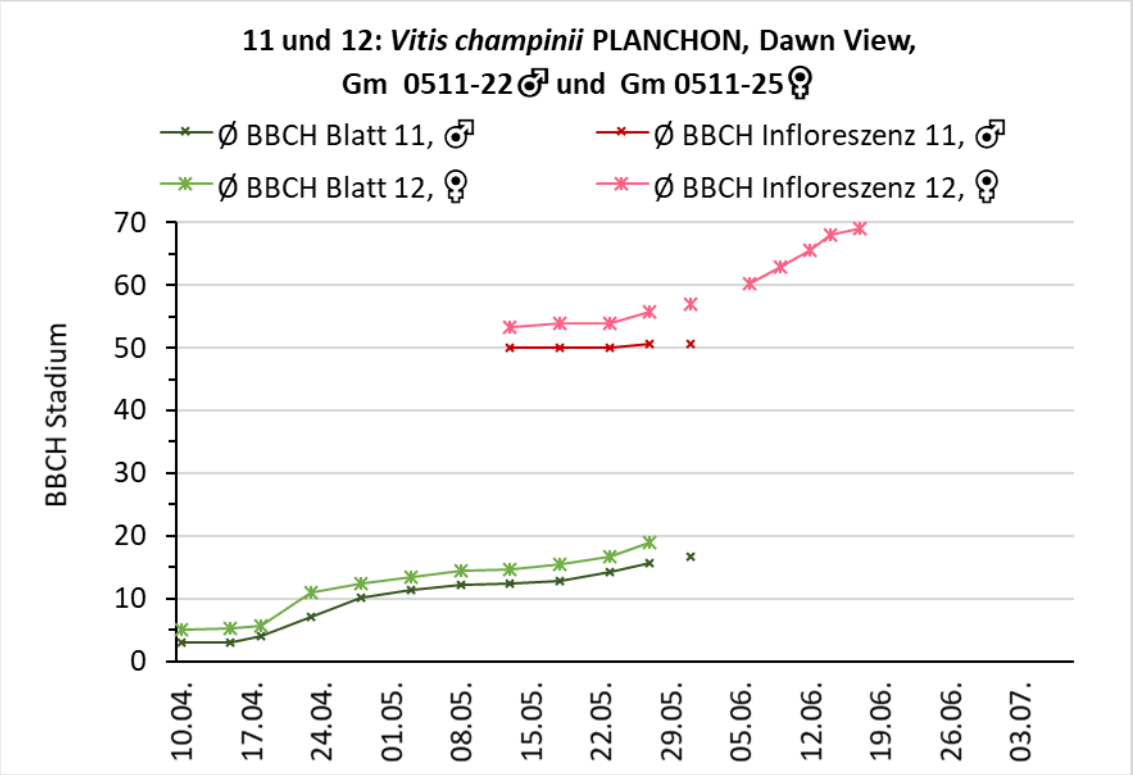


Abbildung 24: Entwicklungsverlauf der betrachteten Vitis champinii PLANCHON Selektionen (Probanden 11 und 12) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen. Für Proband 11 sind die aufgenommenen Daten dargestellt, bevor die beobachtete Rute abbrach.

Der männliche Vertreter von *Vitis champinii* PLANCHON (Proband 11) ist, wie in der restlichen Ergebnisbetrachtung auch, nur der Vollständigkeit halber dargestellt. Die letzten aufgenommenen Daten, bevor die Fruchtrute abbrach, sind vom 31.05.2019. Zu diesem Zeitpunkt sind sieben Blätter voll entwickelt (BBCH 17) und noch keine Infloreszenzen sichtbar (BBCH 50) (Abb. 24). Beim weiblichen Vertreter dieser Spezies (Proband 12) wird das Ende der Bonitur der Blattentwicklung (BBCH 19) bereits am 27.05.2019 erreicht und am 31.05.2019 sind die Gescheine bereits vollentwickelt (BBCH 57). Es wird deutlich, dass die Entwicklung von Proband 12 früher und schneller von statten geht als die von Proband 11. Bei Proband 12 setzt die Blüte am 06.06.2019 ein und ist am 17.06.2019 beendet. Die Blühdauer beträgt für Proband 12 demnach elf Tage, einen Tag weniger als die längste Blühdauer unter den betrachteten *Vitis* Spezies.

4.3.6 *Vitis labrusca* LINNÉ

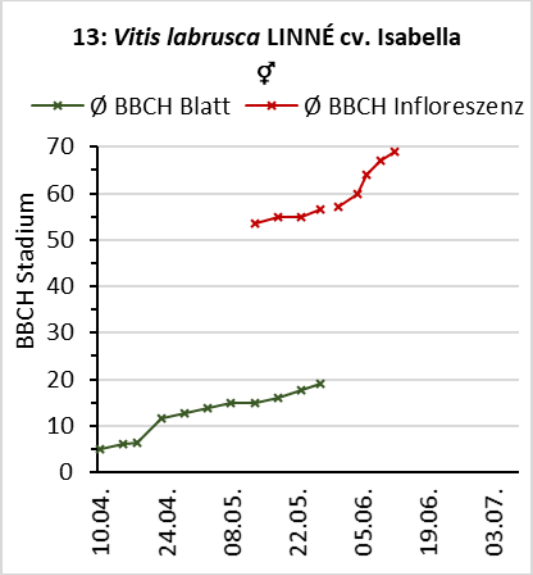


Abbildung 25: Entwicklungsverlauf von *Vitis labrusca* LINNÉ cv. Isabella unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

Die Betrachtung der Blattentwicklung von *Vitis labrusca* LINNÉ cv. Isabella ist unauffällig, ebenso ist die Infloreszenzentwicklung (BBCH 50 bis 59). Die Blüte setzt am 04.06.2019 ein (BBCH 60) und ist am 12.06.2019 abgeschlossen (BBCH 69). Die Blüte dauert demnach acht Tage bei *Vitis labrusca* LINNÉ cv. Isabella, was genau den Mittelwert darstellt zwischen der längsten und der kürzesten Blühdauer der betrachteten *Vitis* Spezies (Abb. 25).

4.3.7 *Vitis amurensis* RUPRECHT

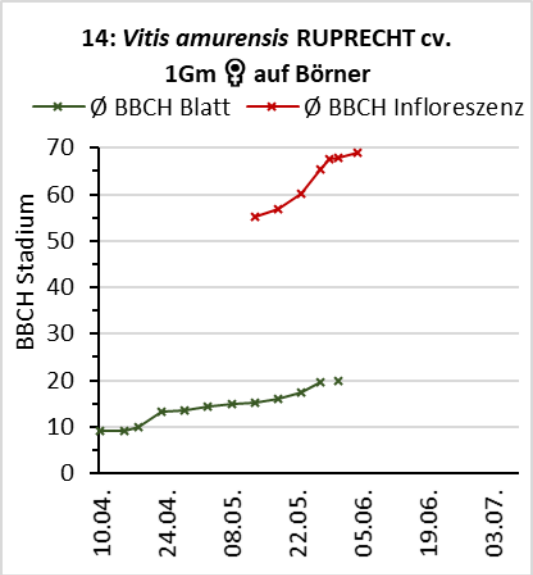


Abbildung 26: Entwicklungsverlauf von *Vitis amurensis* RUPRECHT cv. 1 Gm unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

Die Blattentwicklung verhält sich bei *Vitis amurensis* RUPRECHT cv. 1 Gm unauffällig. Die Infloreszenzentwicklung zeigt sich als die früheste unter den betrachteten Probanden (Abb. 26), ebenso wie der Beginn der Blüte am 23.05. Das Ende der Blüte ist mit anderen Probanden zusammen ebenfalls der Erste (04.06.2019). Die Blühdauer beträgt demnach zwölf Tage, mit die längste Blühdauer unter den betrachteten *Vitis* Spezies. Ebenfalls fällt auf, dass bereits vier Tage nach dem Aufblühen (BBCH 60) die Vollblüte erreicht ist (BBCH 65). Die Blüte dann aber noch weitere acht Tage braucht, um zum Ende zu kommen (BBCH 69).

4.3.8 *Vitis armata* DIELS et GILG

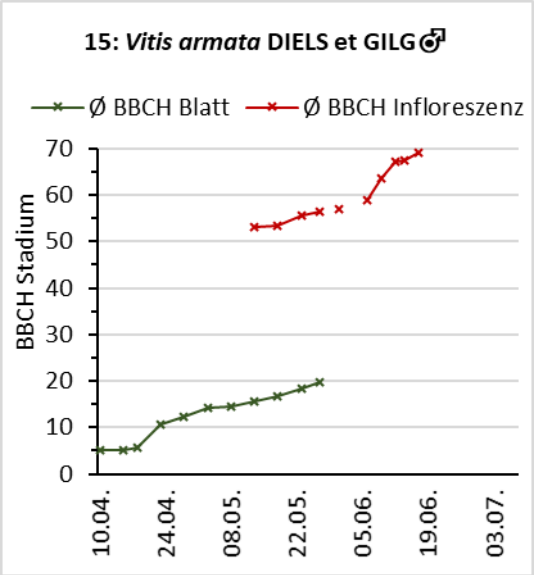


Abbildung 27: Entwicklungsverlauf von *Vitis armata* DIELS et GILG unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

Die Infloreszenzentwicklung von *Vitis armata* DIELS et GILG dauert vom 13.05.2019 bis zum 06.06.2019. Die Blüte beginnt am 06.06.2015 und dauert bis zum 17.06.2019, es ergibt sich eine Blühdauer von elf Tagen. Zwischen dem 12.06.2019 und dem 14.06.2019 schreitet die Blüte kaum voran (Abb. 27). Die Blattentwicklung der Spezies ist unauffällig.

4.3.9 *Vitis coignetiae* PULLIAT

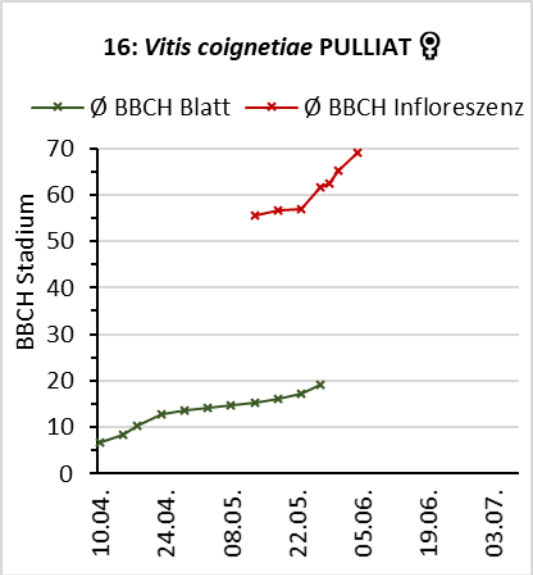


Abbildung 28: Entwicklungsverlauf von *Vitis coignetiae* PULLIAT unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen

Die Infloreszenzentwicklung von *Vitis coignetiae* PULLIAT geht zügig von statten (Abb. 28). Bereits am 27.05.2019 beginnt die Spezies mit dem Abwurf der Blütenkäppchen, am 31.05.2019 steht sie in der Vollblüte und am 04.06.2019 ist alles abgeblüht. Die Blüte dauert demnach acht Tage. Zwischen Vollblüte und Ende der Blüte sind vier Tage. Die Blattentwicklung verhält sich unauffällig.

4.3.10 *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten

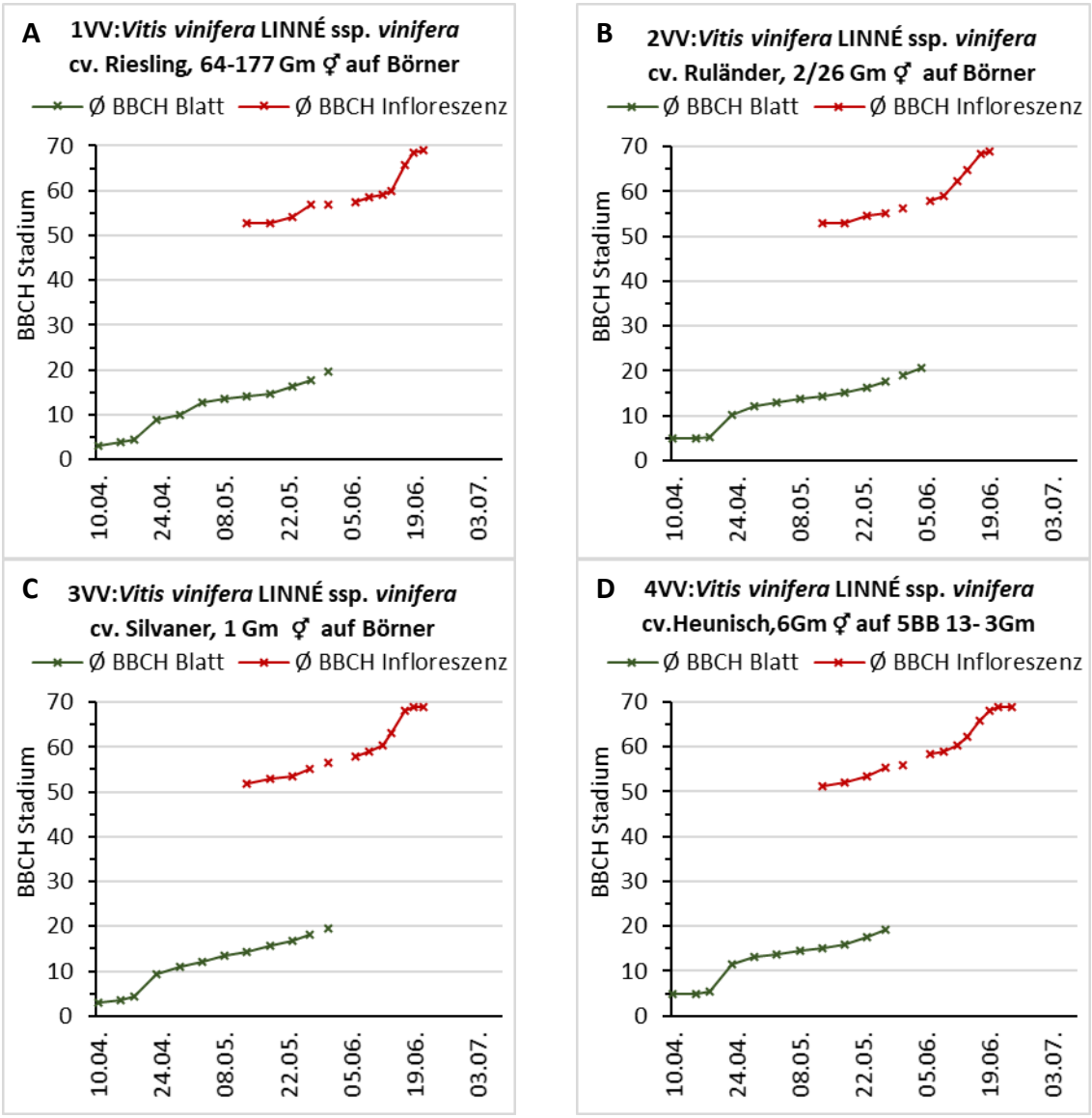


Abbildung 29: Entwicklungsverlauf von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Riesling (A), Ruländer (B), Grüner Silvaner (C) und Weißer Heunisch (D)(Probanden 1 VV bis 4 VV) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

Die Blattentwicklung der *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* ist unauffällig. Proband 4 VV (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Heunisch) erreicht BBCH 19 als erstes (27.05.2019) und Proband 2 VV (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Ruländer) als letztes (04.06.2019). Die Infloreszenzentwicklung beginnt unter den Rebsorten von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* zwischen dem 13.05.2019 (Probanden 1 VV und 2 VV) und dem 23.05.2019 (Probanden 4 VV) (Abb. 29). Der Abwurf der Blütenkäppchen

(BBCH 60) beginnt zwischen dem 09.06.2019 (Proband 2 VV) und dem 14.06.2019 (Proband 1 VV). Zwischen dem 19.06.2019 (Proband 2 VV) und dem 24.06.2019 (Proband 4 VV) endet die Blüte bei den betrachteten Rebsorten von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*. Die Vollblüte setzt bei Proband 2 VV am 14.06.2019 ein und bei den Probanden 1 VV, 3 VV und 4 VV am 17.06.2019. Die Blühdauer beträgt zwischen sieben (Proband 1 VV) und zwölf Tagen (Proband 4 VV). Das Ende der Blüte (68 bis 69) von Proband 4 VV geht langsamer von statten als das der anderen *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Probanden. Im Gesamtvergleich fallen die Probanden der Spezies *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* nicht durch besonders frühe, späte oder schnelle Entwicklung auf.

4.3.11 Unterlagen

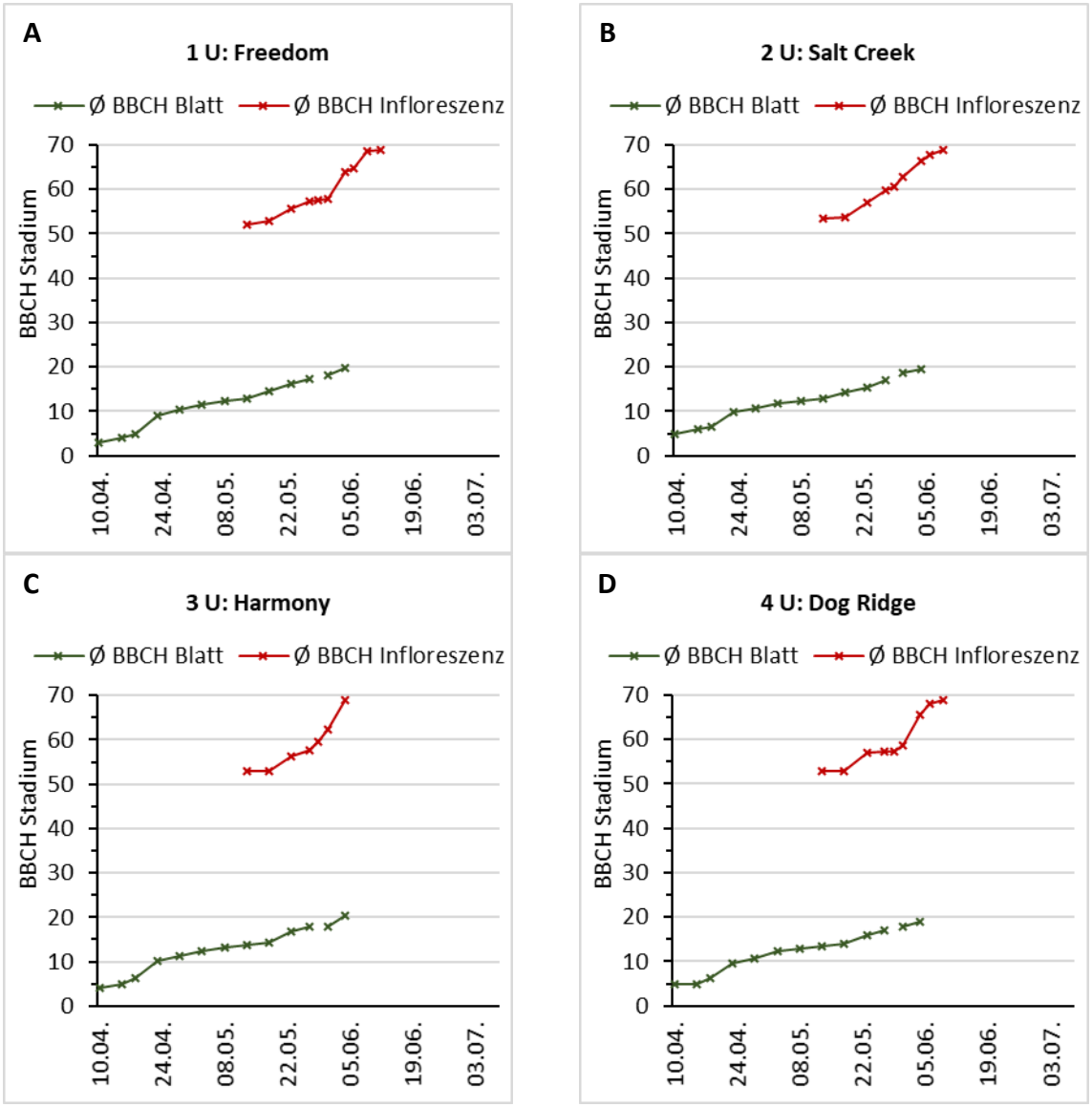


Abbildung 30: Entwicklungsverlauf der Unterlagsrebsorten Freedom (A), Salt Creek (B), Harmony (C) und Dog Ridge (D)(Probanden 1 U bis 4 U) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

Die Blattentwicklung der Unterlagsreben unterscheidet sich nur marginal voneinander., auch im Gesamtvergleich verhält sie sich unauffällig. Um BBCH 19 zu erreichen brauchen die Unterlagsrebsorten in dieser Arbeit mindestens bis zum 27.05.2019 (Proband 12 U: Börner) (Abb. 32 D). Von den zwölf betrachteten Unterlagsrebsorten erreichen sieben Stück am 04.06.2019 BBCH 19 (Probanden 1 U, 2 U, 3 U, 4 U, 5 U, 8 U und 9 U) (Abb. 30, 31 und 32). Das Einsetzen der Blüte (BBCH 60) findet bei den Unterlagsreben zwischen dem 27.05.2019 (Proband 7 U: Sori) und dem 12.06.2019 (Proband 10 U: Kober 125 AA)

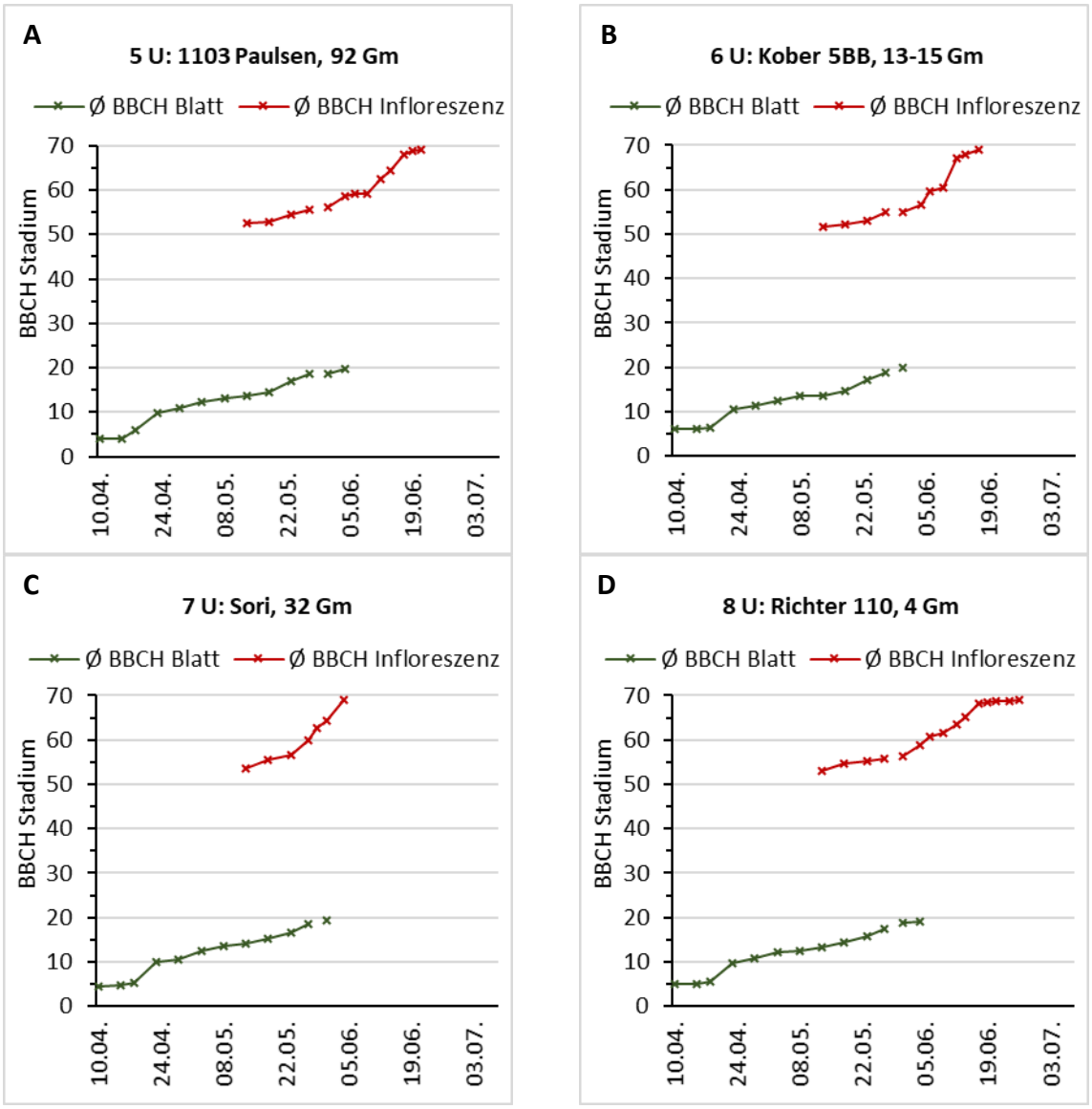


Abbildung 31: Entwicklungsverlauf der Unterlagsrebsorten 1103 Paulsen (A), Kober 5 BB (B), Sori (C) und Richter 110 (D)(Probanden 5 U bis 8 U) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

statt. Das Ende der Blüte (BBCH 69) setzt zwischen dem 04.06.2019 (Probanden 3 U: Harmony, 7 U: Sori und 9 U: 101 – 14 MGT) und dem 26.06.2019 (Proband 8 U: Richter 110). Die Blüte unter den Unterlagen dauert zwischen fünf (Proband 10 U: Kober 125 AA) und 20 Tagen (Proband 8 U: Richter 110). Damit ist der Proband 8 U (Richter 110) der Proband mit der längsten Blühdauer im Gesamtvergleich. Bei den Probanden 5 U (1103 Paulsen), 6 U (Kober 5 BB), 8 U (Richter 110) und 11 U (SO4) kann eine langsamere Entwicklung zum Ende der Blüte (BBCH 68 bis 69) beobachtet werden.

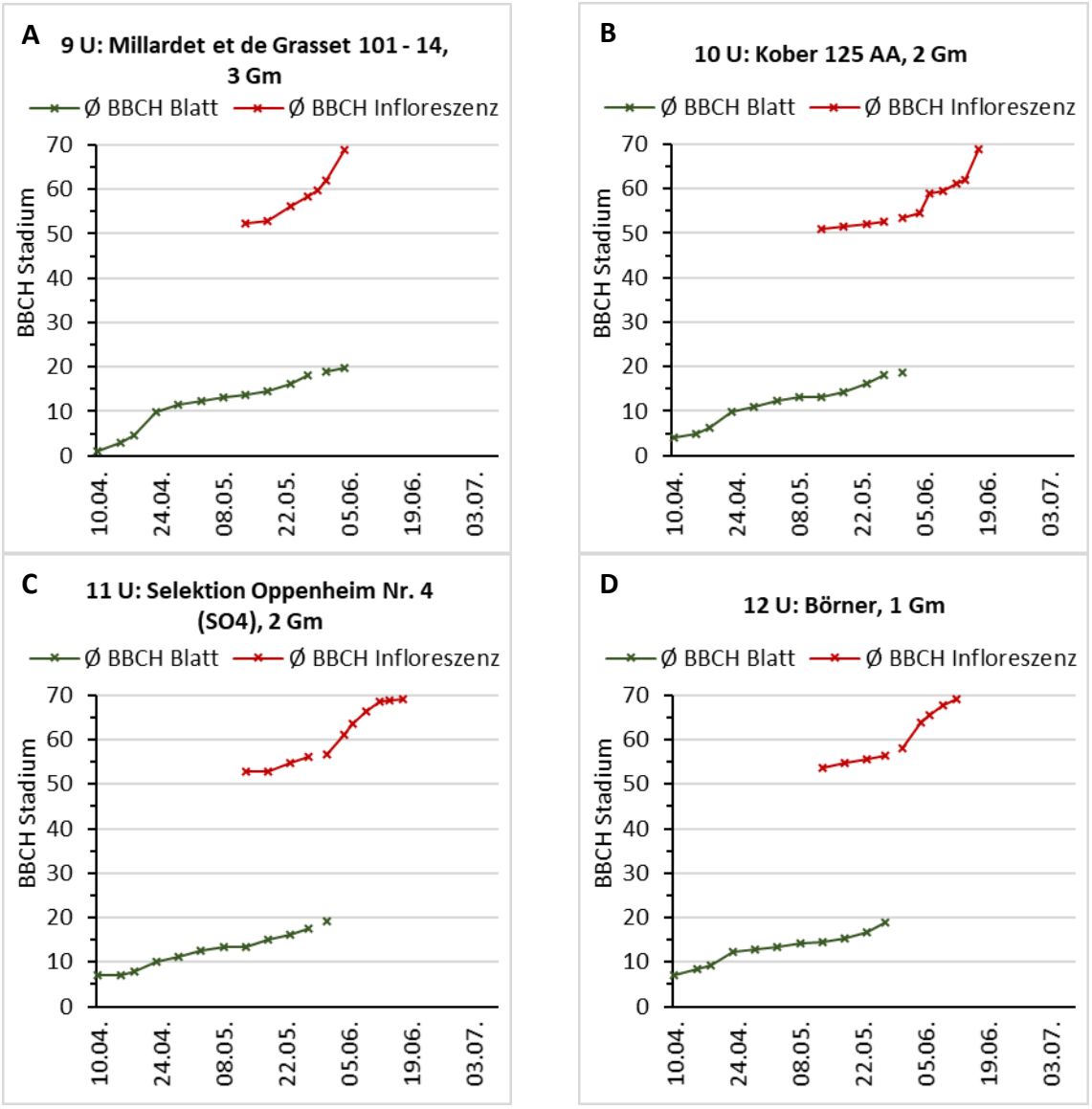


Abbildung 32: Entwicklungsverlauf der Unterlagsrebsorten Millardet et de Grasset 101 – 14 (A), Kober 125 AA (B), Selektion Oppenheimer Nr. 4 (C) und Börner (D) (Probanden 9 U bis 12 U) unter Verwendung der BBCH - Skala. Grün: BBCH - Entwicklung der Blätter. Rot: BBCH - Entwicklung der Infloreszenzen.

4.4 Insertionshöhe und Anzahl der Infloreszenzen

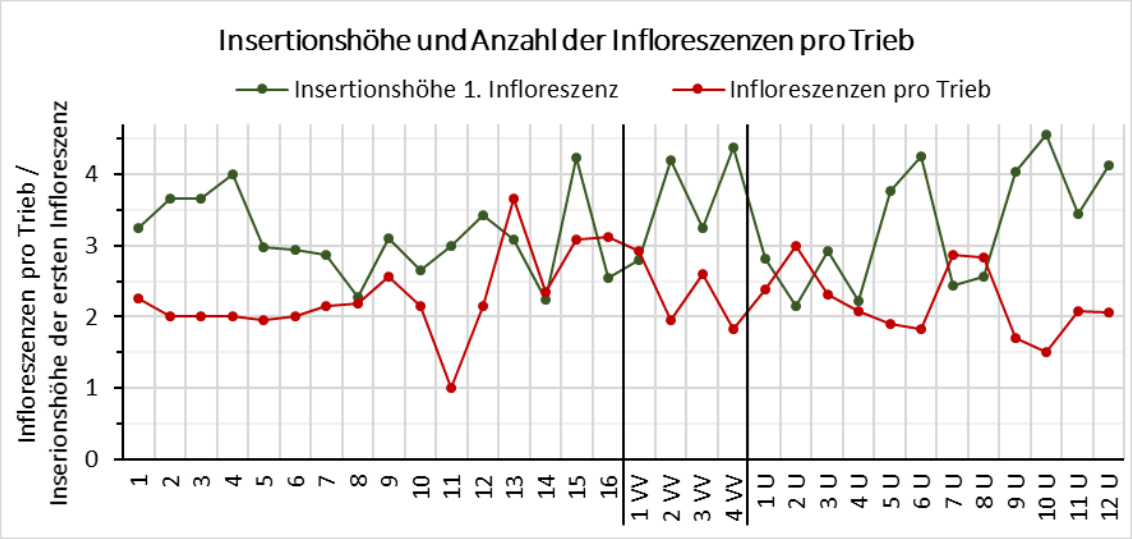


Abbildung 33: Insertionshöhe der ersten Infloreszenz und Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb für alle betrachteten Probanden 1 bis 16, 1 VV bis 4 VV und 1 U bis 12 U.

Bei Betrachtung von Insertionshöhe der ersten Infloreszenz und der Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb fällt auf, dass sie sich gegenläufig verhalten (Abb. 33). Die geringste Anzahl an Infloreszenzen pro Trieb wird bei Proband 11 (*Vitis champinii* PLANCHON, Gm 0511 - 22 Dawn View: 1 Infloreszenz pro Trieb) bonitiert, die höchste bei Proband 13 (*Vitis labrusca* LINNÉ cv. Isabella: 3,65 Infloreszenzen pro Trieb). Die niedrigste Insertionshöhe der ersten Infloreszenz am Trieb wird bei Proband 2 U (Salt Creek) bonitiert (erste Infloreszenz an Trieb 2,15). Die höchste Insertionshöhe der ersten Infloreszenz am Trieb wird bei Proband 10 U (Kober 125 AA) bonitiert (erste Infloreszenz an Trieb 4,56). Bei Proband 8 (*Vitis rupestris* SCHEELE cv. Sämling), Proband 14 (*Vitis amurensis* RUPRECHT cv. 1 Gm) und Proband 1 VV (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Weißer Riesling) liegen die Anzahl an Infloreszenzen pro Trieb und die Insertionshöhe der ersten Infloreszenz nahe beieinander (Differenz < 0,13). Bei höherer Insertionshöhe der ersten Infloreszenz im Vergleich zur Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb besteht der größte Unterschied bei Proband 10 U (Kober 125 AA: Differenz = 3). Bei geringerer Insertionshöhe der ersten Infloreszenz im Vergleich zur Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb besteht der größte Unterschied bei Proband 2 U (Salt Creek: Differenz = 0,85).

5 Diskussion

Die Diskussion gliedert sich in die gleichen Unterkapitel wie die Ergebnisbetrachtung. Die Unterkapitel werden nicht noch einmal untergliedert, um die Gesamtheit der Probanden besser vergleichen zu können.

5.1 Austrieb und Blüteende

Der Austrieb der betrachteten Vertreter von *Vitis berlandieri* PLANCHON (Probanden 1 bis 4) setzt später ein als der Austrieb der anderen betrachteten amerikanischen *Vitis* Spezies (Probanden 5,6, 7, 8, 11, 12, 13). Diese Beobachtung deckt sich auch mit der Sortenspezifikation für *Vitis berlandieri* PLANCHON von KELLER (2015). Der späte Abschluss der Blüte von *Vitis berlandieri* PLANCHON (zwischen dem 01.07.2019 und dem 08.07.2019) ermöglicht die Aussage, dass die Holzausreife ebenfalls spät einsetzt (KELLER, 2015). Es deckt sich auch mit der Aussage von AMBROSI et al. (2011), die von einer langen Vegetationsperiode bei dieser Spezies spricht. Unter den *Vitis berlandieri* PLANCHON Probanden fällt auf, dass die weiblichen Selektionen (Probanden 2 und 4) früher alle Blütenkäppchen abgeworfen haben als die jeweils männlichen Selektionen (Probanden 1 und 3) aus dem gleichen Gebiet. Hinsichtlich der Bestäubung bedeutet das, dass bereits alle Stempel freigelegt sind, bevor die letzten Pollen von den männlichen Selektionen freigesetzt wurden. Der männliche Pollen von *Vitis* Spezies ist nur für wenige Tage überlebensfähig und benötigt nach Landung auf der Narbe zwei bis drei Tage um die Befruchtung abzuschließen (VASCONCELOS et al., 2009). Es ist demzufolge sinnvoll, dass der Stempel bereits freigelegt und bereit für den Pollen ist, wenn der Pollen aus den Pollensäcken freigesetzt wird.

Die Vegetation von *Vitis riparia* MICHAUX wird von OLLAT et al. (2016) als sehr früh beschrieben, was sich mit dem beobachteten frühen Blüteende deckt. Der Austrieb findet im Vergleich der amerikanischen *Vitis* Spezies mit am frühesten statt und deckt sich somit mit der Aussage von KELLER (2015). Mit diesen Eigenschaften, die auf eine kurze Vegetation schließen lassen, ist sie hervorragend angepasst an ihre Heimat im kalten Kanada.

Die Einordnung von OLLAT et al. (2016), die die Vegetation von *Vitis rupestris* SCHEELE als mittel bis spät einordnet, *Vitis berlandieri* PLANCHON als spät und *Vitis riparia* MICHAUX als sehr früh passt zu den Beobachtungen des Blüteendes in dieser Arbeit.

Blüteende und Austrieb von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN bewegen sich im gleichen zeitlichen Rahmen wie die Vertreter von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*. Diese Erkenntnis könnte auf die enge Verwandtschaft der beiden Subspezies zurückgeführt werden (ARNOLD et al., 2005), obwohl THIS et al. (2006) von unterschiedlichen Blütezeitpunkten der Wildform (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN) und der Kulturform (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*) spricht. Die weibliche Rebsorte der Wildform (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN cv. Ketsch Nr. 34) erreicht BBCH 69 fünf Tage nach der männlichen Rebsorte (*Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *sylvestris* GMELIN cv. Ketsch Nr. 6). Damit verhält sie sich entgegengesetzt der Beobachtungen bei den Probanden 1 bis 8, bei denen die weibliche Form BBCH 69 zuerst erreicht. Um eine Erklärung für dieses Phänomen zu finden, sind weitere Untersuchungen nötig.

Der Austrieb von *Vitis champinii* PLANCHON und der als Elter betrachteten Spezies *Vitis rupestris* SCHEELE ähnelt sich stark. Bei Betrachtung der weiblichen Form von *Vitis champinii* PLANCHON gegenüber der weiblichen Form von *Vitis rupestris* SCHEELE, unterscheiden sie sich hauptsächlich hinsichtlich des Blüteendes. Hier ist *Vitis champinii* PLANCHON fünf Tage vor *Vitis rupestris* SCHEELE, obwohl der zweite Elter *Vitis candicans* ENGELMANN von OLLAT et al. (2016) ebenfalls als spät eingestuft wird. Bei Betrachtung der Austriebsdaten von der männlichen Selektion (Proband 11) ist *Vitis champinii* PLANCHON tatsächlich später als *Vitis rupestris* SCHEELE.

Vitis labrusca LINNÉ lässt sich hinsichtlich der Daten von Austrieb und Blüteende nur schwierig mit anderen Spezies vergleichen. Laut KELLER (2015) ähnelt *Vitis labrusca* LINNÉ der asiatischen Spezies *Vitis coignetiae* PULLIAT, die Beobachtungen dieser Arbeit zeigen weder hinsichtlich des Datums des Austriebs noch des Datums des Blüteendes Ähnlichkeiten.

Laut KELLER (2015) sind alle asiatischen *Vitis* Spezies in ihrer Vegetation früher als die Vertreter von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*. Für *Vitis amurensis* RUPRECHT und

Vitis coignetiae PULLIAT trifft dies zu, wobei *Vitis amurensis* RUPRECHT mit dem Austrieb noch sechs Tage vor *Vitis coignetiae* PULLIAT liegt. Die ebenfalls asiatische Spezies *Vitis armata* DIELS et GILG ist sowohl hinsichtlich des Austriebs als auch hinsichtlich des Blüteendes mit der amerikanischen Spezies *Vitis champinii* PLANCHON vergleichbar. Sowohl *Vitis champinii* PLANCHON (COUSINS, 2005) als auch *Vitis armata* DIELS et GILG (LIANG et al., 2013) ist an warme bis heiße Standorte angepasst. *Vitis coignetiae* PULLIAT und *Vitis amurensis* RUPRECHT weisen beide eine gute Resistenz gegenüber Winterfrost auf (AMBROSI et al., 2011), was darauf schließen lässt, das beide Spezies in Regionen heimisch sind, die von Winterfrösten betroffen sind. Was das Blüteende betrifft liegen alle drei betrachteten asiatischen Spezies vor den vier betrachteten *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten, die Aussage von KELLER (2015) trifft hier zu.

Die betrachteten *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten werden vom Austrieb her alle mittel bis spät eingeordnet (BUNDESSORTENAMT, 2015; ANTES, 2019). Dies deckt sich im Gesamtvergleich der Probanden mit den Beobachtungen dieser Arbeit. Die Blüte von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* cv. Ruländer wird als früh bis mittel eingestuft, die von cv. Weißer Riesling und cv. Grüner Silvaner als mittel (BUNDESSORTENAMT, 2015). Bei Betrachtung des Blüteendes unterscheiden sich diese drei Rebsorten kaum. Die Rebsorte Ruländer erreicht das Blüteende vor den beiden anderen Rebsorten und gibt in der Tendenz die Beschreibungen der Literatur wieder.

Bei Betrachtung der Austriebsdaten der Unterlagen fällt lediglich Proband 12 U (Börner) durch ein früheres Austriebsdatum auf. Börner beginnt mit dem Knospenaufbruch bereits vor ihrer Elternspezies *Vitis riparia* MICHAUX. Die zweite Elternspezies dieser Unterlage (*Vitis cinerea* ENGELMANN) wird in dieser Arbeit nicht betrachtet und kann daher nicht direkt in Zusammenhang gebracht werden. Laut AMBROSI et al. (2011) zeichnet sich *Vitis cinerea* ENGELMANN durch eine späte Holzausreife aus, diese Aussage kann in dieser Arbeit nicht auf den Blütezeitraum ihres Nachkommens Börner übertragen werden. Der Vegetationsabschluss von Börner wird als früh bis mittel beschrieben (SCHMID und MANTY, 2003). Diese Aussage deckt sich mit der Beobachtung des Blüteendes im Gesamtvergleich der Unterlagsrebsorten dieser Arbeit.

Bei Betrachtung des Blüteendes der Unterlagen fallen die Probanden 3 U (Harmony), 7 U (Sori) und 9 U (101 – 14 MGT) durch einen besonders frühen Abschluss der Blüte auf. Bei Sori und 101 – 14 MGT deckt sich diese Beobachtung mit der Aussage von SCHMID und MANTY (2003), die den Vegetationsabschluss dieser beiden Unterlagen als früh einordnen. Alle drei Unterlagen mit frühem Blüteabschluss haben *Vitis riparia* MICHAUX in ihrem Stammbaum. Sori und 101 – 14 MGT als direkten Elter, Harmony zumindest als Teil der „Urgroßelterngeneration". Auch die beobachteten *Vitis riparia* MICHAUX Rebsorten in dieser Arbeit weisen einen frühen Abschluss der Blüte auf. Es besteht die Möglichkeit hier Rückschlüsse zu ziehen, die noch weiterer wissenschaftlicher Untersuchung bedürfen. Bei Betrachtung der vier Unterlagensorten, die *Vitis champinii* PLANCHON in ihrem Stammbaum haben (1 U: Freedom, 2 U: Salt Creek, 3 U: Harmony und 4 U: Dog Ridge) fällt auf, dass sie im Abschluss der Blüte alle früher sind als die restlichen Unterlagensorten. Ein direkter Zusammenhang mit den betrachteten *Vitis champinii* PLANCHON Selektionen in dieser Arbeit (Probanden 11 und 12) ist nicht zu beobachten, da diese im Abschluss der Blüte deutlich später sind als die Unterlagen mit *Vitis champinii* PLANCHON Abstammung. Die von SCHMID und MANTY (2003) als mittel beziehungsweise mittel bis spät eingeordneten Unterlagen (Probanden 6 U: Kober 5 BB, 10 U: Kober 125 AA und 11 U: SO4) beenden die Blüte alle gleichzeitig am 17.06.2019 und sind damit im Gesamtvergleich der Unterlagen auch mittel bis spät. Kober 5 BB, Kober 125 AA und SO4 haben als Eltern alle *Vitis berlandieri* PLANCHON und *Vitis riparia* MICHAUX. Der Zeitpunkt des Blüteendes liegt demnach bei den Nachkommen zwischen den Zeitpunkten des Blüteendes der beiden Eltern Spezies. Die beiden von SCHMID und MANTY (2003) im Vegetationsabschluss als spät (Proband 5 U: 1103 Paulsen) und sehr spät (Proband 8 U: Richter 110) eingeordneten Unterlagsrebsorten schließen die Blüte im Vergleich zu den anderen Unterlagsrebsorten auch spät (1103 Paulsen: 20.06.2019) und sehr spät (Richter 110: 26.06.2019) ab. Mit diesen Daten für das Ende der Blüte liegen die beiden Probanden zwischen den in dieser Arbeit betrachteten Vertretern ihrer Elternspezies. Sowohl 1103 Paulsen als auch Richter 110 stammen von *Vitis berlandieri* PLANCHON und *Vitis rupestris* SCHEELE ab.

5.2 Temperatursummenmodelle, Austrieb und Blüteende

Die Werte der Temperatursummen nach HORNEY (1966), PARKER et al. (2011) und dem Modell „Neustadt“ verlaufen gleichförmig. Soll heißen, den höchsten beziehungsweise niedrigsten Wert in der Gesamtbeobachtung hat der gleiche Proband für alle drei Prognosemodelle. Den höchsten Wert, der Proband mit dem spätesten Blüteende und den niedrigsten Wert, des mit dem frühesten Blüteende. Das Modell nach MOLITOR et al. (2014) unterscheidet sich in dieser Hinsicht von den anderen. Hier haben insgesamt weniger Probanden den gleichen Wert, da der Zeitpunkt des Beginns der Summierung der Gradtage variabel ist (MOLITOR et al., 2014). Bei den anderen drei Modellen ist jeweils ein festgelegter Tag der Start der Summierung, wenn sich auch dieser Tag von Prognosemodell zu Prognosemodell unterscheidet. Bei MOLITOR et al. (2014) handelt es sich um den Zeitpunkt des Austriebs, der für jeden Proband unterschiedlich ist. Die Probanden, die die höchsten Temperatursummen im Gesamtvergleich erreichen (*Vitis berlandieri* PLANCHON), haben keinen besonders frühen Austrieb, der die hohe Temperatursumme erklären würde, sondern schließen die Blüte so deutlich viel später ab als die anderen Probanden, dass der hohe Wert sich damit erklären lässt. Die Probanden, die für alle vier Temperatursummenmodelle am Ende der Blüte die niedrigsten Werte erreichen (Proband 3 U: Harmony und 9 U: 101 – 14 MGT), haben den kürzesten Zeitraum zwischen Austrieb (22.04.2019) und Blüteende (04.06.2019). Dieses frühe Blüteende (04.06.21019) weisen noch weitere Probanden auf (5 und 6: *Vitis riparia* MICHAUX, 14: *Vitis amurensis* RUPRECHT, 16: *Vitis coignetiae* PULLIAT, 7 U: Sori), das Austriebsdatum ist ebenfalls früher. Sie haben in allen Modellen, außer dem nach MOLITOR et al. (2014) den gleichen Wert wie Harmony und 101 – 14 MGT.

Die höchsten Temperatursummen am Ende der Blüte in allen betrachteten Modellen werden von den Probanden der Spezies *Vitis berlandieri* PLANCHON erzielt, die höchsten hierbei von Proband 3 (männlich). Der Ursprung dieser Spezies liegt in den heißen und trockenen Regionen von Mexiko und Texas (AMBROSI et al., 2011). Die hohen

Temperatursummen unterstreichen eine Anpassung an die klimatischen Bedingungen dieser Region.

Die niedrigen Temperatursummen von *Vitis riparia* MICHAUX und *Vitis coignetiae* PULLIAT lassen sich ebenfalls durch ihre Herkunft erklären. *Vitis riparia* MICHAUX stammt aus dem kühlen Kanada und zeichnet sich unteranderem durch eine Frostresistenz von bis zu – 40 °C aus, *Vitis coignetiae* PULLIAT ist an große Höhen gewöhnt (AMBROSI et al., 2011). *Vitis armata* DIELS et GILG stammt aus subtropischen Gebieten, ist daher an hohe Temperaturen angepasst und hat eine geringe Frostresistenz (LIANG et al., 2013). Die geringen Temperatursummen, ebenso wie der frühe Austrieb und das frühe Blüteende dieser Spezies, die in dieser Arbeit auffallen bedürfen weiterer Untersuchungen.

Unter den betrachteten *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten hat der cv. Weißer Heunisch die höchsten Temperatursummen, da er auch den spätesten Blütetermin hat. Diese Beobachtung deckt sich mit der Literatur, die den Weißen Heunisch als später einordnet (ANTES, 2019). Bei der Berechnung nach MOLITOR et al. (2014) hat der cv. Grüner Silvaner die kleinste Temperatursumme unter den *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Probanden. Bei Betrachtung der anderen drei Temperatursummenmodelle hat der cv. Ruländer die geringsten Temperatursummen. Die Rebsorten von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* unterscheiden sich insgesamt nur marginal. Die Einordnung des BUNDESSORTENAMT (2015) unterscheiden sich ebenso wenig. Alles in allem werden die Sorten sowohl hinsichtlich des Austriebes als auch hinsichtlich der Blüte als „mittel“ mit kleinen Abstufungen eingestuft.

Unter den Unterlagsrebsorten hat Proband 8 U (Richter 110) die größten Temperatursummen am Ende der Vegetation, was sich problemlos mit der engen Verwandtschaft zu Elter *Vitis berlandieri* PLANCHON in Zusammenhang bringen lässt. Die restlichen Ergebnisse bei Betrachtung der Temperatursummen decken sich mit den Erkenntnissen in Kapitel 5.1 der Diskussion, da die Austriebstermine sich nur gering verändern und die Temperatursummen direkt mit dem Ende der Blüte zusammenhängen.

Bei Betrachtung der Korrelationskoeffizienten fällt auf, dass die Blattentwicklung in vielen Fällen stärker positiv mit dem Anstieg der Temperatursumme korreliert ist als die Infloreszenzentwicklung. Weiter sind mehr Korrelationskoeffizienten, die Temperatursumme und Blattentwicklung betreffen, signifikant oder hoch signifikant als Korrelationskoeffizienten die Temperatursumme und Infloreszenzentwicklung betreffen. Diese Beobachtung suggeriert, dass die Blattentwicklung stärker von der Umgebungstemperatur abhängt als die Infloreszenzentwicklung. In der Literatur ist immer nur von der Temperaturabhängigkeit der Rebenentwicklung als Ganzes die Rede (PEYER und KOBLET, 1966; KAST und RUPP, 2009; PARKER et al., 2011; SCHULTZ, 2016; SCHWANDNER et al., 2019). Mögliche Gründe für die Beobachtung sind die unstetigen Abstände zwischen den Bonitur Zeitpunkten. Dadurch werden einzelne Tage zusammengefasst und Ungenauigkeiten können entstehen. Bei den Unterlagen kommt der Fall der stärkeren positiven Korrelation zwischen Temperatursumme und Infloreszenzentwicklung gegenüber Temperatursumme und Blattentwicklung am häufigsten vor. Besonders bei den Probanden 9 U (101 – 14 MGT) und 3 U (Harmony), die auch durch ihr besonders frühes Blüteende auffallen. Unter den *Vitis* Spezies ist das häufigste Vorkommen dieser Beobachtung bei *Vitis riparia* MICHAUX, die bei 101 – 14 MGT als Elter auftritt und zumindest im Stammbaum vorkommt. Eine besonders starke Korrelation von Infloreszenzentwicklung und Temperatursummenänderung bei dieser Spezies müsste wissenschaftlich weiter untersucht werden.

Bei Betrachtung der Temperatursummenmodelle zeigt das Modell nach MOLITOR et al. (2014) prozentual den größten Anteil an signifikanten und hochsignifikanten Korrelationskoeffizienten zwischen Temperatursummenänderung und Blattentwicklung. Das Modell nach PARKER et al. (2011) weist mehr signifikante und hoch signifikante Korrelationskoeffizienten zwischen Temperatursummenänderung und Infloreszenzentwicklung auf. Die Infloreszenzentwicklung unterliegt einem Optimum, bei einer Temperatur von 25 °C bis 35 °C geht die Blüte am zügigsten voran. Bei Temperaturen darüber oder darunter verlangsamt sich die Blühgeschwindigkeit (VASCONCELOS et al., 2009). Das Temperatursummenmodell nach

MOLITOR et al. (2014) arbeitet mit einem Hitzewert von 22 °C und verringert damit die Temperatursumme bereits 3 °C bevor das Optimum zur Blüteentwicklung erreicht ist, anders als das Modell nach PARKER et al. (2011). Das Temperatursummenmodell mit den wenigstens signifikanten Korrelationskoeffizienten ist das nach HORNEY (1966), obwohl dieses anders als das Modell „Neustadt“ explizit auf die Vorhersage der Blüte ausgelegt ist. Ein möglicher Grund dafür ist das Alter des Prognosemodelles im Zusammenhang mit der Veränderung der klimatischen Bedingungen (KAST und RUPP, 2009; SCHULTZ, 2016). Das Modell „Neustadt“ hat immerhin hinsichtlich der Blattentwicklung einige signifikant positive Korrelationskoeffizienten vorzuweisen. Es ist zwar eigentlich für die Prognose des Traubenwickler Fluges konzipiert (WBI, 2019), da sich der auf die Rebe fixierte Schädling an ihrer Phänologie orientiert ergibt ein Zusammenhang Sinn.

5.3 Entwicklungsverlauf der Probanden

Der Verlauf der Blattentwicklung der verschiedenen Spezies, Rebsorten und Unterlagen unterscheidet sich kaum voneinander, da er nicht primärer Bestandteil dieser Thesis ist wird er nicht weiter diskutiert.

Unter den *Vitis berlandieri* PLANCHON Probanden in dieser Arbeit fällt eine starke Varianz in der Blühdauer auf. Die Probanden 1, 2 und 4 blühen vier bis fünf Tage und Proband 3 blüht zwölf Tage. Das sind acht Tage mehr als Proband 4, der aus der gleichen Region (Crumley Ranch) selektioniert wurde. Die zwölf Tage Blühdauer von Proband 3 befinden sich in dem Bereich von acht bis vierzehn Tagen, die eine Rebe unter optimalen Bedingungen für die Blüte benötigt (VASCONCELOS et al., 2009). Die längere Blütezeit von Proband 3 bezieht sich hauptsächlich auf die abgehende Blüte, die laut VASCONCELOS et al. (2009) langsamer abläuft als die Hauptblüte (60 bis 70 % der Blütenkäppchen abgeworfen). Ein so starker Unterschied zu der weiblichen Selektion von *Vitis berlandieri* PLANCHON aus der Region Crumley Ranch kann nicht genauer erklärt werden.

Die Rebsorten der Spezies *Vitis riparia* MICHAUX sind zügig durchgeblüht. Mit sechs und acht Tagen Blühdauer liegen sie unter, beziehungsweise knapp innerhalb der Blühdauer, die unter optimalen Bedingungen von *Vitis* erreicht wird (VASCONCELOS et al., 2009).

Der männliche Vertreter von *Vitis rupestris* SCHEELE benötigt so wie einige andere Probanden auch (Probanden 3, 10, 14, 4 VV, 5 U, 6 U, 8 U, 11 U) länger um die Blüte abzuschließen (BBCH 68 bis 69). Bis auf Proband 6 U haben diese Probanden alle eine Blühdauer von mindestens zehn und maximal zwanzig Tagen. Damit tritt die Verzögerung des Blüteendes (BBCH 68 bis 69) bei allen Probanden mit einer Blühdauer von über zwölf Tagen auf. Dies deckt sich mit der Aussage von VASCONCELOS et al. (2009), der berichtet, dass die abgehende Blüte länger dauert als der Hauptteil der Blüte (60 bis 70 % der Blütenkäppchen abgeworfen). WINKLER (1974) erklärt, dass die Blüte länger dauert, wenn die Wetterbedingungen „ungünstig“ sind. Ungünstig bedeutet in diesem Zusammenhang kühler und nasser. Die unterschiedlichen Daten für den Blütebeginn und das Blüteende der betrachteten Spezies schließt diese Erklärung allerdings aus. Laut KAST und RUPP (2009) ist der Rebstock durch längere Vegetationszeit und damit einhergehende Reservestoffeinlagerung nicht mehr so anfällig für Temperaturschwankungen in der Zeit von Austrieb bis Blüte wie vor 30 Jahren. Die starken Schwankungen sind dadurch weniger durch die Witterung zu beschreiben als durch die Physiologie der einzelnen Rebstöcke. Die vegetative Entwicklung hat einen großen Einfluss auf die reproduktive Entwicklung der Rebe (ZAPATA et al., 2003). Weiteren Einfluss auf die Blüte kann die Position an der Rebe auf die Infloreszenz haben. Eine größere Beschattung durch eine große Laubwand kann die Blüte beeinflussen (LEBON et al., 2008). Für eine genaue Erklärung der beobachteten, verlängerten Blühdauer bei den Probanden dieser Arbeit bedarf es weiterer Untersuchung.

5.4 Insertionshöhe und Anzahl der Infloreszenzen

Im Mittelwert aller Probanden wurden durchschnittlich 2,26 Infloreszenzen pro Trieb gebildet mit der Insertionshöhe der ersten Infloreszenz am 3,25ten Blatt. Die Literatur berichtet von ein bis drei Anlagen, die sich zu Infloreszenzen entwickeln, abhängig von Spezies, Rebsorte und Umweltbedingungen (BOSS et al., 2003). Die Rebsorten von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* in dieser Arbeit bilden durchschnittlich 2,33 Infloreszenzen pro Trieb. Davon bildet der Weiße Riesling die meisten, während der Weiße Heunisch mit 1,83 Infloreszenzen pro Trieb die wenigsten bildet. Laut KELLER (2015) sind für *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* zwei Infloreszenz Primordien typisch, wobei der Weiße Heunisch durch die Bildung von bis zu vier Infloreszenz Primordien auffällt. Die Anzahl an Anlagen, die sich zu Infloreszenzen entwickeln und nicht zu Ranken ist stark von der Belichtung, der Temperatur, inneren Wachstumsregulatoren und der Zucker Verfügbarkeit in der Rebe abhängig (LEBON et al., 2008). Der Weiße Heunisch steht an einem anderen Standort als die restlichen Probanden der Spezies *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera*. Daher ist es denkbar, dass durch Ansammlungen von kalter Luft oder schlechtere Belichtung die Entwicklung der Primordien zu Ranken gefördert wurde. Auch der Wasser - und Nähstoffhaushalt spielt eine Rolle bei der Entwicklung der Infloreszenzen (KELLER, 2015). Hier sind auf Grund des Standorts ebenfalls Unterschiede zwischen dem Weißen Heunisch und anderen Probanden der Spezies möglich. Um die genauen Hintergründe für die geringen Bildung von Infloreszenzen beim Weißen Heunisch zu bestimmen bedarf es weiterer Untersuchungen. Die Insertionshöhe von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* liegt bei durchschnittlich 3,66. Diese Beobachtung stimmt mit der Beschreibung von AMBROSI et al. (2011) überein, der berichtet, dass die ersten ein bis vier Nodien von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* zumeist keine Anlagen bilden, gefolgt von zwei Primordien, die sich häufig zu Infloreszenzen entwickeln, gefolgt von Primordien, die Ranken bilden.

Die Spezies mit der stärksten Infloreszenzbildung in dieser Arbeit ist *Vitis labrusca* LINNÉ mit 3,65 Infloreszenzen pro Trieb, diese Beobachtung deckt sich mit der Meinung der

Literatur, die von einer Bildung von drei bis vier Infloreszenzen pro Trieb bei *Vitis labrusca* LINNÉ schreibt KELLER (2015).

Der Proband mit der niedrigsten Insertionshöhe der ersten Infloreszenz bildet die meisten Infloreszenzen pro Trieb (Proband 2 U: Salt Creek) und der Proband mit der höchsten Insertionshöhe bildet die wenigsten Infloreszenzen (Proband 10 U: Kober 125 AA). Generell fällt die Gegenläufigkeit von Insertionshöhe und Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb auf. Eine mögliche Erklärung für diese Beobachtung ist die von CARBONNEAU und CASTERAN (1979) beschriebene negative Korrelation von Fruchtbarkeit der Knospen und vegetativem Wachstum. Die Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb sinkt demnach mit steigendem vegetativem Wachstum. Anbautechnisch bedeutet das, dass Maßnahmen, die das vegetative Wachstum fördern, wie zum Beispiel Bewässerung, nicht zu stark durchgeführt werden dürfen, da sonst ein geringerer Traubenansatz die Folge sein kann (CARBONNEAU und CASTERAN, 1979).

Die Anzahl an Infloreszenzen pro Trieb bestimmt 60 bis 70 % der jährlichen Ertragsschwankungen bei *Vitis* (CLINGELEFFER et al., 2001). Damit ist die Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb und die damit in Verbindung stehende Insertionshöhe ein züchterisch relevanter Aspekt. Eine stabile Erntemenge ist zusammen mit der Widerstandkraft gegen pilzliche Erreger und der Traubenqualität ein relevantes Züchtungsziel an dem kontinuierlich geforscht wird (TÖPFER et al., 2011). Eine vergleichsweise hohe Anzahl von mindestens drei Infloreszenzen pro Trieb ist in dieser Arbeit bei *Vitis labrusca* LINNÉ (3,65 Infloreszenzen/ Trieb), *Vitis coignetiae* PULLIAT (3,12 Infloreszenzen/ Trieb), *Vitis armata* DIELS et GILG (3,08 Infloreszenzen/ Trieb) und der Unterlagsrebsorte Salt Creek (3,00 Infloreszenzen/ Trieb) zu beobachten. Bei der Unterlagsrebsorte Salt Creek spielt die Anzahl der Infloreszenzen keine Rolle. Die drei oben genannten Spezies könnten für die Edelreis Züchtung von Interesse sein.

6 Fazit

Unter den *Vitis* Spezies zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen ihrer Herkunft und den Daten von Austrieb und Blüteende. Da sich mit dem Klimawandel die klimatischen Bedingungen in den Anbaugebieten verschieben und die Temperaturen steigen (KAST und RUPP, 2009; SCHULTZ, 2016) ist es sinnvoll sich züchterisch an Spezies zu halten, die bereits an wärmere Bedingungen gewöhnt sind (WOLKOVICH et al., 2017). *Vitis berlandieri* PLANCHON fällt hier auf Grund des späten Austriebes und der hohen benötigten Temperatursummen besonders ins Auge, ist allerdings auf Grund der geschmacklichen Eigenschaften (AMBROSI et al., 2011) nur bedingt geeignet. *Vitis armata* DIELS et GILG würde laut Literatur mit ihrer Anpassung an heiße Standorte (LIANG et al., 2013) ebenfalls züchterische Vorteile bringen. Diese Information konnte in dieser Arbeit nicht verifiziert werden. Eine weitere Untersuchung der Spezies könnte langfristig sinnvoll sein. Die Spezies *Vitis riparia* MICHAUX, und *Vitis coignetiae* PULLIAT sind auf Grund der frühen Blüte und des Austriebes weniger interessant für klimawandelorientierte Züchtungsziele. Die geringe Unterscheidung der Rebsorten von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* untereinander deutet auf eine geringe Varianz innerhalb dieser Spezies hin. Die geringe Menge an betrachteten Rebsorten ist für diese Annahme verantwortlich. Für die Zukunft ist es sinnvoll mehr Rebsorten dieser Spezies zu betrachten, um für züchterische Zwecke mehr vergleichbare Informationen zur Blüte von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* zu generieren. Der Weiße Heunisch fällt durch den späteren Abschluss der Blüte auf. Früher war das auf Grund der klimatischen Bedingungen ein Nachteil. Sofern sich die späte Entwicklung des Weißen Heunisch durch die gesamte Vegetation weiter zieht, könnte diese mit dem durch den Klimawandel ausgelösten Anstieg der Temperaturen und der damit einhergehenden Verfrühung der Reife (KAST und RUPP, 2009; SCHULTZ, 2016) den weißen Heunisch für züchterische und weinbauliche Zwecke wieder relevant machen. Der Blick zurück auf in Vergessenheit geratene Rebsorten kann für die Züchtung neuer Sorten langfristig Vorteile bieten.

Aus züchterischer Sicht ist es sinnvoll weiter an Unterlagsrebsorten zu arbeiten, die den Austrieb und damit die Blüte des Edelreises nach hinten verschieben. Da aber vom

Verhalten der Unterlage im Schnittgarten nicht direkt auf die Wüchsigkeit und Vegetationszeit geschlossen werden kann, die an das Edelreis weitergegeben wird, ist eine endgültige Aussage hier schwierig. Es bedarf hier weiterer Untersuchungen mit verschiedenen Pfropfpartnern. Für die Produktion im Schnittgarten wird es sich im Rahmen des Klimawandels lohnen auf Unterlagensorten zu setzen, die im Austrieb später sind, um die Gefahr von Einbußen durch Spätfrost zu verringern. Das Blüteende spielt in diesem Kontext keine Rolle. Betreffend des Verhaltens in dieser Arbeit haben die Unterlagensorten mit *Vitis berlandieri* PLANCHON im Stammbaum am ehesten das Kriterium des späten Austriebs erfüllt, das auf einen potenziell späteren Vegetationsabschluss schließen lässt. Für die Unterlagenproduktion ist eine frühe Holzausreife gleichsam wichtig. Die Unterlagensorten mit dem frühesten Blüteabschluss (Harmony, Sori, 101 – 14 MGT) könnten hinsichtlich dieses Zieles züchterisch und anbautechnisch Vorteile bieten.

Insgesamt lassen sich aus der Beobachtung der Blühverläufe von nur einem Jahr wenig züchterisch relevante Informationen herauslesen. Eine längere Beobachtung der Probanden über mehrere Jahre und die Beobachtung weiterer Aspekte, wie das vegetative Wachstum vor und während der Blüte oder die Infloreszenzgröße wären Möglichkeiten für weitere vergleichende Versuchsansätze.

Die Verwendung des Prognosemodelles nach HORNEY (1966) ist auf Grund der veränderten klimatischen Bedingungen zur heutigen Zeit nicht mehr zu empfehlen. Das Modell nach MOLITOR et al. (2014) generiert passende Werte und kann für die Prognose von *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* zur Prognose der phänologischen Entwicklung verwendet werden. Bei einzelnen asiatischen Spezies und Unterlagensorten ist die Korrelation des Modells und der phänologischen Entwicklung geringer, da es für diese Spezies beziehungsweise Rebsorten nicht ausgelegt ist. Das Modell nach PARKER et al. (2011) hat unter den betrachteten Prognosemodellen als zweitbestes abgeschnitten und weist bei der Prognose der Infloreszenzentwicklung stärker positive Korrelationen mit den Probanden auf als das Modell nach MOLITOR et al. (2014). Die Temperatursummen nach dem Modell „Neustadt“ korrelieren mit der Blattentwicklung recht gut und es könnte hier zur Prognose verwendet werden, obwohl es dafür nicht

konzipiert wurde. Für die Prognose der Entwicklung der Infloreszenzen ist dieses Modell nicht geeignet.

Die Anzahl an Infloreszenzen pro Trieb und die Insertionshöhe verläuft gegenläufig. Je höher die Insertionshöhe, desto niedriger die Anzahl an Infloreszenzen pro Trieb und vice versa. Ein starkes vegetatives Wachstum beeinflusst negativ die Infloreszenzbildung und sollte anbautechnisch nicht gefördert werden. Züchterisch ist die Verwendung von Spezies mit zu geringer Anzahl an Infloreszenzen pro Trieb für die Edelreiszüchtung kritisch zu betrachten, da 60 bis 70 % der Schwankungen der Erntemenge durch die Anzahl der Infloreszenzen pro Trieb erklärt werden können (CLINGELEFFER et al., 2001). Die Spezies *Vitis labrusca* LINNÉ, *Vitis armata* DIELS et GILG und *Vitis coignetiae* PULLIAT fallen durch eine vergleichsweise hohe Anzahl an Infloreszenzen pro Trieb auf. Eine genauere Betrachtung dieser Spezies für die Edelreiszüchtung kann mit Blick auf die Ertragsmenge von Vorteil sein.

Abschließend ist zu sagen, dass bei Betrachtung des Austriebs und der Temperatursummen die Spezies *Vitis berlandieri* PLANCHON und *Vitis armata* DIELS et GILG besonders ins Auge fallen. *Vitis armata* DIELS et GILG als potentieller Züchtungspartner für die Edelreiszüchtung und *Vitis berlandieri* PLANCHON auf Grund der geschmacklichen Aspekte (AMBROSI et al., 2011) eher für die Unterlagenzüchtung. Unter den *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten zeigt insbesondere der Weiße Heunisch züchterisch vorteilhafte Eigenschaften. Bei Betrachtung der Anzahl der Infloreszenzen stechen besonders die Spezies *Vitis labrusca* LINNÉ, *Vitis armata* DIELS et GILG und *Vitis coignetiae* PULLIAT heraus, was sie ebenfalls für die Edelreiszüchtung interessant macht. Unter den Temperatursummenmodellen bringt das Modell nach MOLITOR et al. (2014) die genaueste Prognose für die betrachteten Probanden. Die Ergebnisse dieser Arbeit geben einen Überblick über verschiedene Aspekte der Blüte von einer Vielzahl an *Vitis* Spezies, *Vitis* vinifera LINNÉ ssp. *vinifera* Rebsorten und Unterlagensorten. Damit wird eine Grundlage geschaffen für weitere Arbeiten zur genaueren Untersuchung der Spezies und die Züchtung neuer Rebsorten beziehungsweise Unterlagensorten.

7 Zusammenfassung

Der Klimawandel hebt die Temperaturen an und begünstigt extreme Wetterbedingungen. Durch die steigenden Temperaturen verändert sich die phänologische Entwicklung aller Kulturpflanzen, unteranderem der Rebe (*Vitis*). Die Entwicklung beginnt früher, geht schneller und die gesamte Vegetationszeit verlängert sich. Der Anbau der klassischen Rebsorten für den Weinbau wird immer schwieriger. Es besteht Bedarf an mehr Informationen zu *Vitis* Spezies, die sich für die Züchtung von Rebunterlagen und neuen Rebsorten eignen. Die Blüte ist eines der phänologischen Stadien, die am anfälligsten gegenüber den klimatischen Veränderungen sind.

In dieser Arbeit wird die Blüte von 16 Probanden der amerikanischen, asiatischen und eurasischen *Vitis* Spezies, vier Rebsorten der Spezies *Vitis vinifera* LINNÉ ssp. *vinifera* und zwölf Unterlagsrebsorten beobachtet. Die Bonitur der Probanden von Austrieb bis Blüteende findet in den Versuchsanlagen der Hochschule Geisenheim University statt. Weiters wird die Anzahl an Infloreszenzen pro Trieb und die Insertionshöhe der ersten Infloreszenz bonitiert, da die Anzahl an Infloreszenzen pro Trieb einen großen Einfluss auf die zu erwartende Erntemenge hat.

Die erhobenen phänologischen Daten werden mit der Temperatur in Zusammenhang gesetzt. Hierzu wird die Temperatursumme nach vier verschiedenen Modellen berechnet und die Korrelation der Entwicklung und der Temperatursummenänderung berechnet. Dadurch kann der Temperaturbedarf der betrachteten Probanden bis zum Blüteende berechnet werden. Dieser Temperaturbedarf wiederum kann als Grundlage für züchterische und anbautechnische Entscheidungen dienen.

Die Verwendung verschiedener Temperatursummenmodelle gibt die Möglichkeit die Anpassung der Modelle an die sich verändernden klimatischen Bedingungen zu überprüfen, was zur Optimierung der Modelle beitragen kann.

Literaturverzeichnis

AMBROSI, H., B. H. E. HILL, E. MAUL, E. H. RÜHL, J. SCHMID und F. SCHUMANN (2011): Farbatlas Rebsorten: 300 Sorten und ihre Weine. 3. Aufl., Ulmer, Stuttgart.

ANTES, R. (2019): Ertragsrebsorten A - Z:: Heunisch, weißer. URL: https://www.traubenshow.de/informationen-zu-rebsorten/ertragsrebsorten-auswahl-in-deutschland-a-z/481-h/heunisch-weisser. (abgerufen am: 17.12.2019).

ARNOLD, C., A. SCHNITZLER, A. DOUARD, R. PETER und F. GILLET (2005): Is there a future for wild grapevine (Vitis vinifera subsp. silvestris) in the Rhine Valley? Biodiversity and Conservation 14, 1507–1523.

BETTIGA, L. J., P. L. CHRISTENSEN, N. K. DOKOOZLIAN, D. A. GOLINO, G. MCGOURTY, R. J. SMITH, P. S. VERDEGAAL, M. A. WALKER, J. A. WOLPERT und E. WEBER (2003): Wine grape Varieties in California, University of California, Agriculture and Natural Resources.

BORNICE, M. (2015): Physiological Study of Vitis vinifera L. subs. sylvestris. Ph.D Dissertation in Science of Crop Production. Department of Agriculture, Food and Environment (DAFE), University of Pisa, Italy.

BOSS, P. K., E. J. BUCKERIDGE, A. POOLE und M. R. THOMAS (2003): New insights into grapevine flowering. Functional Plant Biology 30, 593–606.

BUNDESSORTENAMT (2015): Beschreibende Sortenliste Reben 2015. URL: https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/BSL/bsl_rebe_2015.pdf. (abgerufen am: 20.5.2019).

BUTTROSE, M. S. und C. R. HALE (1973): Effect of Temperature on Development of the Grapevine Inflorescence after Bud Burst. American Journal of Enology and Viticulture 24, 14–16.

CARBONNEAU, A. und P. CASTERAN (1979): Irrigation-Depressing Effect on Floral Initiation of Cabernet Sauvignon Grapevines in Bordeaux Area. American Journal of Enology and Viticulture 30, 3–7.

CARROLL, B. (2017): Rootstocks for Grape Production. URL: http://factsheets.okstate.edu/documents/hla-6253-rootstocks-for-grape-production/. (abgerufen am: 21.5.2019).

CHLOUPEK, O., P. HRSTKOVA und P. SCHWEIGERT (2004): Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilisation over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. Field Crops Research 85, 167–190.

CLINGELEFFER, P. R., MARTIN, SR, G. M. DUNN und M. P. KRSTIC (2001): Crop development, crop estimation and crop control to secure quality and production of major wine grape varieties: A national approach: final report to Grape and Wine Research & Development Corporation/principal investigator, Peter Clingeleffer;[prepared and edited by Steve Martin and Gregory Dunn].

COUSINS, P. (2005): Evolution, genetics, and breeding: Viticultural applications of the origins of our rootstocks. Rootstock Symposium, Osage Beach, Missouri, Feb. 05, 2005.

CURRLE, O., O. BAUER, W. HOFÄCKER, F. SCHUMANN und W. FRISCH (1983): Biologie der Rebe: Aufbau, Entwicklung, Wachstum, Meininger, Neustadt an der Weinstraße.

DLR RHEINLANDPFALZ (2017): Unterlagensorten und Klone: Informationen für Winzer und Rebenpflanzguterzeuger. URL: https://www.pflanzenschutz.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/Web_P_Pfs_Weinbau_Kat_XP/EACE32A6B6FC893CC125811C00284B88/$FILE/Unterlagen_Klonenbroschuere_RLP.pdf. (abgerufen am: 3.7.2019).

DUNN, G. M. und S. R. MARTIN (2000): Do temperature conditions at budburst affect flower number in Vitis vinifera L. cv. Cabernet Sauvignon? Australian Journal of Grape and Wine Research 6, 116–124.

EBADI, A., P. MAY, M. SEDGLEY und B. G. COOMBE (1995): Effect of low temperature near flowering time on ovule development and pollen tube growth in the grapevine (Vitis vinifera L.), cvs Chardonnay and Shiraz. Australian Journal of Grape and Wine Research 1, 11–18.

GARRIS, A., P. COUSINS, D. RAMMING und A. BALDO (2009): Research Note: Parentage Analysis of Freedom Rootstock. American Journal of Enology and Viticulture 60, 357–361.

HARTL, B. (2009): Evaluierung der phenolischen Inhaltsstoffe und der antioxidativen Aktivität von Weintraubentrester, -kernen und -schalen der Sorte Uhudler. Diplomarbeit. Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften, Universität Wien, Wien.

HGU (2019a): Beginn des Traubenwicklerfluges in Geisenheim. URL: http://rebschutz.hs-geisenheim.de/rebentwicklung/traubenwickler.php. (abgerufen am: 31.10.2019).

HGU (2019b): Tagesauswertungen der Wetterstationen. URL: http://rebschutz.hs-geisenheim.de/wetterstationen/tagesauswertung.php. (abgerufen am: 3.7.2019).

HLNUG (2019): Weinbaustandort-Viewer Hessen. URL: http://weinbaustandort.hessen.de/mapapps/resources/apps/weinbaustandort/index.html?lang=de. (abgerufen am: 25.10.2019).

HORNEY, G. (1966): Die Vorhersage des Blühtermins der Reben. Weinberg und Keller 13, 263–273.

IBM® (2019): IBM® Knowledge Center:: Bivariate Korrelationen. URL: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/de/SSLVMB_sub/statistics_mainhelp_ddita/spss/base/idh_corr.html. (abgerufen am: 12.11.2019).

JULIUS KÜHN-INSTITUT (2019a): Vitis International Variety Catalogue VIVC: Passport Data: Börner. URL: http://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=1499. (abgerufen am: 15.6.2019).

JULIUS KÜHN-INSTITUT (2019b): Vitis International Variety Catalogue VIVC: Passport Data: Dog Ridge. URL: http://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=3623. (abgerufen am: 28.5.2019).

JULIUS KÜHN-INSTITUT (2019c): Vitis International Variety Catalogue VIVC: Passport Data: Freedom. URL: http://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=4235. (abgerufen am: 28.5.2019).

JULIUS KÜHN-INSTITUT (2019d): Vitis International Variety Catalogue VIVC: Passport Data: Harmony. URL: http://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=5309#. (abgerufen am: 28.5.2019).

JULIUS KÜHN-INSTITUT (2019e): Vitis International Variety Catalogue VIVC: Passport Data: Millardet et Grasset 101 - 14. URL: http://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=7745. (abgerufen am: 3.6.2019).

JULIUS KÜHN-INSTITUT (2019f): Vitis International Variety Catalogue VIVC: Passport Data: Ramsey. URL: http://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=9904. (abgerufen am: 28.5.2019).

JULIUS KÜHN-INSTITUT (2019g): Vitis International Variety Catalogue VIVC: Passport Data: Sori. URL: http://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=11926. (abgerufen am: 1.6.2019).

JULIUS KÜHN-INSTITUT (2019h): Vitis International Variety Catalogue VIVC: Passport Data: Vitis Davidii (Romanet du Caillaud) Foex. URL: http://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=13521. (abgerufen am: 20.5.2019).

KAST, W. K. und D. RUPP (2009): Auswirkungender klimatischen Änderungen auf die Phänologie der Rebe und die Bedingungen während der Traubenreife. URL: https://lvwo.landwirtschaft-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Fachinformationen/Auswirkungen+der+klimatischen+Aenderungen+auf+die+Phaenologie+der+Rebe+und+die+Bedingungen+waehrend+der+Traubenreife?LISTPAGE=670282. (abgerufen am: 18.12.2019).

KELLER, M. (2015): The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology. 2. Aufl., Academic Press.

KIMURA, P. H., G. OKAMOTO und K. HIRANO (1997): Flower Types, Pollen Morphology and Germination, Fertilization, and Berry Set in Vitis coignetiae Pulliat. American Journal of Enology and Viticulture 48, 323–327.

LEBON, G., E. DUCHÊNE, O. BRUN und C. CLÉMENT (2005): Phenology of flowering and starch accumulation in grape (Vitis vinifera L.) cuttings and vines. Annals of Botany 95, 943–948.

LEBON, G., G. WOJNAROWIEZ, B. HOLZAPFEL, F. FONTAINE, N. VAILLANT-GAVEAU und C. CLÉMENT (2008): Sugars and flowering in the grapevine (Vitis vinifera L.). Journal of Experimental Botany 59, 2565–2578.

LIANG, N.-N., Q.-H. PAN, F. HE, J. WANG, M. J. REEVES und C.-Q. DUAN (2013): Phenolic profiles of Vitis davidii and Vitis quinquangularis species native to China. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61, 6016–6027.

LORENZ, D. H., K. W. EICHHORN, H. BLEIHOLDER, R. KLOSE, U. MEIER und E. WEBER (1994): Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (Vitis vinifera L. ssp. vinifera). Codierung und Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala. Wein-Wissenschaft 49, 66–70.

LOWE, K. M. und M. A. WALKER (2006): Genetic linkage map of the interspecific grape rootstock cross Ramsey (Vitis champinii) × Riparia Gloire (Vitis riparia). Theoretical and Applied Genetics 112, 1582–1592.

MAUL, E., R. EIBACH, E. ZYPRIAN und R. TOEPFER (2015): The prolific grape variety (Vitis vinifera L.) "Heunisch Weiss" (= "Gouais blanc"):: bud mutants, "colored"homonyms and further offspring. Vitis 54, 79–86.

MAURER, H.-P. (2013): Gouais blanc: die älteste Rebsorte. Der Landbote, 5.

MAY, P. (2004): Flowering and Fruitset in Grapevines, Phylloxera and Grape Industry Board of South Australia in association with Lythrum Press, Adelaide.

MEIER, U. (2018): BBCH Monografie: Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen, Open Agrar Repositorium, Quedlinburg.

MOLITOR, D., J. JUNK, D. EVERS, L. HOFFMANN und M. BEYER (2014): A High-Resolution Cumulative Degree Day-Based Model to Simulate Phenological Development of Grapevine. American Journal of Enology and Viticulture 65, 72–80.

MÜLLER, E., O. WALG und H.-P. LIPPS (2008): Weinbau. 3. Aufl., Ulmer, Stuttgart.

MULLINS, M. G., A. BOUQUET und L. E. WILLIAMS (2007): Biology of the Grapevine, Cambridge University Press, Cambridge.

OLLAT, N., L. BORDENAVE, J. P. TANDONNET, J. M. BOURSIQUOT und E. MARGUERIT (2016): Grapevine rootstocks: Origins and perspectives. Acta Horticulturae, 11–22.

PARKER, A. K., I. G. de CORTÁZAR-ATAURI, C. VAN LEEUWEN und I. CHUINE (2011): General phenological model to characterise the timing of flowering and veraison of Vitis vinifera L. Australian Journal of Grape and Wine Research 17, 206–216.

PETRIE, P. R. und P. R. CLINGELEFFER (2005): Effects of temperature and light (before and after budburst) on inflorescence morphology and flower number of Chardonnay grapevines (Vitis vinifera L.). Australian Journal of Grape and Wine Research 11, 59–65.

PEYER, E. und W. KOBLET (1966): Der Einfluss der Temperatur und der Sonnenstunden auf den Blütezeitpunkt der Reben. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau 102, 250–255.

SCHMID, J. und F. MANTY (2003): Rebunterlagen in Europa: Herkunft und Eigenschaften. Das deutsche Weinmagazin 19, 38–43.

SCHMID, J., F. MANTY und B. LINDNER (2009): Geisenheimer Rebsorten und Klone: Geisenheimer Berichte 67, Fachgebiet Rebenzüchtung und Rebveredlung der Forschungsanstalt Geisenheim, Geisenheim.

SCHULTZ, H.-R. (2016): Global climate change, sustainability, and some challenges for grape and wine production. Journal of wine economics 11, 181–200.

SCHWANDNER, A., I. OCHSSNER, R. TÖPFER und L. HAUSMANN (2019): Die Verfrühung der Rebblüte als Folge des Klimawandels - wie ist der Blütezeitpunkt züchterisch beeinflussbar? Deutsches Weinbau-Jahrbuch 70, 86–92.

SCHWARZ, J. und H. BRUDERER ENZLER (2018): Methodenberatung:: Rangkorrelation nach Spearman. URL: https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/zusammenhaenge/rangkorrelation.html. (abgerufen am: 11.12.2019).

THIS, P., T. LACOMBE und M. R. THOMAS (2006): Historical origins and genetic diversity of wine grapes. Trends in genetics : TIG 22, 511–519.

TÖPFER, R., L. HAUSMANN, M. HARST, E. MAUL, E. ZYPRIAN und R. EIBACH (2011): New Horizons for Grapevine Breeding. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology 5, 79–100.

VASCONCELOS, M. C., M. GREVEN, C. S. WINEFIELD, M. C. T. TROUGHT und V. RAW (2009): The Flowering Process of Vitis vinifera: A Review. American Journal of Enology and Viticulture 60, 411–434.

WBI (2019): Vitimeteo Traubenwickler (Neustädter Modell). URL: http://www.vitimeteo.de/tw2/tw.shtml. (abgerufen am: 31.10.2019).

WILLIAMS, D. W., H. L. ANDRIS, R. H. BEEDE, D. A. LUVISI, M. V. K. NORTON und L. E. WILLIAMS (1985): Validation of a Model for the Growth and Development of the Thompson Seedless Grapevine. II. Phenology. American Journal of Enology and Viticulture 36, 283–289.

WINKLER, A. J. (1974): General viticulture, University of California Press, Berkeley.

WOLKOVICH, E. M., D. O. BURGE, M. A. WALKER und K. A. NICHOLAS (2017): Phenological diversity provides opportunities for climate change adaptation in winegrapes. Journal of Ecology 105, 905–912.

ZAPATA, C., J.-C. AUDRAN und C. MAGNÉ (2003): Grapevine culture in trenches. 2. Reproductive characteristics and interactions with vegetative growth. Journal international des sciences de la vigne et du vin 37, 85.

Anhang Verzeichnis

I. Daten der Wetterstation „Hochschule“ im Beobachtungszeitraum (HGU, 2019b)

II. Die verwendete BBCH - Skala zur Evaluierung der phänologischen Entwicklung von Vitis nach LORENZ et al., 1994 (MEIER, 2018)

Anhang

I. Daten der Wetterstation „Hochschule“ im Beobachtungszeitraum (HGU, 2019b)

	Temperatur 2m Mittelwert	Temperatur 2m Maximum	Temperatur 2m Minimum	Temperatur Bogrebe Minimum	Relative Luftfeuchte	Niederschlag Summe	Global-strahlung
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[%]	[mm]	[W/m²*d]
01.03.2019	8,8	12,6	5,9	5,1	83,6	1,9	1583,3
02.03.2019	8,8	12,6	5,9	5,1	76,8	0	1214,2
03.03.2019	10,3	11,8	7,4	6,3	76,8	0	370,6
04.03.2019	9,5	12,6	5,7	5,3	72,8	3,3	2122
05.03.2019	6,5	9,1	3,6	2,4	76,6	0,3	1081,5
06.03.2019	9,6	15,8	4	2,9	74,1	0	2508,6
07.03.2019	10,6	13,2	7,7	7,5	67,1	0	3096,8
08.03.2019	8,3	11,4	5,8	5,3	70,2	0,4	2235,3
09.03.2019	10,5	13,5	5,7	5,2	68,7	0,4	1748,4
10.03.2019	10,2	16,7	4,6	4,3	68,4	5,9	2778,9
11.03.2019	6,1	8,8	3,3	2,4	61,2	0,2	3906,6
12.03.2019	6,3	10,5	0,4	0	61,5	0	2702,9
13.03.2019	6,6	8,7	4,5	4,2	72,1	3,3	1894,7
14.03.2019	6,6	9,9	3,8	3,2	83,2	5,4	845,6
15.03.2019	10,4	14,8	6,4	6,3	80,4	3,2	1863,7
16.03.2019	10,8	12,2	6,4	4,6	76,1	0,2	842,4
17.03.2019	7	10,8	2,4	1,7	78,2	0,8	2173,1
18.03.2019	5,1	11	0,9	0,2	75,3	0,1	3144,2
19.03.2019	5,4	12,5	-0,3	-1,9	66,1	0,1	5032,3
20.03.2019	6,1	14,3	-1,4	-2,6	65,3	0	4812,9
21.03.2019	8,3	17	-0,2	-1,4	60,9	0	4991,1
22.03.2019	9,8	19,1	1,2	-0,2	63,4	0	4649
23.03.2019	8,5	13,6	2,9	1,2	73,9	0	4772,8
24.03.2019	8	14	2,9	1,1	77,1	0	3427,8
25.03.2019	5,4	10	0,8	-0,4	76,2	7,2	3576,9
26.03.2019	6,5	9,9	2	1,2	70,6	0	2393,5
27.03.2019	7,2	12,2	2,2	1,8	69,3	0	3109,7
28.03.2019	8,7	15,6	1,3	0,1	71,3	0	4632,9
29.03.2019	10,1	17,3	3	2	70,9	0	4377,3
30.03.2019	11,1	21,2	1,4	0,2	64,5	0	4963,3
31.03.2019	11,5	19,9	3,4	1,9	66,4	0,5	4155

01.04.2019	10,4	17,4	3	0	64,8	0	5353,5
02.04.2019	11	18,9	5,1	3,7	74,2	0,7	3903
03.04.2019	7,7	9,8	5,5	5,3	87,1	5,4	1127,7
04.04.2019	5,7	7,6	4,6	4,4	88,4	8,1	1343,8
05.04.2019	6,9	9	4,3	4	86,9	0,6	1174,5
06.04.2019	11,1	17,1	6,4	6,4	77,7	0,1	4360,2
07.04.2019	13,1	20,2	6,6	5,3	66,9	0	5875,7
08.04.2019	12,3	16,7	8,2	7,5	79,3	0,1	3150,7
09.04.2019	11,8	17	7,7	7,2	85	10,2	2631,6
10.04.2019	10,4	15,9	6,2	5,7	65,2	0,1	3467,5
11.04.2019	7,6	12,3	2	0,7	49,6	0	6455,6
12.04.2019	5,1	8,7	0,9	0,1	53,8	0	3880,8
13.04.2019	4,3	7,7	2,3	2,2	64,6	0	3223,2
14.04.2019	6,7	11,7	2,1	2,1	66,4	1,5	4526,3
15.04.2019	10,6	18,4	1,5	0,9	60,8	0	6203,8
16.04.2019	12	18,1	3,3	1,8	58,7	0	5051,9
17.04.2019	12,5	18	7,6	6,5	79,8	6,3	3205,7
18.04.2019	15,1	22	6,8	5,4	55,5	0,1	6606,8
19.04.2019	16,2	24,2	8	6,1	48,4	0	6870,9
20.04.2019	16,5	25,1	8,1	6,9	50	0	6788,1
21.04.2019	16,7	25,2	9,3	8,3	49,4	0	6897,2
22.04.2019	16,9	25,5	7,3	6	47,4	0	6454
23.04.2019	16,2	21,1	11,3	10,5	52,9	0	5420,4
24.04.2019	15	25	8,1	7,5	70,7	3,1	5490,8
25.04.2019	14	23,8	5,3	4,3	68,4	0	5101,6
26.04.2019	11,4	14,7	9,3	8,9	79,2	2,8	2207,6
27.04.2019	9,2	12,9	5,3	4,8	81,3	2,2	2497,4
28.04.2019	7,9	13,5	2,9	2,5	76,7	0,4	4758,1
29.04.2019	10,1	15,8	1,8	0,7	72,1	0,1	4199,8
30.04.2019	10,3	10,7	10	9,7	86,1	0,5	7086,9
01.05.2019	15,2	21,9	7,1	0	58,4	0	7107,4
02.05.2019	13,8	19,9	9	8,8	65,6	0	5699
03.05.2019	11,7	15,7	8,2	7,6	62,3	0	4897,8
04.05.2019	6,7	10,2	3,2	2,9	73,9	3,2	3904,6
05.05.2019	7,2	12,5	2,5	2	68,2	0	5096,9
06.05.2019	8,5	12,4	3,6	3,3	63,2	0	4659,9
07.05.2019	10,1	16	5,4	5	62	0	4242,1
08.05.2019	9	12,1	4,9	4,1	86,8	14,9	1193,6
09.05.2019	10,2	14,6	6,6	0	90,6	7,6	1968,6
10.05.2019	13,1	18,9	5,6	5	65,8	0,3	7430,5
11.05.2019	10,1	12,2	5,6	5	88	21,8	1669,2
12.05.2019	9,9	15,2	5,1	4,5	64,5	0	6510,4
13.05.2019	11,5	17,2	3,7	3,1	47,2	0	7958,5

14.05.2019	11,2	16,1	4,1	2,6	50,2	0	7042,5
15.05.2019	11	16,4	3,2	2,1	49,8	0	7722,6
16.05.2019	12	18,2	7,1	6,8	59,5	0,1	5129,5
17.05.2019	13,1	18,9	8,5	8,4	74,8	1,8	5272,8
18.05.2019	9,9	11	9	8,4	93,5	0	5637,2
19.05.2019	17,2	23,9	11,6	11,2	73	0	6037,5
20.05.2019	14,4	16,1	12,6	12,3	82,8	1,5	2380,4
21.05.2019	13,2	14,3	12,7	12,5	84,3	10,2	1030,5
22.05.2019	13,7	18,7	8,9	8,4	72,4	0	5631,5
23.05.2019	15,1	22,6	6,7	5,9	67,3	0	7715,9
24.05.2019	17,8	24,4	10	9,5	62,4	0	6595,9
25.05.2019	17,9	22,4	13,7	12,7	52,2	0	7354,5
26.05.2019	17,6	24,4	8,4	7,7	61,3	0	7486,7
27.05.2019	15,5	20,5	11,1	10,3	80,2	0,2	2678,8
28.05.2019	12,5	13	12,1	11,7	90,9	0,3	6216,9
29.05.2019	15,1	20,7	11,4	11,3	62,1	0	6851,5
30.05.2019	16	21,5	8,2	7,4	70,5	0	4643,5
31.05.2019	19,9	25,7	13,2	12,7	66,9	0	6508
01.06.2019	21	28,6	11,5	10,4	65,7	0	8050
02.06.2019	22,8	31	12,6	11,6	61,9	0	8179,9
03.06.2019	20,9	29,3	14,3	13,3	70,2	0,4	4991,4
04.06.2019	22,6	31	12,7	11,9	65,9	0,6	7678,8
05.06.2019	23,3	30,4	15,4	14,5	62,8	0,1	6693,3
06.06.2019	15,4	22	10,3	9,9	72,3	1,4	3018,3
07.06.2019	15,7	25,5	8,5	7,2	74,5	0,7	6940,5
08.06.2019	15,7	21	11,1	9,4	58,6	0	4470
09.06.2019	17,7	24,7	7,4	6,1	61,8	0	6524,3
10.06.2019	19,1	23,7	13,9	13,2	71,2	0	4756,2
11.06.2019	18	22,9	13,4	13,4	74,8	7,4	5698,2
12.06.2019	16,6	21,2	11,4	10,8	76,8	6	4177,1
13.06.2019	17,1	24	9,7	9	65,4	0	7602,1
14.06.2019	18,6	25,3	10	8,8	71,2	0	4205,4
15.06.2019	16,9	17,5	16,1	15,3	83,1	0	7340,7
16.06.2019	19,6	24,8	13,5	12,5	64,1	0,5	5527,1
17.06.2019	20,1	27,5	10,2	9,2	64,3	0	7310,1
18.06.2019	22,8	30,6	12,7	11,6	62,9	0	7368,8
19.06.2019	24	31,2	15,3	14,4	61,9	0	7368,3
20.06.2019	21	25,9	14,8	14,5	69,3	4,2	5503,8
21.06.2019	19,9	25,5	14,5	14	59,8	0	7663,3
22.06.2019	20,9	28,3	14,8	14,2	61,9	1,8	7539,3
23.06.2019	22,7	29,3	14	13,2	66,1	0	6951,9
24.06.2019	25,4	31,9	16,8	15,6	61,8	0	7888,5
25.06.2019	26,9	35,5	16,3	15,3	59,4	0	7710

26.06.2019	28,9	37,3	17,7	16,8	58	0	7847,3
27.06.2019	26,7	32,6	19,9	19,4	48,5	0	8139,6
28.06.2019	22,5	30,3	13,2	12,1	49,9	0	8567,1
29.06.2019	24,3	33,5	12,8	11,5	48,3	0	8570,6
30.06.2019	27,6	39,1	13,8	13	52,5	0	8056,4
01.07.2019	24,4	29,9	18,5	17,4	51,9	0	6356
02.07.2019	20,5	25,9	12,3	10,9	50,4	0	7761,7
03.07.2019	20,2	26,5	11,4	9,7	46,6	0	8373,5
04.07.2019	20,3	27,7	10,8	9,5	45,8	0	8401,1
05.07.2019	22,5	30,8	13,4	12,7	47,5	0	7097
06.07.2019	23,6	31,9	13,8	12,7	48	0	7149,9
07.07.2019	17,8	22,4	11,5	10,1	63	3,4	4063,3
08.07.2019	15,8	20,1	10,3	9,1	58,8	0	6579,1
09.07.2019	16,1	21,3	10,4	9,5	56,1	0	5605,8
10.07.2019	18,7	27,2	7,1	5,9	48,5	0	8127,1
11.07.2019	17,9	20,3	15,6	15,8	73,2	5,7	2298,7
12.07.2019	17,1	22,2	14	13,8	88	24,2	3272,7
13.07.2019	18,7	24,5	15	14,7	73,5	0,6	4082,6
14.07.2019	17,7	21,2	14,9	14,9	70,2	2,9	4742,1
15.07.2019	17,2	21,1	12,5	11,8	65,6	0	6123,9
16.07.2019	17,6	24,7	8,6	8	65,8	0	7909,1
17.07.2019	19,8	26,5	12,6	12,3	64,1	0	7890,2
18.07.2019	21	29,4	13	12,5	63	0	5702,1
19.07.2019	20,8	26,2	17,2	16,6	70,7	1,7	4104,2
20.07.2019	24	31,8	14,4	13,6	62,1	0	6059,7
21.07.2019	23,2	29,3	16,7	16,2	59,9	0	6919,7
22.07.2019	23,7	32	14,1	13,4	57,3	0	7554,8
23.07.2019	26	34,6	15,5	14,7	54,3	0	7697,4
24.07.2019	28,1	37,7	17	16,1	52	0	7537,6
25.07.2019	29,2	39,2	18,6	17,9	48,6	0	7306,9
26.07.2019	28,5	38,3	19,4	18	50,3	0	5560
27.07.2019	23,5	28,2	21,4	21,2	75,6	1,2	2542,8
28.07.2019	20,5	25,2	18,4	18,3	84,4	8,3	2843,6
29.07.2019	22,2	28,4	17,4	16,9	65,5	0	6884,3
30.07.2019	23,3	31,6	15,9	15,2	63	0	6191,8
31.07.2019	21,5	26,5	16,4	15,1	57,2	0,3	5896,1

II. Die verwendete BBCH - Skala zur Evaluierung der phänologischen Entwicklung von *Vitis* nach LORENZ et al., 1994 (MEIER, 2018)

Code	Beschreibung
Makrostadium 0: Austrieb	
00	Vegetationsruhe: Winteraugen spitz bis rundbogenförmig, je nach Rebsorte heli- bis dunkelbraun; Knospenschuppen je nach Rebsorte mehr oder weniger geschlossen
01	Beginn des Knospenschwellens: Augen beginnen sich innerhalb der Knospenschuppen zu vergrößern
02	-
03	Ende des Knospenschwellens: Knospen geschwollen, aber noch nicht grün
04	-
05	„Wolle-Stadium": wolleartiger brauner Haarbesatz deutlich sichtbar
06	-
07	Beginn des Knospenaufbruchs: grüne Triebspitzen werden sichtbar
08	-
09	Knospenaufbruch: grüne Triebspitzen deutlich sichtbar

Code	Beschreibung
Makrostadium 1: Blattentwicklung	
10	-
11	1. Laubblatt entfaltet und vom Trieb abgespreizt
12	2 Laubblätter entfaltet
13	3 Laubblätter entfaltet
1.	Stadien fortlaufend bis ...
19	9 oder mehr Laubblätter entfaltet

Code	Beschreibung
Makrostadium 2:	———
Makrostadium 3:	———
Makrostadium 4:	———
Makrostadium 5: Entwicklung der Blütenanlagen	
50	-
51	-
52	-
53	„Gescheine" (Infloreszenzen) deutlich sichtbar
54	-
55	„Gescheine" (Infloreszenzen) vergrößern sich; Einzelblüten sind dicht zusammengedrängt
56	-
57	„Gescheine" (Infloreszenzen) sind voll entwickelt; die Einzelblüten spreizen sich
58	-
59	-

Code	Beschreibung
Makrostadium 6: Blüte	
60	Erste Blütenkäppchen lösen sich vom Blütenboden
61	Beginn der Blüte: 10 % der Blütenkäppchen abgeworfen
62	20 % der Blütenkäppchen abgeworfen
63	Vorblüte: 30 % der Blütenkäppchen abgeworfen
64	40 % der Blütenkäppchen abgeworfen
65	Vollblüte: 50 % der Blütenkäppchen abgeworfen
66	60 % der Blütenkäppchen abgeworfen
67	70 % der Blütenkäppchen abgeworfen
68	80 % der Blütenkäppchen abgeworfen
69	Ende der Blüte

Code	Beschreibung
Makrostadium 7: Fruchtentwicklung	
70	-
71	Fruchtansatz; Fruchtknoten beginnen sich zu vergrößern; „Putzen der Beeren" wird abgeschlossen
72	-
73	Beeren sind schrotkorngroß; Trauben beginnen sich abzusenken
74	-
75	Beeren sind erbsengroß; Trauben hängen
76	-
77	Beginn des Traubenschlusses
78	-
79	Ende des Traubenschlusses

Code	Beschreibung
Makrostadium 8: Fruchtreife	
80	-
81	Beginn der Reife, Beeren beginnen hell zu werden (bzw. beginnen sich zu verfärben)
82	-
83	Fortschreiten der Beeren-Aufhellung (bzw. Beeren-verfärbung)
84	-
85	Weichwerden der Beeren
86	-
87	-
88	-
89	Vollreife der Beeren (Lesereife)

Code	Beschreibung
Makrostadium 9: Eintreten der Vegetationsruhe	
90	-
91	Nach der Lese: Abschluß der Holzreife
92	Beginn der Laubblattverfärbung
93	Beginn des Laubblattfalls
94	-
95	50 % der Laubblätter abgefallen
96	-
97	Ende des Laubblattfalls
98	-
99	Erntegut/Trauben