Forschungsring des Deutschen Weinbaus

bei der DLG e. V.

JAHRESBERICHT 2020

(Kurzfassungen)

Herausgegeben

von der DLG e. V.

Fachzentrum Lebensmittel

Frankfurt am Main

Inhaltsverzeichnis

Arbeitskreis Rebenzüchtung

Identifikation und genetische Kartierung neuer Resistenzen gegen *Plasmopara viticola* aus Triomphe d'Alsace und der asiatischen Wildart *Vitis amurensis*

Dr. Jürgen Sturm[1)], Dr. Oliver Trapp[2)]

[1)] Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg, Traubenplatz 5, 74189 Weinsberg
[2)] JKI Siebeldingen, Geilweilerhof, 76833 Siebeldingen ..... **- 1 -**

Arbeitskreis Physiologie der Rebe und Rebenveredelung

RhizoVitis – Molekularbiologische Untersuchungen zur mikrobiellen Diversität der Rhizosphäre bei Weinreben (*Vitis vinifera* L.)

Prof. Dr. Otmar Löhnertz, Dr. Anne Vortkamp

Hochschule Geisenheim University, Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim ..... **-16 -**

Sonnenbrandrisiko an **T**rauben: **A**uftreten, Ursachen und Handlungsanweisun**g** **[Akronym: Sonntag]**

Prof. Dr. Manfred Stoll, Dr. Matthias Friedel

Hochschule Geisenheim University, Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim ..... **- 21 -**

Arbeitskreis Pflanzenschutz

Untersuchungen zur Ausbreitungssituation und Risikobewertung des Grauburgunder Virus

Dr. René Fuchs

Staatliches Weinbauinstitut Freiburg, Referat Phytopathologie und Diagnostik, Merzhauser Str. 119, 79100 Freiburg ..... **- 31 -**

Evaluierung der Resistenzmechanismen neuer pilzwiderstandsfähiger Rebsorten und ihr Enfluss auf das Einsparpotential beim Pflanzenschutz

Prof. Dr. Jochen Bogs

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, Breitenweg 71, 67435 Neustadt a.d. Weinstraße ..... **- 40 -**

Arbeitskreis Betriebs- und Marktwirtschaft

Geschäftsmodellerweiterungen von Winzerbetrieben: Wirtschaftlichkeit, Erfolgsfaktoren und Synergien zwischen Akteuren

Prof. Dr. Marc Dreßler

Kompetenzzentrum Weinforschung/DLR Rheinpfalz, Breitenweg 71, 67435 Neustadt an der Weinstraße……..……**- 56 -**

Design und Erfolgsfaktoren von Social Commerce am Beispiel der Weinbranche

Prof. Dr. Laura Ehm

Weincampus Neustadt, Breitenweg 71, 67432 Neustadt an der Weinstraße**…… - 61 -**

Arbeitskreis Kellerwirtschaft und Weinbehandlung

Einfluss der Maischegärung auf die Polyphenolzusammensetzung, die Lagerfähigkeit und den SO_2-Bedarf von Weißwein

Dr. Michael Zänglein

Institut für Weinbau und Oenologie,
Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau,
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim **..... - 67 -**

Natürliche Selektion sulfitresistenter Stämme der Weinhefe *anseniaspora uvarum (Kloeckera apiculata)* mit verringerter Essigsäurebildung

Prof. Dr. Jürgen J. Heinisch

Universität Osnabrück, FB Biologie/Chemie, Abt. Genetik,
Barbarastr. 11, 49076 Osnabrück **..... - 70 -**

Ausschuss für Technik im Weinbau

Untersuchungen zur Erosionsvermeidung bei der mechanischen Unterstockbewirtschaftung, ATW-Nr. 199

Matthias Porten[1)], Dr. Miriam Marzen[2)], Alexander-André Remke[2)]
[1)] DLR Mosel, [2)] Universität Trier **…..……..……..- 72 -**

Untersuchungen über alternative innovative Bearbeitungsmöglichkeiten zur Unterstockbodenpflege, ATW-Nr. 203

Dr. Matthias Petgen, Oliver Kurz
DLR Rheinpfalz **…...…….……...……...……- 85 -**

Aromamigration aus Dichtungsmaterialien bei Weinmischgetränken, ATW-Nr. 207

Dr. Maximilan Freund, Hochschule Geisenheim University **…….……...…- 95 -**

Analyse und Evaluierung der Datenströme sowie -strukturen entlang der Wertschöpfungskette und Erstellung eines Digitalisierungsprofils von Weingütern und Weinbaubetrieben, ATW-Nr. 208

Dr. Philipp Rüger, DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück **……..….……- 102 -**

Heißwasserbehandlung von bewurzeltem Rebenpflanzgut, ATW-Nr. 209

Dr. Joachim Eder, Matthias Zink
DLR Rheinpfalz **…….……...……...……...……..….- 109 -**

Vergleich verschiedener Gebinde zum Weinausbau und zur Weinlagerung, ATW-Nr. 210

Tobias Dienesch, Johannes Burkert, Felix Baumann
LWG, Veitshöchheim **…….……...……...……...…...…- 113 -**

Entschwefelung von Süßreserve mittels hydrophober Membrantechnik, ATW-Nr. 211

Achim Rosch, Sandra Schedler, Horst Rudy
DLR Mosel **…….……...……...……..…...…- 118 -**

Überprüfung der Praxistauglichkeit von Kationenaustauschern zur Absenkung des pH-Wertes in Most und Wein, ATW-Nr. 212

Patrick Nickolaus, Pascal Wegmann-Herr
DLR Rheinpfalz **…….……...……...…….....- 125 -**

Einfluss unterschiedlicher Pflanzdichten und Unterlagen auf die Wurzelverteilung sowie Wassernutzungseffizienz bei der Rebsorte Spätburgunder, ATW-Nr. 213

Christine Kleber, DLR Rheinpfalz **……...……...……...…….....- 130 -**

Mitglieder des Forschungsausschusses 2020

Grande, Charis	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
Haupt, Dirk, Dr.	Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau, Geschäftsführung, Rheinland-Pfalz, Mainz
Herbst, Carola K.	DLG e. V., Geschäftsführung, Frankfurt am Main
Steinschulte, Marianne	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München
Köhler, Michael, Dr.	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
Kortekamp, Andreas, Dr.	Dienstleistungszentrum Rheinpfalz, Neustadt a.d.W.
Löhnertz, Otmar, Prof. Dr.	Hochschule Geisenheim University
Maltzahn, Joachim-Eberhard	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden
Oberhofer, Jürgen, Dr.	Dienstleistungszentrum Rheinpfalz, Neustadt a.d.W.
Rauhut, Doris, Prof. Dr.	Hochschule Geisenheim University
Reineck, Walter	Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz, Mainz
Reinhold, Christian	Kuratorium für Technik und Bauwesen (KTBL), Darmstadt
Rühl, Konrad MR, Dr.	Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum des Landes Baden-Württemberg, Stuttgart
Schultz, Hans-Reiner, Dir. und Prof. Dr.	Hochschule Geisenheim University
Stoll, Manfred, Prof. Dr.	Hochschule Geisenheim University
Töpfer, Reinhard, Dir. und Prof. Dr.	Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof, Siebeldingen
Trapp, Oliver, Dr.	Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof, Siebeldingen

Identifikation und genetische Kartierung neuer Resistenzen gegen *Plasmopara viticola* aus Triomphe d'Alsace und der asiatischen Wildart *Vitis amurensis*

Dr. Jürgen Sturm[1)], Dr. Oliver Trapp[2)]

[1)] *Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg, Traubenplatz 5, 74189 Weinsberg*
[2)] *JKI Siebeldingen, Geilweilerhof, 76833 Siebeldingen*

Projektlaufzeit: 2018-2021

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

1. Einleitung

2. Methoden

    2.1 Pflanzenmaterial

    2.2 Phänotypisierung

    2.3 DNA-Extraktion

    2.4 Markeranalyse

    2.5 Genetische Kartierung

    2.6 QTL Analyse

3. Ergebnisse und Diskussion

    3.1 Phänotypisierung

    3.2 Genotypisierung

    3.3 Ausblick

Literaturverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Bedeutung
bp	Basenpaare
Cf	Cabernet franc
cM	Centimorgan
dH_2O	Destilliertes Wasser
FM	Falscher Mehltau
HP	Höhepunkt
IM	Intervall Mapping
KG	Kopplungsgruppe
LOD	Logarithm of the odds
MAS	Marker Assisted Selection
NGS	Next-Generation-Sequencing
OIV	Internationale Organisation für Rebe und Wein
PCR	Polymerase-Kettenreaktion
PIWI	Pilzwiderstandsfähig
PSM	Pflanzenschutzmittel
QTL	Quantitativer Trait Locus
rhAmpSeq	RNase H2 enzyme-dependent amplicon sequencing
SSR	Simple Sequence Repeats
TA	Triomphe d‘Alsace
TV	Tigvoasa
VIVC	Vitis International Variety Catalogue

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung	Beschriftung
Abbildung 1	Boniturergebnisse des Blattscheibentests vom 22.04.2020 (von 1: keine Infektion bis 9: sehr stark infiziert) für die Kreuzungspopulation TV x We 90-6-12.
Abbildung 2	Fluoreszenzmikroskopische Aufnahmen des Hyphenwachstums (blau/weiß leuchtend) von infizierten Blattscheiben der Akzessionen TV und We 90-6-12 nach einer Zeit von 24 Stunden, 48 Stunden und 7 Tagen.
Abbildung 3	Ergebnisse der Blattscheibentests 2020 für die Population Cf x TA im Zeitraum von April bis September in den unterschiedlichen Experimentvarianten. Die X-Achse beschreibt den Infektionsgrad, die Y-Achse gibt die dazugehörige Individuenanzahl an.
Abbildung 4	Boniturergebnisse aller Blattscheibentests im Jahr 2020 (von 1: keine Infektion bis 9: sehr stark infiziert) für die Kreuzungspopulation Cf x TA.
Abbildung 5	Darstellung der Abwehrreaktionen für die Sorten TA, MG und RGM in Form von programmiertem Zelltod (schwarze Punkte) in Folge einer HR.

1. Einleitung

Der ständige Umgang mit Pathogenen und Schädlingen ist schon lange Teil und Normalität in der Landwirtschaft. Neue Herausforderungen allerdings bringen Globalisierung und Klimawandel mit sich.[1,2] Diese Veränderungen betreffen auch den Weinbau. Invasive Schädlinge, wie z.B. das Rebenpathogen *Plasmopara viticola*, wurden aus unterschiedlichen Regionen nach Europa eingeschleppt und sind unter anderem für erhebliche Ernteausfälle verantwortlich.[3] Die aktuell dominierende Maßnahme zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten ist der Einsatz von Pestiziden. Obwohl die agrarwirtschaftlich genutzte Anbaufläche in Deutschland allein von Winterweizen um das dreißigfache höher ist,[4] werden aktuell durchschnittlich drei- bis viermal so viel Pflanzenschutzmittel für den Weinanbau eingesetzt.[5] Eine alternative Strategie stellt die Züchtung sogenannter pilzwiderstandsfähiger Rebsorten (PIWIs) dar. Sie greift auf das Einkreuzen resistenzkorrelierender Genabschnitte aus Wildreben mittels Marker-Assisted-Selection (MAS) zurück.[6] Hierfür werden aktuell amerikanische und asiatische Sorten verwendet, die die bereits bekannten Resistenzloci *Rpv3*, *Rpv10* und *Rpv12* im Genom tragen. Obwohl *P. viticola* indigen in nordamerikanischen Regionen ist und mit den Wildreben dort eine langjährige Co-Evolution durchlebt hat, ist bekannt, dass Loci aus asiatischen Wildreben wie *Vitis amurensis* besonders starke Resistenzreaktionen aufweisen.[7] Da es bereits zu Meldungen von Resistenzbrüchen kam,[8] ist es Ziel dieser Arbeit, weitere resistenzvermittelnde Loci zu finden. Dafür stehen zwei Kreuzungspopulationen unterschiedlicher genetischer Herkunft zur Verfügung.

[1] Chakraborty & Datta 2002
[2] Scherm & Coakley 2003
[3] Blaise et al. 1996
[4] Statista 2019 Anbauflächen
[5] Julius Kühn-Institut Behandlungsindex Pflanzenschutzmittel
[6] Lande & Thompson 1990
[7] Wan et al. 2007
[8] Peressotti et al. 2010

2. Material & Methoden

2.1 Pflanzenmaterial

Für das Projekt wurden zwei Kreuzungspopulationen hinsichtlich neuer Resistenzen gegen das Rebenpathogen *P. viticola* untersucht. Der Genpool der Kreuzung aus ‘Tigvoasa‘ x ‘We 90-06-12‘ (Population 1) sollte dabei das potentielle Auffinden neuer Resistenzen aus der asiatischen Wildart *V. amurensis* ermöglichen, die Kreuzung ‘Cabernet franc‘ x ‘Triomphe d‘Alsace‘ (Population 2) ließ auf Resistenzabschnitte aus dem Genom amerikanischer Wildreben hoffen. Population 1 besteht aus 642 Pflanzen und steht seit der Aussaat im Jahr 2017 in einem Gewächshaus des Instituts für Rebenzüchtung Geilweilerhof am Julius Kühn-Institut. Population 2 umfasst 334 Pflanzen und wurde 2015 auf einer Versuchsfläche der LVWO Weinsberg im Freiland gepflanzt.

2.2 Phänotypisierung

Infektionstests des Blattmaterials wurden durchgeführt, um jeweils ca. 150 Pflanzen beider Populationen auf mögliche Resistenzen gegen *P. viticola* zu prüfen. Die Elternsorten der Kreuzungen (‘TV‘, ‘Cf‘, ‘TA‘ und ‘We 90-6-12‘), sowie Sorten, die anfällig für den Falschen Mehltau (FM) sind (‘Müller-Thurgau‘) oder eine bekannte Resistenz besitzen (‘Solaris‘, ‘Regent‘), dienten dabei als Kontrollen. Für die Infektionstests wurde das dritte und vierte Blatt von der Triebspitze gesammelt, mittels Korkbohrer jeweils vier Blattscheiben (Ø 15 mm) pro Pflanze ausgestanzt und abaxial mit 40 µl Sporensuspension (15.000 – 20.000 Sporen pro ml dH_2O) infiziert. Anschließend wurden die infizierten Blattscheiben in quadratischen BioAssay-Schalen (Nunc, Thermo Scientific), die mit feuchtem Filterpapier ausgekleidet wurden, bei Raumtemperatur (22 °C – 24 °C) auf der Fensterbank für 4 – 6 Tage inkubiert. Die Bestimmung des Infektionsgrades erfolgte nach den Richtlinien des Boniturschlüssels OIV 452 (1: sehr geringe/ keine Infektion bis 9: sehr stark infiziert). Freilandbonituren wurden mit identischen Kriterien durchgeführt. Des Weiteren unterstützten fluoreszenzmikroskopische Arbeiten die phänotypischen Analysen. Infizierte Blattscheiben wurden dazu in einer Färbelösung (0,05% Anilin-Blau, 0,067 M K_2HPO_4) für 10 Minuten inkubiert. Daraufhin folgte ein Waschschritt mit 1 N KOH bei 65°C.[9,10] Mögliches Hyphenwachstum konnte

[9] Hood & Shew 1996
[10] Unger et al. 2007

anschließend unter dem Fluoreszenzmikroskop (DM4000B, Leica) beobachtet werden.

2.3 DNA-Extraktion

Zur Vorbereitung der Extraktion von genomischer DNA wurden gesammelte Blattfragmente (1 – 2 cm^2) in DeepWell Platten (Abgene, Thermo Scientific) lyophilisiert (Alpha 1-4 LSCbasic, Christ) und anschließen mithilfe eines Farbmischers (SK350, Fast & Fluid) pulverisiert. Die DNA wurde nach Anleitung eines Extraktionskits (Nucleospin Plant II, Macherey-Nagel) isoliert.

2.4 Markeranalyse

Die Markeranalysen wurden nach Anleitung eines Multiplex-PCR-Kits (Qiagen GmbH) durchgeführt. Dabei konnten zwischen drei und sieben Simple Sequence Repeat (SSR) abhängige Primerpaare in einem Reaktionsansatz verwendet werden. Fluoreszenzmarkierungen (HEX, ROX, TAMRA, 6-FAM) am 5‘-Ende der Forward Primer dienten zur anschließenden Fragmentlängenbestimmung mittels Kapillarelektrophorese (Genetic Analyzer ABI PRISM 3130xl, Applied Biosystems). Die Ergebnisse wurden mit der Software GeneMapper (Version 5, Applied Biosystems) verarbeitet. Des Weiteren wurden Genomanalysen mit RNase H2 abhängigen Amplicon Sequencing (rhAmpSeq) Markern durch das Institut für Biotechnologie an der Cornell Universität (Ithaca NY, USA) durchgeführt.

2.5 Genetische Kartierung

Zur Erstellung einer genetischen Karte für die Population TV x We 90-06-12 konnten die Markerdaten der SSR- und rhAmpSeq-Analysen kombiniert werden. Die Positionen der Marker wurden mithilfe der Software JoinMap (Version 4.1, Kyazma B. V.) durch die Maximum-Likelihood Methode für unabhängige LOD-Werte berechnet und in Centimorgan (cM) dargestellt[11].

2.6 QTL Analyse

Die Software MapQTL (Version 6, Kyazma B. V.) diente zur Berechnung von Quantitativen Trait Loci (QTLs)[12]. Die Analyse wurde mit der Einstellung für regressionsbasiertes Intervall-Mapping (IM) durchgeführt.

[11] JoinMap Kyazma Homepage
[12] MapQTL Kyazma Homepage

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Phänotypisierung

Für Population 1 (TV x We 90-6-12) konnte im Jahr 2020 lediglich ein Infektionstest in Form eines Blattscheibentests durchgeführt werden, da es zu mehreren nicht vorgesehenen Routinebehandlungen mit Fungiziden kam. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse eines Ansatzes mit Blattmaterial von 136 Stecklingen im April 2020, bevor die Pflanzen behandelt wurden. Die Blattscheiben wurden am 22.04.2020 infiziert und nach Inkubation am 26.04.2020, 27.04.2020 und 28.04.2020 nach Infektionsgrad bonitiert. Das Schaubild zeigt daher die Infektionsgrade in Abhängigkeit der Individuenanzahl aller drei Tage im Mittel. Der Verlauf des Graphen zeigt eine Aufspaltung der Population in Pflanzen, die resistent gegenüber dem Pathogen sind und Pflanzen, die eine Anfälligkeit zeigen. Illustriert wird diese Annahme durch die Verteilung der Daten um zwei Höhepunkte (HP) in Abhängigkeit des Infektionsgrades (HP 1: Boniturnote 3, HP 2: Boniturnote 7).

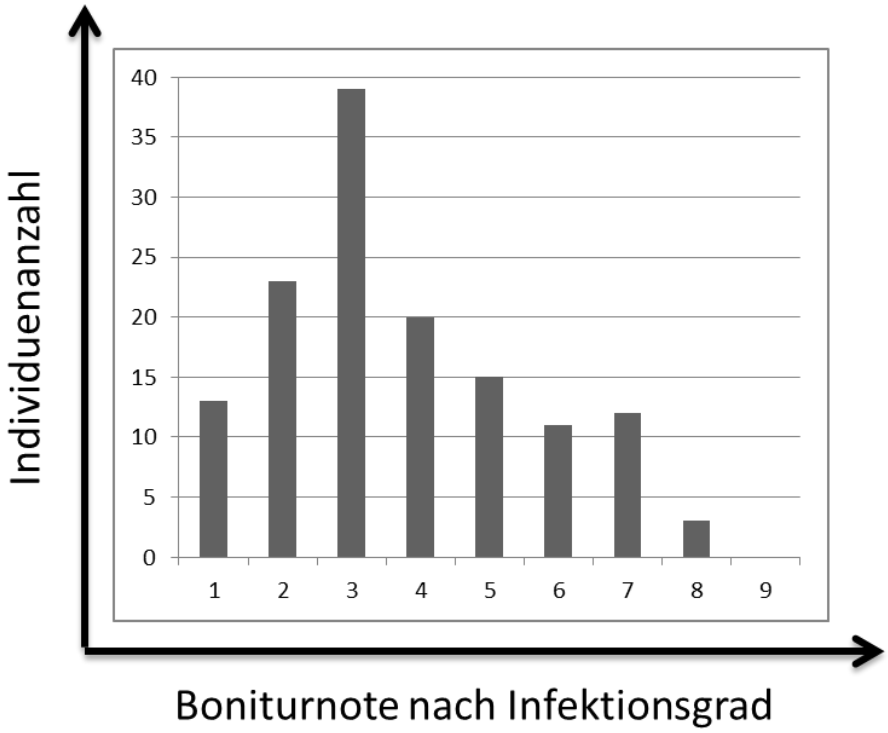


Abbildung 1 Boniturergebnisse des Blattscheibentests vom 22.04.2020 (von 1: keine Infektion bis 9: sehr stark infiziert) für die Kreuzungspopulation TV x WE90.

Eine Aufspaltung der Population hinsichtlich der Resistenz gegenüber dem Pathogen *P. viticola* deutet darauf hin, dass bestimmte Nachkommen resistenzvermittelnde Gene vererbt bekommen haben.[13] Einige Individuen zeigten charakteristische Reaktionen in Folge der Infektion mit dem Pathogen, die sich in Form einer Hypersensitiven Reaktion (HR) um die Infektionsstelle äußerten.[14,15] Dies konnte auch bei der Elternpflanze We 90-6-12 beobachtet werden, die eine Hybridkreuzung mit genetischen Wurzeln aus der asiatischen Wildart *V. amurensis* ist. Weitere Analysen unter dem Fluoreszenzmikroskop zeigten im Fall der Akzession We 90-6-12, dass eine Ausbreitung der Infektion durch *P. viticola* innerhalb des Blattes unterdrückt wurde. Abbildung 2 zeigt ein eingeschränktes Hyphenwachstum bereits nach 24 h. Dies war bei der anfälligen Rebsorte TV nicht der Fall (Abbildung 2). Das Eintreten einer HR mit partiell programmiertem Zelltod, sowie das eingeschränkte Hyphenwachstum sind typische Reaktionen auf eine Infektion durch *P. viticola* und konnten bereits bei Sorten mit bekanntem Resistenzlocus aus der asiatischen Wildart *V. amurensis* dokumentiert werden.[16]

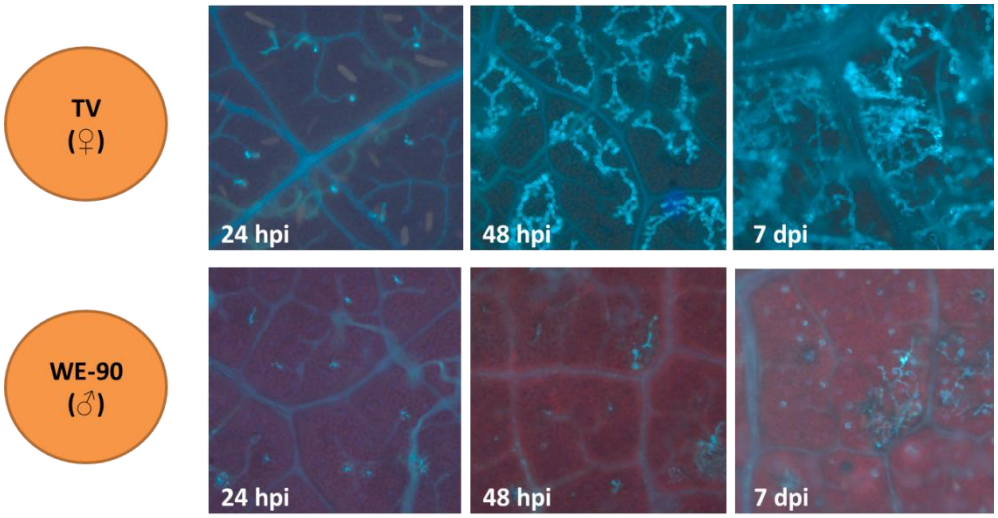


Abbildung 2 Fluoreszenzmikroskopische Aufnahmen des Hyphenwachstums (blau/weiß leuchtend) von infizierten Blattscheiben der Akzessionen TV und WE-90 nach einer Zeit von 24 Stunden, 48 Stunden und 7 Tagen.

Für die im Freien stehende Population 2 (Cf x TA) konnten im Jahr 2020 mehrere Blattscheibentests und Freilandbonituren durchgeführt werden. Da zu Beginn

[13] Malacarne et al. 2011
[14] Mur et al. 2007
[15] Godard et al. 2009
[16] Venuti et al. 2013

des Jahres 2020 zudem 140 Pflanzen der Population 2 aus Stecklingen im Gewächshaus angezogen wurden, konnte bereits im April mit Blattscheibentests begonnen werden. Insgesamt stehen für 2020 Daten von vier unabhängigen Blattscheibentests mit Pflanzenmaterial aus dem Gewächshaus und zwei unabhängige Blattscheibentests mit Pflanzenmaterial aus dem Freiland zur Verfügung. Außerdem konnten Feldbonituren auf natürlich entstandene Infektionen mit *P. viticola* zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt werden. Die Datenlage deckt somit den natürlichen potentiellen Hauptinfektionszeitraum des Pathogens von April bis einschließlich September ab, der ebenso die natürliche Vegetationsperiode der Weinrebe als Wirt darstellt.[17] Abbildung 3 zeigt die durchschnittlichen Infektionsgrade abhängig von der Individuenanzahl für die unterschiedlichen Szenarien innerhalb des Beobachtungszeitraums. Im Rahmen der Freilandbonituren wurden alle 334 Pflanzen auf natürliche Infektionen mit *P. viticola* bonitiert. Es konnten überwiegend nur leichte Infektionen an den Blättern festgestellt werden, da der natürliche Infektionsdruck im Jahr 2020 sehr gering war und die Pflanzen im Freiland auch unter einem Befall durch die Krankheit des Echten Mehltaus litten. Dies spiegelt eine Konkurrenzsituation in der Natur wider und kann daher nicht mit den Infektionskurven der Blattscheibentests verglichen werden, die unter Laborbedingungen durchgeführt wurden.

[17] Kennelly et al. 2006

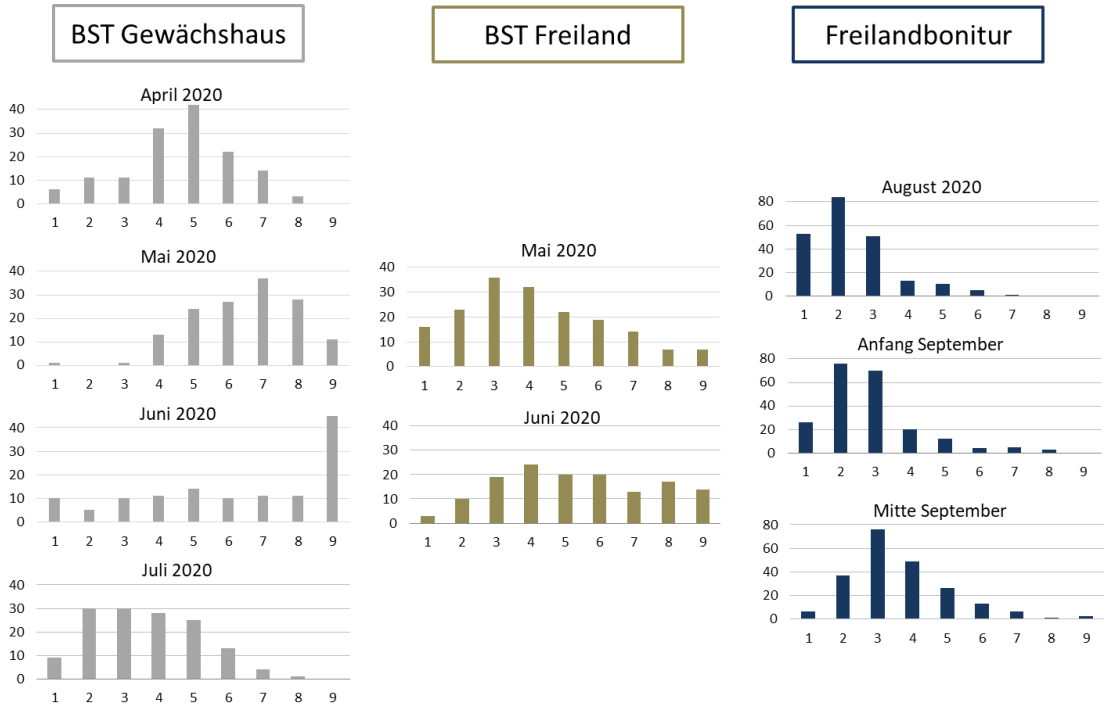


Abbildung 3 Ergebnisse der Blattscheibentests 2020 für die Population Cf x TA im Zeitraum von April bis September in den unterschiedlichen Experimentvarianten. Die X-Achse beschreibt den Infektionsgrad, die Y-Achse gibt die dazugehörige Individuenanzahl an.

Allgemein kann allerdings festgestellt werden, dass keine augenscheinliche Aufspaltung der Population in resistente und anfällige Individuen ersichtlich ist. Betrachtet man den Verlauf der Graphik in Abbildung 4, die ein Mittel aus allen Blattscheibentests von April bis Juli 2020 darstellt, erkennt man eine nahezu perfekte Normalverteilung.

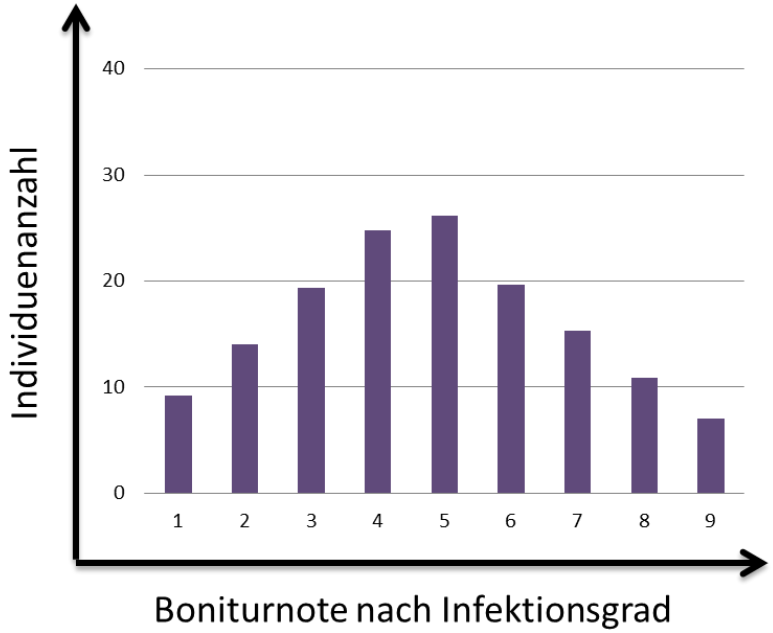


Abbildung 4 Boniturergebnisse aller Blattscheibentests im Jahr 2020 (von 1: keine Infektion bis 9: sehr stark infiziert) für die Kreuzungspopulation Cf x TA.

Da die Elternpflanze TA, die ein Nachkomme amerikanischer Wildreben ist, seit mehreren Jahren eine stabile Resistenz zeigt, kann vermutet werden, dass mehrere schwache Resistenzgene auf unterschiedliche Individuen der Kreuzungspopulation verteilt wurden. Zudem tauchen Resistenzmerkmale unregelmäßig in Abhängigkeit von Umwelteinflüssen und Pathogendynamik auf.[18,19] Des Weiteren stützen die Boniturdaten von Individuen mit einem niedrigen Infektionsgrad (1 – 4), sowie das vereinzelte Aufkommen einer HR diese Hypothese. Die Resistenz scheint anhand der Abwehrreaktion, die in Abbildung 5 veranschaulicht ist, umso stärker zu sein, je weiter im Stammbaum zurückgegangen wird. Dies kann für die Akzessionen TA, Millardet et Grasset (MG) und Riparia Gloire de Montpellier (RGM) beobachtet werden. RGM, die als Trägersorte der Resistenzloci *Rpv5* und *Rpv6* identifiziert wurde,[20] ist eine Selektion der amerikanischen Wildart *V. riparia* und stellt im Verwandtschaftsverhältnis zu MG ein Elternteil und

[18] Moreira et al. 2011
[19] Lin et al. 2019
[20] Marguerit et al. 2009

zu TA ein Großelternteil dar.[21] Wie in Abbildung 5 ersichtlich, scheint es zumindest nach phänotypischen Beobachtungen zu einer „Ausdünnung“ der Resistenz im Verlauf der Generationen zu kommen.

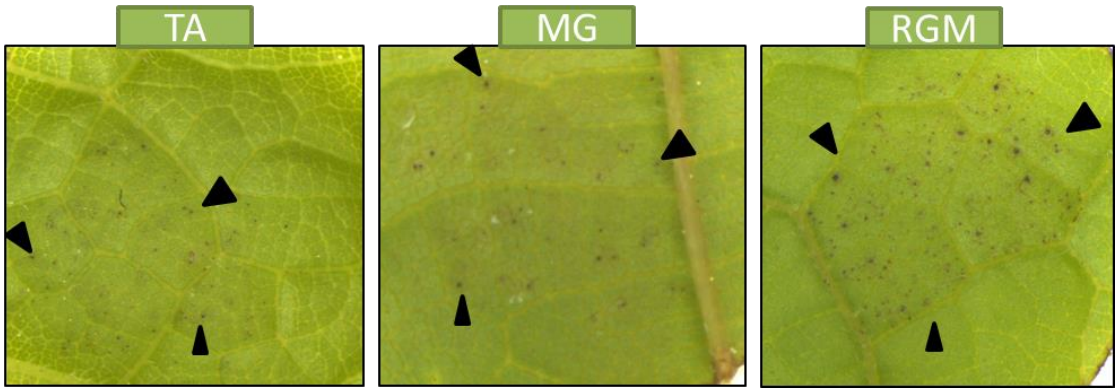


Abbildung 5 Darstellung der Abwehrreaktionen für die Sorten TA, MG und RGM in Form von programmiertem Zelltod (schwarze Punkte) in Folge einer HR.

3.2 Genotypisierung

Zur Erstellung einer genetischen Karte für die Population TV x We 90-6-12 konnten insgesamt 681 Daten, bestehend aus 66 SSR- und 615 rhAmpSeq-Markern, genutzt werden. Die hohe Anzahl an Markerdaten trug dazu bei, dass alle 19 Kopplungsgruppen (KG), die bei der Berechnung der genetischen Karte generiert wurden, mit entsprechend hoher Dichte abgedeckt werden konnte. Einen großen Teil stellen dabei die Marker aus der rhAmpSeq-Analyse dar, die vom Institut für Biotechnologie an der Cornell Universität (Ithaca NY, USA) im Rahmen einer RNase H2 abhängigen Multiplex-PCR mit gekoppeltem Next-Generation-Sequencing-Verfahren (NGS) durchgeführt wurde. Die Marker wurden mithilfe von Sequenzen mehrerer europäischer (z.B. Pinot noir PN40024) sowie amerikanischer (z.B. *V. rupestris*) Akzessionen, als auch Hybridzüchtungen, spezifisch für das Vitis-Kerngenom entwickelt. Das Verfahren wurde zusätzlich angewandt, da im Vergleich zur SSR-Markeranalyse im Hochdurchsatz zahlreiche Marker auf mehrere Proben gleichzeitig analysiert werden können. Des Weiteren wurde publiziert, dass die rhAmpSeq-Marker eine höhere artübergreifende Transferierbarkeit von bis zu 93 % aufweisen.[22] Die Transferierbarkeit der rhAmpSeq-Marker für die Population TV x We 90-6-12 betrug lediglich 31 % (615 Marker von 2010)

[21] Kreuzung: Eugène Kuhlmann, Colmar; Quelle: VIVC
[22] Zou et al. 2020

und ist somit gering niedriger als der Wert von 32 % (66 Marker von 206) im Falle der SSR-Marker. Die Tatsache, dass die analysierte Population TV x We 90-6-12 von der Wildart *V. amurensis* abstammt und somit Sequenzabschnitte aus dem asiatischen Genpool besitzt, kann zur Begründung der niedrigen artübergreifenden Übertragbarkeit der Marker herangezogen werden. Die Primer-Konstrukte für SSR- sowie rhAmpSeq-Analysen wurden größten Teils anhand europäischer oder amerikanischer Genomsequenzen synthetisiert. Dennoch konnten ausreichend Daten zur Erstellung einer informativen Genkarte genutzt werden. Die genetische Karte wurde anschließend in Abhängigkeit der phänotypischen Bonituren im Jahr 2020 zur QTL-Verrechnung verwendet. Die Analyse ergab einen großen QTL auf der KG 09, der mit einer Resistenz gegen das Pathogen *P. viticola* in Korrelation steht. Ein LOD-Score von über 25 konnte berechnet werden, die genaue Position des Resistenzlocus ist jedoch noch unklar. Allerdings konnte der potentielle Bereich mithilfe von gezielten Markeranalysen auf der KG 09 eingegrenzt werden. Dieser ist vergleichbar mit dem Resistenzbereich *Rpv10*, der im Jahr 2012 in der ebenfalls von *V. amurensis* abstammenden Sorte Solaris auf der KG 09 gefunden wurde.[23] Die Resistenzmarker GF09-46 und GF09-48, die bereits jahrelang zur Identifikation von *Rpv10* tragenden Reben für die Marker-Assisted-Selection (MAS) verwendet werden, wiesen jedoch eine andere Allellänge sowohl für die Individuen der Kreuzungspopulation, als auch für die Elternpflanze We 90-6-12, die Großelternpflanze We 73-45-84 und die Weinsberger *V. amurensis* Akzession (Resistenzdonor) auf. Um genauere Aussagen zu treffen, inwiefern sich der neue Locus vom *Rpv10*-Locus unterscheidet, sind weitere Untersuchungen geplant.

3.3 Ausblick

Zur Bestimmung der genauen Position (Fine Mapping) des neu gefundenen Locus müssen weitere Marker in diesem Bereich analysiert werden. Des Weiteren können Sequenzvergleiche von relevanten Kandidatengenen Aufschluss über Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Loci geben. Außerdem stehen im

[23] Schwander et al. 2012

Frühjahr 2021 Blattscheibentests und mikroskopische Untersuchungen zum Resistenzverhalten der Population gegenüber *P. viticola* an. Darüber hinaus sollten die Ergebnisse mit der *Rpv10* tragenden Sorte Solaris verglichen werden.

LITERATURVERZEICHNIS

1 Chakraborty, S., Datta, S. (2002). How will plant pathogens adapt to host plant resistance at elevated CO^2 under a changing climate? *New Phytologist*, 159:733–742.

2 Scherm, H., Coakley, S. M. (2003). Plant pathogens in a changing world. *Australasian Plant Pathology*, 32:157–165.

3 Blaise, P., Dietrich, R., Jermini, M. (1996). Coupling a disease epidemic model with a crop growth model to simulate yield losses of grapevine due to *Plasmopara viticola. Acta Horticulturae*, 416: 285–291.

4 Statista (2019): Anbauflächen von Weizen https://de.statista.com/statistik/daten/studie/201128/umfrage/anbauflaeche-von-weizen-in-deutschland/ und Wein https://de.statista.com/statistik/daten/studie/5709/umfrage/entwicklung-der-weinanbauflaeche-in-deutschland-nach-rebsorten/in Deutschland (Stand: 15.02.2021).

5 Julius Kühn-Institut: Behandlungsindex für eingesetzte Pflanzenschutzmittel https://papa.julius-kuehn.de/index.php?menuid=43 (Stand: 16.02.2021).

6 Lande, R., Thompson, R. (1990). Efficiency of marker-assisted selection in the improvement of quantitative traits. *GENETICS*, 124(3):743-756).

7 Wan, Y. Z., Schwaninger, H., He, P. C., Wang, Y. J. (2007). Comparison of resistance to powdery mildew and downy mildew in Chinese wild grapes. *Vitis,* 46:132-136.

8 Peressotti, E., Wiedemann-Merdinoglu, S., Delmotte, F., Bellin, D., Di Gaspero, G., Testolin, R., Merdinoglu, D., Mestre, P. (2010). Breakdown of resistance to grapevine downy mildew upon limited deployment of a resistant variety. *BMC Plant Biology*, 10:147.

9 Hood M. E., Shew H. D. (1996): Applications of KOH-aniline blue fluorescence in the study of plant fungal interactions. *Phytopathology*, 86(7):704–708.

10 Unger S., Büche C., Boso S., Kassemeyer H.-H. (2007): The course of colonization of two different *Vitis* genotypes by *Plasmopara viticola* indicates compatible and incompatible host-pathogen interactions. *Phytopathology*, 97(7):780–786.

11 Kyazma Homepage, Informationen zur JoinMap Software (Stand 11.02.2021): https://www.kyazma.nl/index.php/JoinMap/FAQ/

12 Kyazma Homepage, Informationen zur MapQTL Software (Stand 11.02.2021): https://www.kyazma.nl/index.php/MapQTL/General/

13 Malacarne, G., Vrhovsek, U., Zulini, L., Cestaro, A., Stefanini, M., Mattivi, F., Delledonne, M., Velasco, R., Moser, C. (2011). Resistance to *Plasmopara viticola* in a grapevine segregating population is associated with stilbenoid accumulation and with specific host transcriptional responses. *BMC Plant Biol.* 11(114).

14 Mur, L. A. J., Kenton, P., Lloyd, A. J., Ougham, H., Prats, E. (2007). The hypersensitive response; the centenary is upon us but how much do we know? *Journal of Experimental Botany*, 59(3):501–520.

15 Godard, S., Slacanin, I., Viret, O., Gindro, K. (2009). Induction of defence mechanisms in grapevine leaves by emodin- and anthraquinonerich plant extracts and their conferred resistance to downy mildew. *Plant Physiol. Biochem.* 47:827-837.

16 Venuti, S., Copetti, D., Foria, S., Falginella, L., Hoffmann, S., Bellin, D., Cindric, P., Kozma, P., Scalabrin, S., Morgante, M., Testolin, R., Di Gaspero, G. (2013). Historical Introgression of the Downy Mildew Resistance Gene *Rpv12* from the Asian Species *Vitis amurensis* into Grapevine Varieties. *PLoS ONE* 8(4): e61228.

17 Kennelly, M. M., Gadoury, D. M., Wilcox, W. F., Magarey, P.A., Seem, R. C. (2006). Primary Infection, Lesion Productivity, and Survival of Sporangia in the Grapevine Downy Mildew Pathogen *Plasmopara viticola*. *The American Phytopathological Society* 97(4):512-522.

18 Moreira, F. M., Madini, A., Marino, R., Zulini, L., Stefanini, M., Velasco, R., Kozma, P., Grando, S. M. (2011). Genetic linkage maps of two interspecific grape crosses

(*Vitis spp*.) used to localize quantitative trait loci for downy mildew resistance. *Tree Genetics & Genomes* (2011) 7:153–167.

19 Lin, H., Leng, H., Guo, Y., Kondo, S., Zhao, Y., Shi, G., Guo, X. (2019). QTLs and candidate genes for downy mildew resistance conferred by interspecific grape (*V. vinifera* L.×V*. amurensis* Rupr.) crossing. *Scientia Horticulturae* 244:200–207.

20 Marguerit, E., Boury, C., Manicki, A., Donnart, M., Butterlin, G., Némorin, A., Wiedemann-Merdinoglu, S., Merdinoglu, D., Ollat, N., Decroocq, S. (2009). Genetic dissection of sex determinism, inflorescence morphology and downy mildew resistance in grapevine. *Theor. Appl. Genet.* 118:1261–1278.

21 Stammbäume (Stand 12.02.2021) von Triomphe d'Alsace: (http://www.vivc.de/index.php?r=passport/viewtree&id=12650)

22 Zou, C., Karn, A., Reisch, B., Nguyen, A., Sun, Y., Campbell, M.S., Church, D., Williams, S., Ledbetter, C.A., Patel, S., Fennell, A., Glaubitz, J.C., Clark, M., Ware, D., Londo, J.P., Sun, Q., Cadle-Davidson, L. (2020). Haplotyping the Vitis collinear core genome with rhAmpSeq improves marker transferability in a diverse genus. *Nature Communications* 11(413).

23 Schwander, F., Eibach, R., Fechter, I., Hausmann, L., Zyprian, E., Töpfer, R. (2012). *Rpv10*: a new locus from the Asian Vitis gene pool for pyramiding downy mildew resistance loci in grapevine. *Theor. Appl. Genet.* 124:163–176.

RhizoVitis – Molekularbiologische Untersuchungen zur mikrobiellen Diversität der Rhizosphäre bei Weinreben (*Vitis vinifera* L.)

Prof. Dr. Otmar Löhnertz, Dr. Anne Vortkamp

Hochschule Geisenheim University, Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim

Projektlaufzeit: 2019-2022

Inhaltsverzeichnis

1. Ziel des Projektes
2. Projektfortschritt
   2.1 Großbehälter-Experiment
   2.2 Unterlagenversuch mit Topfreben
   2.3 Verschiedene Unterlagen

1. Ziel des Projektes

Das Ziel des Forschungsprojektes ist es, einen Einblick in die Diversität des vorhandenen und sich an verändernde Umweltbedingungen anpassende Mikrobiom der Rhizosphäre zu gewinnen unter besonderer Berücksichtigung von ausgewählten Mikroorganismen Gemeinschaften im Ökosystem Weinberg. Dies soll sowohl für Reben (*Vitis vinifera*) gelten, die unter Laborbedingungen im Gewächshaus kultiviert werden, als auch für Varianten unter Freilandbedingungen. Die Experimente zur Erkenntnisgewinnung bezüglich der mikrobiellen Diversität der „Weinbergsrhizosphäre“ sollen verschiedene Bewirtschaftungssysteme sowie unterschiedliche Düngemaßnahmen umfassen. Außerdem sollen verschiedene Bodenarten und Standortbesonderheiten berücksichtigt werden. Betrachtet werden sollen mikrobielle Gemeinschaften zunächst bakteriellen als auch pilzlichen Ursprungs, die sich in der Rhizosphäre von *Vitis vinifera* ansiedeln und dort verschiedene Funktionen übernehmen. Verschiedene Szenarien bezüglich Pflanzenernährung, Düngung und Nitratauswaschung sollen im aktuellen Kontext Anwendung finden und eingehend betrachtet werden.

2. Projektfortschritt

2.1 Großbehälter-Experiment

Der etwa zehn Jahre alte experimentelle Weinberg (Abbildung 1) wurde über den gesamten Vegetationszeitraum 2020 untersucht. Die Spätburgunder-Reben wurden

mit zwei verschiedenen Stickstoff-Düngungsstufen behandelt (N 0 = 25 kg/ha und N 1 = 75 kg/ha). Jede Weinrebe wurde in einen separaten Behälter gepflanzt (Abbildung 1a) und einzeln bewässert und gedüngt (hoch gegen niedrig). Aus der Rhizosphäre wurden Proben zu sechs verschiedenen Zeitpunkten genommen: Austrieb im April, Blüte im Juni, Juli, der Véraison im August, der Lese im September und zum Vegetationsende im November. Zu jedem dieser Zeitpunkte wurden zwei Behälter der Variante N 0 und zwei Behälter der Variante N 1 aus der Erde gehoben (Abbildung 1b). Der Kunststoff wurde aufgeschnitten, um eine Arbeitsfläche zu schaffen.

Abbildung 1: Spätburgunder-Reben in getrennten Behältern. a) Experimenteller Weinberg. b) Herausnehmen der Großgefäße mithilfe eines Baggers.

Der Wurzelbereich der Reben in den Behältern wurde in drei verschiedene Bereiche unterteilt: 0 - 30 cm, 30 - 60 cm und 60 - 90 cm (Abbildung 2). In jedem Bereich wurde eine Probe für die Bodenanalyse (pH, P, Mg, K) aus Rhizosphärenmaterial entnommen. In jedem Bereich wurden vier verschiedene Proben zur RNA-Extraktion und Mikrobiomanalyse entnommen. Zusätzlich wurden Feinwurzeln entnommen. Um das Mikrobiom und die Bodenparameter zu vergleichen, wurden zusätzliche Proben zwischen den Zeilen außerhalb der Behälter entnommen.

Die Proben der verschiedenen Zeitpunkte werden momentan zur Sequenzierung und zur bioinformatischen Auswertung vorbereitet.

Abbildung 2: Wurzelbereich im Container, unterteilt in drei verschiedene Bereiche.

2.2 Unterlagenversuch mit Topfreben

Es wurde das Unterlagen-Experiment aus dem Jahr 2019 noch einmal mit zusätzlichen Unterlagen wiederholt. Dazu wurden fünf Unterlag-Varianten der Rebsorte Riesling (wurzelecht, SO 4, 125 AA, Börner, 8 B) und vier Unterlag-Varianten der Rebsorte Müller-Thurgau (wurzelecht, SO 4, 5 BB) und eine Kontrolle verwendet (Abbildung 3). Die Rebstöcke wurden im April 2020 in Kunststofftöpfe gepflanzt und unter Gewächshausbedingungen kultiviert. Im Folgenden sollen nun eventuelle Unterschiede hinsichtlich der Zusammensetzungen der mikrobiellen Gemeinschaften in den vorhandenen Rhizosphären untersucht werden. Eine Probenahme von Rhizosphärenmaterial und Boden erfolgte zu drei verschiedenen Zeitpunkten: im Juni, August und Oktober. Zu jedem Zeitpunkt wurden je drei Proben aus je drei Töpfen einer Versuchsvariante genommen. Die Proben der verschiedenen Zeitpunkte werden momentan zur Sequenzierung und zur bioinformatischen Auswertung vorbereitet.

Abbildung 3: Unterlagenversuch mit den Rebsorten Riesling und Müller-Thurgau in Töpfen.

2.3 Verschiedene Unterlagen

Im Rahmen des RhizoVitis-Projektes konnte im Juli 2020 für den Masterstudenten Simone Bussotti des Studiengangs „Vitis-Vinum“ der Hochschule Geisenheim University eine Masterthesis mit dem Titel „Investigating bacterial communities in the rhizosphere of different rootstocks under field conditions: a molecular approach” vergeben und sehr erfolgreich durchgeführt werden.

Die Weinreben wurden im Jahr 2015 in zylindrische Röhren mit einem Durchmesser von 15 cm und einer Höhe von 120 cm gepflanzt. Dieser Versuchs-Weinberg des Institutes für Rebenzüchtung der Hochschule Geisenheim University besteht aus 18 verschiedenen Unterlagen, die alle in derselben Reihe aufgereiht sind (Abbildung 4a). Jeder Wurzelstock ist in sechs bis acht Wiederholungen vorhanden. Die ausgewählten Wurzelstöcke für diese Arbeit sind 1103 Paulsen (*V. berlandieri* x *V. rupestris*), 140 Ruggeri (*V. berlandieri* x *V. rupestris*), 161-49 Couderc (*V. berlandieri* x *V. riparia*) und Kober 5 BB (*V. berlandieri* x *V. riparia*). Pro Unterlage wurden im zweiten Teil der Reihe jeweils drei Reben ausgewählt.

Abbildung 4: Verwendete Reben. a) Versuchsweinberg mit verschiedenen Unterlagen des Institutes für Rebenzüchtung der Hochschule Geisenheim University. b) Aufgeschnittene Röhren der verschiedenen Unterlagen.

Im Juli 2020 wurden die Röhren aus dem Boden gezogen und aufgeschnitten, wodurch das Wurzelsystem vollständig freigelegt wurde (Abbildung 4b). Pro Unterlage wurden neun Rhizosphärenproben für Mikrobiomanalysen, zwei Proben feiner Wurzeln und eine Probe Boden zur Bodenanalyse (pH, P, Mg, K) entnommen. Von den Rhizosphärenproben wurde die DNA der bakteriellen Gemeinschaften extrahiert und sequenziert. Dabei konnten signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Unterlagen hinsichtlich der bakteriellen Gemeinschaften festgestellt werden. Die Daten werden gerade noch einmal zu Publikations- und Präsentationszwecken weiter aufgearbeitet.

Sonnenbrandrisiko an **T**rauben: **A**uftreten, Ursachen und Handlungsanweisun**g [Akronym: Sonntag]**

Prof. Dr. Manfred Stoll, Dr. Matthias Friedel

Hochschule Geisenheim University, Von-Lade-Str. 1, 65366 Geisenheim

Projektlaufzeit: 2020-2023

Inhaltsverzeichnis:

Abbildungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Kurzbericht

- Einleitung
- Material und Methoden
  - Konzeption und Aufbau eines mobilen Gerätes zur Induktion von Sonnenbrand mittels Dunkelstrahlung
  - Versuche zur Ermittlung der Grenztemperatur für das Auftreten von Sonnenbrand
  - Versuch zur Wirksamkeit von Kaolinprodukten

Diskussion

Danksagung

Literaturstellen

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Aufbau des GrapeBurners mit Aluminiumprofilen, 6 Strahlern und Steuerungseinheit

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Traubenexpositionen für die Grenztemperaturversuche. Positionen der Varianten am Stock wurden für jede Rebe randomisiert

Abbildung 3: Messprotokoll der IST-Temperatur (Temp_1-6) der Temperaturfühler des GrapeBurners am 20.08.2020

Abbildung 4: Bildanalyse zur Bestimmung der Beerenoberflächentemperaturen (BOT) verbrannter und nicht-verbrannter Beeren

Abkürzungsverzeichnis:

BOT - Beerenoberflächentemperatur
Fa. - Firma
HSP - Hitzeschockproteine
HSF - Hitzeschockfaktoren
RNA - Ribonukleinsäure
SO4 - Selektion Oppenheim Nr. 4

Einleitung:

Mit dem Forschungsprojekt „Sonnenbrandrisiko an Trauben: Auftreten, Ursachen und Handlungsanweisungen“ [Akronym: Sonntag] wird das Ziel verfolgt, ein fundiertes Verständnis zur Entstehung von Sonnenbrandschäden an Keltertrauben zu erreichen. Die Sonnenbrandanfälligkeit in unterschiedlichen Entwicklungsstadien und Prädispositionen der Traube wird mithilfe von Grenztemperaturen für das Auftreten typischer Symptome unter Berücksichtigung der Faktoren Hitze und Strahlung charakterisiert. Die durch übermäßigen Hitzestress in Trauben ausgelösten physiologischen Prozesse werden untersucht und helfen bei der Aufklärung der Sonnenbrandneigung bestimmter Sorten. Ein Beerentemperaturmodell soll zur Vorhersage kritischer Beerentemperaturen bei Wetterlagen mit hohem Sonnenbrandrisiko dienen, um Handlungsempfehlungen für die Praxis abzuleiten.

Sonnenbrandsymptome an Beeren entstehen unter anderem durch oxidativen Stress, welcher die Folge von zu hoher Licht- und Wärmeintensität ist und dadurch zu Schädigungen der Zellmembranen führt. Typische Symptome sind Bräunungen und Formveränderungen durch Turgeszenzverlust an den betroffenen Stellen sowie in der Folge ein Eintrocknen der Beeren (1). Um die Entstehungsbedingungen näher zu charakterisieren, ist es notwendig, Sonnenbrandsymptome unter kontrollierten Bedingungen entstehen zu lassen. Bisherige experimentelle Versuche, Trauben extremen Temperaturen auszusetzen, lassen sich in folgende Kategorien einteilen: a) Erwärmung der ganzen Pflanze (2,3) b) Manipulation der natürlichen Beschattungssituation im Feld (4–12) c) Heißluftströme im Bereich der Traubenzone (13,14) d) Einsatz von Glaslinsen (15).

Bei der hier vorgestellten Methodik wird die Erhitzung der Traubenzone durch die Verwendung von Dunkelstrahlern erreicht. Die infrarote Strahlung erwärmt die Traube, ohne dabei gleichzeitig die gesamte Pflanze zu erwärmen, eine erhöhte Verdunstung durch Luftströme zu erzeugen oder die Zusammensetzung der Strahlung auf eine physiologisch bedeutsame Weise zu ändern. Das Messen der Beerenoberflächentemperatur (BOT) findet vor und nach der Erwärmung mithilfe einer Thermokamera statt. Die Infrarotthermographie ist eine praktikable Methode zur Bestimmung der BOT (16) und ist im Gegensatz zu destruktiven Messungen mit Thermocouples weniger arbeitsintensiv und akkurater. Sie erlaubt ein schnelles Messen ohne physische Auswirkungen auf die Pflanzenorgane (17).

Hitzestress betrifft vor allem den Metabolismus und die Struktur der Pflanze und induziert die Expression von Hitzeschockproteinen. Diese erfüllen drei wichtige Funktionen: Das Zurückfalten von denaturierten Proteinen, Unterstützung und Finalisierung von *de novo* synthetisierten Proteinen und Reduzierung der Proteinaggregation (Funktion als molekulare Chaperone) (18). Bei Äpfeln und Reben konnten bereits die Expression von Hitzeschockfaktoren (HSF) und Hitzeschockproteinen (HSP) in Folge von Hitzestress nachgewiesen werden (14,19–22). Die Charakterisierung von deren Expressionskinetik in Abhängigkeit von Rebsorte und Phänologie könnte die Anfälligkeit bestimmter Sorten und das Auftreten in bestimmten Entwicklungsstadien genauer erklären.

Aus eigenen Zeitrafferaufnahmen wurde deutlich, dass die am Nachmittag verbrannten Beeren über Nacht sehr schnell an Volumen verloren. Bisher wurde der Wasserverlust auf die Veränderung der kutikulären Wachse von kristalliner zu amorpher Form und den einhergehenden Verlust einer Permeabilitätsbarriere für Wasser zurückgeführt (23). Da nächtliche Transpiration von Beeren bestenfalls gering sein kann, könnte der Wasserverlust auch durch vaskulären Rückfluss erklärbar sein.

Kaolin ist ein Tonerdepräparat, das effektiv und kostengünstig Sonnenbrand reduzierte, wenn es an Thompson Seedless Trauben appliziert wurde (24). Bei dieser Studie gab es klimatisch bedingt keine Abwaschung des Spritzbelags durch Niederschläge, weshalb die Frage nach dem Anwendungszeitpunkt in unseren niederschlagsreichen Klimaten für die Praxis von besonderer Bedeutung ist. In

einer portugiesischen Studie zeigte sich die positive Wirkung von Kaolinapplikationen auf die Weinqualität hinsichtlich höherer Gesamtsäure, geringeren Alkoholgehalten und höheren Gehalten an fruchtigen Estern (25).

Die Kombination aus Vorhersage der Traubentemperatur in unterschiedlichen Exponierungen, Kenntnisse über Grenztemperaturen für das Auftreten von Sonnenbrand und der Effektivität von Kaolin können zur Entwicklung einer effektiven Strategie zur Sonnenbrandreduzierung beitragen.

Material und Methoden:

Konzeption und Aufbau eines mobilen Gerätes zur Induktion von Sonnenbrand mittels Dunkelstrahlung*:*

Ein fahrbares Gerät (Arbeitstitel: GrapeBurner) wurde konzipiert. Es ist mit Infrarotstrahlern (Dunkelstrahler Powerheat, 150W) und Messfühlern (Heraeus Nexensos, TO92 PT 1000) ausgestattet, die die Temperatur der Traube auf einen festgelegten Grenzwert bringen kann. Die Messwerte der Temperatursensoren werden von einem Einplatinenrechner (Raspberry Pi) eingelesen, gespeichert und in einem Programm (Python) zur Steuerung der Spannung der Strahler entsprechend so verwendet, dass die Zieltemperatur erreicht und gehalten werden kann. Insgesamt sechs Strahler können simultan Trauben erhitzen und lassen sich in drei Dimensionen mithilfe von justierbaren Aluminiumprofilen ausrichten. Die Bedienung des GrapeBurners ist über ein Touch-Display möglich. Hier kann die SOLL-Temperatur einer Einzeltraube eingestellt, Datenaufzeichnung und Strahler gestartet und Messtemperaturen sowie Strahlerleistungen in Echtzeit überprüft werden.

Abbildung 6 Aufbau des GrapeBurners mit Aluminiumprofilen, 6 Strahlern und Steuerungseinheit

Versuche zur Ermittlung der Grenztemperatur für das Auftreten von Sonnenbrand:

Am 25.05.2020 wurden auf einer Versuchsfläche der HGU (Sorte: Riesling, Unterlage: SO4, NordSüd-gezeilt, Pflanzjahr 2012) für vier phänologische Entwicklungsstadien Trauben präpariert. Pro Zeitpunkt wurden in randomisierter Position am Trieb an je vier Stöcken für Verbrennungsversuche und Kontrolle je eine Traube a) Exponiert (Blätter weggefaltet) b) Beschattet (Blätter vor Traube gefaltet) und c) Abgedunkelt (in Aluminiumfolie vor Licht abgeschirmt).

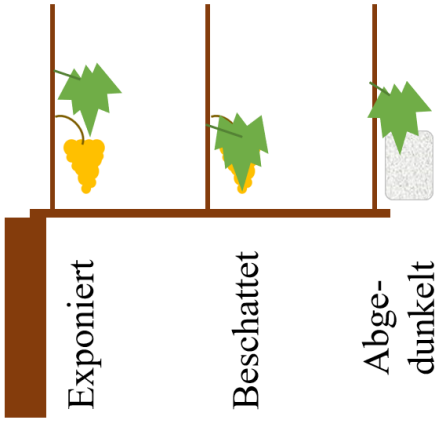


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Traubenexpositionen für die Grenztemperaturversuche. Positionen der Varianten am Stock wurden für jede Rebe randomisiert.

Die Erhöhung der Umgebungstemperatur mithilfe des GrapeBurners ist abhängig von den jeweiligen Umgebungsbedingungen (Windgeschwindigkeit und Bewölkungsgrad), die zu einer Abkühlung führen können. Die Steuerungseinheit reagiert auf die abfallende Temperatur durch Erhöhung der Strahlerleistung nach einem vorgegebenen Algorithmus.

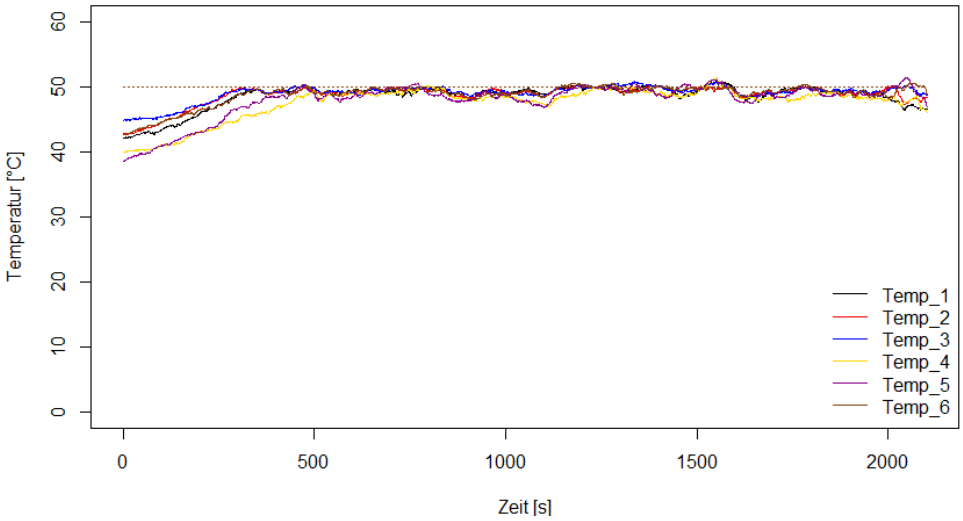


Abbildung 8: Messprotokoll der IST-Temperatur (Temp_1-6) der Temperaturfühler des GrapeBurners am 20.08.2020

Abbildung 3 zeigt den Temperaturverlauf einer Erhitzung während der Grenztemperaturversuche am 20.08.2020. Nach weniger als 10 min ist die SOLL-Temperatur von 50 °C bei allen Trauben erreicht und wird für 20 min konstant gehalten. Die Strahler werden nacheinander abgeschaltet und von der Traube entfernt, während gleichzeitig eine thermographische Aufnahme und im Anschluss ein digitales Bild der Traube gemacht wird. So kann die BOT einzelner Beeren mit den aufgetretenen Symptomen verglichen werden.

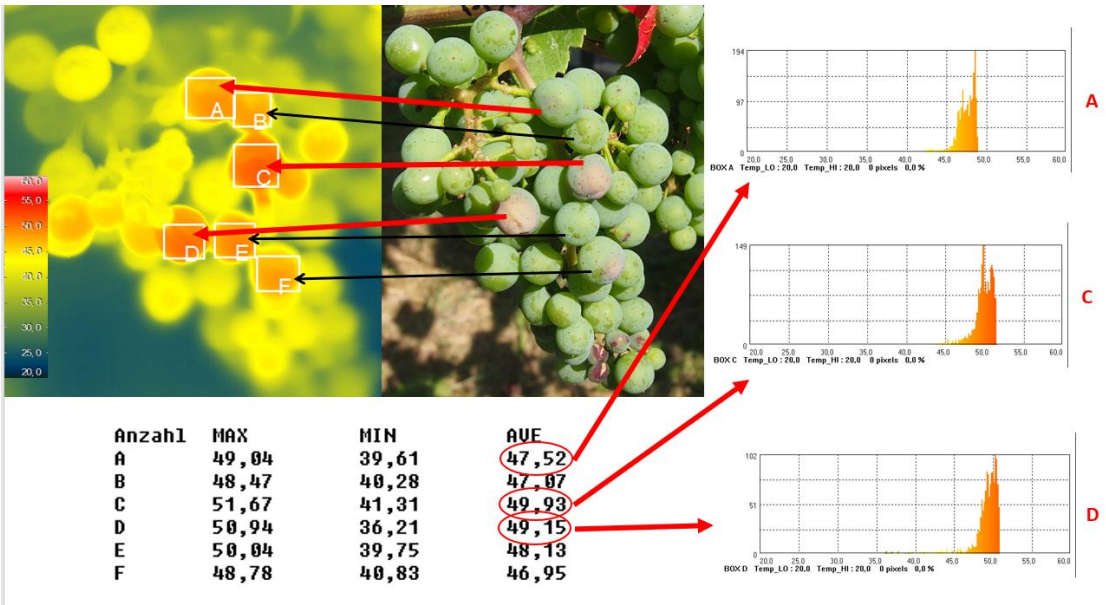


Abbildung 9: Bildanalyse zur Bestimmung der Beerenoberflächentemperaturen (BOT) verbrannter und nicht-verbrannter Beeren

Abbildung 4 zeigt die Auswertung mithilfe des Programms InFrec Analyzer, welches Maximal-, Minimal- und Durchschnittstemperaturen einer quadratischen Fläche darstellen kann und die Verteilung zusätzlich als Histogramm ausgibt. Aus dem Vergleich von Durchschnittstemperaturen für symptomatische und nicht symptomatische Beeren ergibt sich die Berechnung der Grenztemperaturen für die unterschiedlichen Varianten der Adaption und Entwicklungsstadien.

<u>Versuch zur Wirksamkeit von Kaolinprodukten:</u>

Ein Kaolinprodukt (Cutisan, Fa. Biofa) wurde zur Prüfung der Wirksamkeit gegen Sonnenbrand an einer westseitig entblätterten Traubenzone eingesetzt. In zwei Blöcken wurden in randomisierter Verteilung je 3 mal 4 Reben ab dem 02.07.2020 a) wöchentlich b) vor Hitzeereignissen (Wettervorhersage >32 °C Tageshöchsttemperatur) und c) nicht (unbehandelte Kontrolle) mit 10 kg/ha bei 450

L/ha Wasseraufwandmenge und 0,2%iger Zugabe des Netzmittels WETCIT (Fa. Biofa) behandelt. Die Ausbringung erfolgte mit einer händischen Buckelspritze (Fa. SOLO) an acht Terminen für die wöchentliche Variante (a) bzw. an drei Terminen für die Hitzeereigniss-Variante (b). Am 28.09.2020 wurden die drei Varianten gelesen und als Versuchsweine ausgebaut.

Erste Auswertung der Sonnenbrandbonituren im Kaolinversuch deuten darauf hin, dass eine wöchentliche Applikation die Schäden signifikant reduzieren konnte. Unterschiede zwischen der Hitzebehandlung und der Kontrolle konnten nicht gefunden werden.

Zur Ermittlung der Gehalte und Verteilung von HSPs wurden in Kooperation mit dem Institut für Rebenzüchtung erste Vorversuche durchgeführt. Zurzeit wird geprüft, welche Methodik für die Analyse von RNA der Beerenproben am geeignetsten ist.

Diskussion:

Zum Zeitpunkt der Berichtsabgabe befanden sich noch viele Proben im Analyseprozess und waren nur teilweise statistisch bearbeitet. Der GrapeBurner funktionierte in den Grenztemperaturversuchen sehr gut und konnte die gestellten Anforderungen erfüllen. Die Software zur Auswertung der Thermobilder ist auf quadratische Flächen beschränkt, die naturgemäß nicht der Fläche einer ovalen Beere entsprechen. Hier wird nach Alternativen und verbesserten Auswertungen gesucht. Die Verwendung des GrapeBurners wurde bereits von anderen Instituten für Sonnenbrandversuche im kommenden Jahr angefragt.

Gespräche mit anderen Forschungsreinrichtungen (DLR Neustadt, Luxemburger Institute of Science and Technology) haben die Erweiterung der Kaolinversuche in einer Kooperation in Aussicht gestellt.

Danksagung:

Besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Klaus Müller, der bei der Konzipierung und Programmierung des GrapeBurners einen unverzichtbaren Beitrag geleistet hat.

Literaturstellen:

1. Keller M, 2010: The science of grapevines: Anatomy and physiology. Amsterdam, Boston: Elsevier/Academic Press;377 p. eng.

2. Carbonell-Bejerano P, Santa María E, Torres-Pérez R, Royo C, Lijavetzky D, Bravo G, Aguirreolea J, Sánchez-Díaz M, Antolín MC, Martínez-Zapater JM, 2013: Thermotolerance responses in ripening berries of *Vitis vinifera* L. cv Muscat Hamburg. Plant Cell Physiol. ;54(7):1200–16. doi:10.1093/pcp/pct071 Cited in: PubMed; PMID 23659918.

3. Hulands S, Greer DH, Harper JDI, 2013: The Interactive Effects of Temperature and Light Intensity on *Vitis vinifera* cv. 'Semillon' Grapevines. I. Berry Growth and Development. Europ. J. Hort. Sci. ;78 (6)249–57.

4. Chorti E, Guidoni S, Ferrandino A, Novello V, 2010: Effect of Different Cluster Sunlight Exposure Levels on Ripening and Anthocyanin Accumulation in Nebbiolo Grapes. American Journal of Enology and Viticulture; 61:30.

5. Düring H, Davtyan A, 2002: Developmental changes of primary processes of photosynthesis in sun- and shade-adapted berries of two grapevine cultivars. Vitis; 41:67.

6. Greer DH, Rogiers SY, Steel CC, 2006: Susceptibility of Chardonnay grapes to sunburn. Vitis; 45(3):147–8.

7. Greer DH, Weedon MM, 2013: The impact of high temperatures on *Vitis vinifera* cv. Semillon grapevine performance and berry ripening. Front Plant Sci; 4491. doi:10.3389/fpls.2013.00491 Cited in: PubMed; PMID 24348494.

8. Kolb CA, Kopecký J, Riederer M, Pfündel EE, 2003: UV screening by phenolics in berries of grapevine (*Vitis vinifera*). Funct Plant Biol. ;30(12):1177–86. doi:10.1071/FP03076 Cited in: PubMed; PMID 32689099.

9. Kwasniewski MT, Vanden Heuvel JE, Pan BS, Sacks GL, 2010: Timing of cluster light environment manipulation during grape development affects C13 norisoprenoid and carotenoid concentrations in Riesling. J Agric Food Chem.;58(11):6841–9. doi:10.1021/jf904555p Cited in: PubMed; PMID 20450186.

10. Matus JT, Loyola R, Vega A, Peña-Neira A, Bordeu E, Arce-Johnson P, Alcalde JA, 2009: Post-veraison sunlight exposure induces MYB-mediated transcriptional regulation of anthocyanin and flavonol synthesis in berry skins of Vitis vinifera. J Exp Bot.;60(3):853–67. doi:10.1093/jxb/ern336 Cited in: PubMed; PMID 19129169.

11. Mijowska K, Ochmian I, Oszmiański J, 2016: Impact of Cluster Zone Leaf Removal on Grapes cv. Regent Polyphenol Content by the UPLC-PDA/MS Method. Molecules;21(12). doi:10.3390/molecules21121688 Cited in: PubMed; PMID 27973426.

12. Mosetti D, Herrera JC, Sabbatini P, Green A, Alberti G, Peterlunger E, Lisjak K, Castellarin SD, 2016: Impact of leaf removal after berry set on fruit composition and bunch rot in 'Sauvignon blanc' 57-64 Pages / VITIS - Journal of Grapevine Research, Vol. 55 No. 2: doi:10.5073/VITIS.2016.55.57-64

13. Tarara JM, Ferguson JC, Spayd SE, 2000: A Chamber-Free Method of Heating and Cooling Grape Clusters in the Vineyard. American Journal of Enology and Viticulture;51(2).

14. Lecourieux F, Kappel C, Pieri P, Charon J, Pillet J, Hilbert G, Renaud C, Gomès E, Delrot S, Lecourieux D, 2017: Dissecting the Biochemical and Transcriptomic Effects of a Locally Applied Heat Treatment on Developing Cabernet Sauvignon Grape Berries. Front Plant Sci.;853. doi:10.3389/fpls.2017.00053 Cited in: PubMed; PMID 28197155.

15. Genovese M, Shackel KA, Matthews MA, 2010: Sunburn necrosis su Chardonnay. L'Informatore Agrario. 2010;2345–53.

16. Stoll M, Jones HG, 2007: Thermal Imaging as a viable toll for monitoring plant stress. J. Int. Sci. Vigne VIn.;41(2):77–84.

17. Wang B, Ranjan R, Khot LR, Peters RT, 2020: Smartphone Application-Enabled Apple Fruit Surface Temperature Monitoring Tool for In-Field and Real-Time Sunburn Susceptibility Prediction. Sensors (Basel);20(3). doi:10.3390/s20030608 Cited in: PubMed; PMID 31979124.

18. Al-Whaibi MH, 2011: Plant heat-shock proteins: A mini review. Journal of King Saud University - Science;23(2):139–50. doi:10.1016/j.jksus.2010.06.022

19. Ritenour MA, Kochhar S, Schrader LE, Hsu T-P, Ku MSB, 2001: Characterization of Heat Shock Protein Expression in Apple Peel under Field and Laboratory Conditions. Journal of the American Society for Horticultural Science;126(<b>DOI::10.21273/JASHS.126.5.564

20. Liu G, Chai F, WangY, Jiang J, Duan W, Wang Y, Wang F, LI S, Wang L, 2018: Genome-wide Identification and Classification of HSF Family in Grape, and Their Transcriptional Analysis under Heat Acclimation and Heat Stress. Horticultural Plant Journal;4(4):133–43. doi:10.1016/j.hpj.2018.06.001

21. Pillet J, Egert A, Pieri P, Lecourieux F, Kappel C, Charon J, Gomès E, Keller F, Delrot S, Lecourieux D, 2012: VvGOLS1 and VvHsfA2 are involved in the heat stress responses in grapevine berries. Plant Cell Physiol.;53(10):1776–92. doi:10.1093/pcp/pcs121 Cited in: PubMed; PMID 22952249.

22. Zhang J-H, Wang L-J, Pan Q-H, Wang Y-Z, Zhan J-C, Huang W-D, 2008: Accumulation and subcellular localization of heat shock proteins in young grape leaves during cross-adaptation to temperature stresses. Scientia Horticulturae;117(3):231–40. doi:10.1016/j.scienta.2008.04.012

23. Bondada BR, Keller M, 2012: Not All Shrivels Are Created Equal—Morpho-Anatomical and Compositional Characteristics Differ among Different Shrivel

Types That Develop during Ripening of Grape (*Vitis vinifera L*.) Berries. AJPS. 2012;03(07):879–98. doi:10.4236/ajps.2012.37105

24. Hosseinabad A, Khadivi A, 2019: Foliar application of kaolin reduces the incidence of sunburn in ‘Thompson Seedless’ grapevine. European.J.Hortic.Sci.;84(3):171–6. doi:10.17660/eJHS.2019/84.3.7

25. Dinis L-T, Bernardo S, Matos C, Malheiro A, Flores R, Alves S, Costa C, Rocha S, Correia C, Luzio A, Moutinho-Pereira J, 2020: Overview of Kaolin Outcomes from Vine to Wine: Cerceal White Variety Case Study. Agronomy;10(9):1422. doi:10.3390/agronomy10091422

Untersuchungen zur Ausbreitungssituation und Risikobewertung des Grauburgunder Virus

Dr. René Fuchs

Staatliches Weinbauinstitut Freiburg, Referat Phytopathologie und Diagnostik, Merzhauser Str. 119, 79100 Freiburg

Projektlaufzeit: 2018-2021

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung
2 Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen
  2.1 AP 1 – Untersuchungen zur Verbreitung von GPGV
  2.2 AP 3 – Monitoring zum Ausbreitungsverhalten des Virus
  2.3 AP 4 – Nachweis des Virus in potenziellen Vektoren
  2.4 AP 7 – Analyse genetischer Varianten
3 Ausblick
4 Literaturverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Virusverteilungen in 7 der 13 deutschen Weinbauregionen
Abbildung 2 Süd-Nord-Gefälle der GPGV Infektionen zu erkennen

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 GPGV breitet sich innerhalb infizierter Flächen schnell aus.

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AP	Arbeitspaket
ArMV	Arabis Mosaik Virus
DAS-ELISA	Double Antibody Sandwich - Enzyme-linked Immunosorbent Assay
GFkV	Grapevine Fleck Virus | Fleck Virus
GFLV	Grapevine Fanleaf Virus | Fanleaf Virus
GLRaV	Grapevine Leaf Roll associated Virus | Blattrollvirus
GPGV	Grapevine Pinot gris Virus | Grauburgunder Virus
Tab.	Tabelle
WBI	Weinbauinstitut

1 Einleitung

Mittels Hochdurchsatzsequenzierung des Genoms wuchsgestörter Grauburgunder Reben wurde 2012 ein neues *Trichovirus*, das *Grapevine pinot gris virus* (GPGV) entdeckt[1]. Symptomatische Reben zeigen einen gedrungenen zick-zack Wuchs mit stark verkürzten Internodien sowie deformierte Blätter mit chlorotischen Marmorierungen. Seit seiner Entdeckung konnte das Virus in nahezu allen europäischen Weinbauregionen sowie in den USA, Kanada und China nachgewiesen werden[123456]. Anders als der Name vermuten lässt, befällt das Virus nicht nur Grauburgunder Pflanzen, sondern eine Vielzahl weiterer Rebsorten. Zudem kann das GPGV auch in symptomlosen Pflanzen nachgewiesen werden, was zu einer ungewollten Verbreitung des Krankheitserregers durch latent infiziertes Pflanzgut führen kann[7] Als Überträger ist derzeit nur die Pockenmilbe (*Colomerus vitis*) bekannt[8]. Weitere Insekten konnten als potentielle Vektoren noch nicht ausgeschlossen werden. In diesem Projekt sollen neben der geografischen Verbreitung des Virus in deutschen Weinbaugebieten zusätzlich grundlegende Fragen zur Epidemiologie geklärt werden. Ziel ist es, am Ende eine Risikoeinschätzung des GPGV für den deutschen Weinbau zu erstellen.

2 Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen

2.1 AP 1 – Untersuchungen zur Verbreitung von GPGV

Ziel von Arbeitspaket (AP) 1 ist es, durch Testungen von Stichproben die geografische Verteilung des GPGV in Deutschland festzustellen. Seit 2019 konnten bereits sieben der 13 Weinbauregionen Deutschlands beprobt und das hiesige Virusvorkommen untersucht werden. Um repräsentative Ergebnisse zu erzielen, werden in jeder Weinbauregion die drei am häufigsten angebauten Rebsorten ermittelt. Mit Hilfe der zuständigen Weinbaukarteien werden per Zufall Bewirtschafter der jeweiligen Sorten angeschrieben. Der Umfang der anzuschreibenden Personen richtet sich nach der Anzahl der Bereiche Anbaugebiet.

[1] Giampetruzzi et al., 2012, Virus Research. 163:262-268
[2] Glasa et al., 2014, Archives of Virology. 159:2103–2107
[3] Saldarelli et al., 2014, Phytopathology. 105:555–563
[4] Xiao et al., 2015, Plant Disease. 100:1030–1030
[5] Fan et al., 2015, Plant Disease. 100:540–540
[6] Angelini et al., 2016, Plant Disease. 100:1254–1254
[7] Glasa et al., 2014, Archives of Virology. 159:2103–2107
[8] Malagnini et al., 2016, Archives of Virology. 161:2595-2599

Dieses Vorgehen sichert die randomisierte Flächenauswahl innerhalb des Monitorings. Zwischen April und Juni findet die Probennahme statt. Direkt nach dem Austrieb (BBCH 09) bis ungefähr zum 6-Blatt-Stadium (BBCH 14) werden drei Triebe je Stock gesammelt. 10 Stöcke je Fläche werden beprobt, unabhängig von der Größe oder des Alters der Fläche. Zwei Triebe werden für den DAS-ELISA-Nachweis von Viren benötigt. Jede Probe wird auf folgende Rebviren getestet:

- *Grapevine arabis mosaic virus* (ArMV)
- *Grapevine fanleaf virus* (GFLV)
- *Grapevine fleck virus* (GFkV)
- *Grapevine leafroll associated virus* 1 (GLRaV-1)
- *Grapevine leafroll associated virus* 3 (GLRaV-3)
- *Grapevine pinot gris virus* (GPGV)
- *Raspberry ringspot virus* (RpRSV)*
  *nicht in Baden und Württemberg getestet

Der dritte Trieb wird für eine stichprobenartige Isolatbestimmung von GPGV-positiven Stöcken benötigt. Hierfür werden genomische Teilregionen der RNA-dependent RNA-Polymerase und des Coat/Movement Proteins verglichen. Durch die Bestimmung der genetischen Vielfalt des Virus können eventuelle Rückschlüsse auf den Ursprung der Infektionen geschlossen werden.

Bisher wurden sieben der 13 deutschen Weinbauregionen untersucht. 13 % aller im AP 1 getesteten Stöcke waren GPGV positiv, welche nach dem GFkV (14 %) den größten Anteil an Virus-infizierten Reben ausmacht (Abb. 1). GLRaV-1 wurde in 10 % aller Proben getestet, GFLV in 5 % der Proben. RpRSV, ArMV und GLRaV-3 wurde in 3 %, 2 % bzw. 1 % aller Proben nachgewiesen.

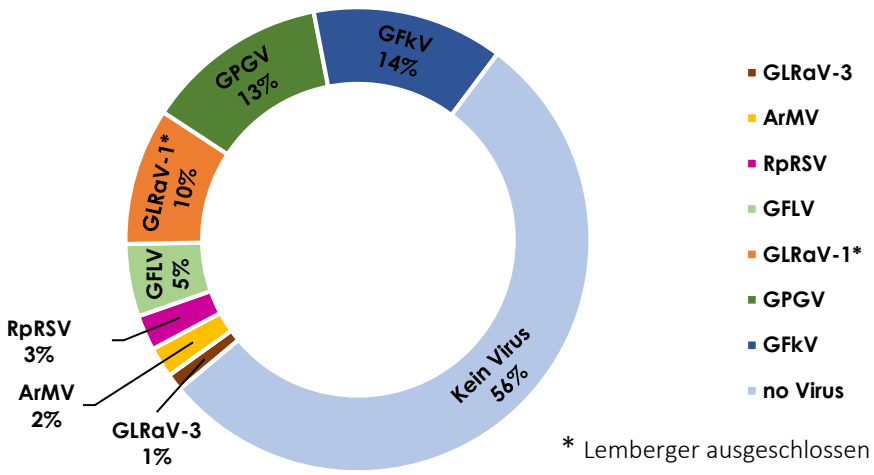


Abbildung 10 Virusverteilungen in 7 der 13 deutschen Weinbauregionen

Zu sehen ist das prozentuale Virusvorkommen des bisherigen Monitorings in Deutschland. Das GPGV (13 %) ist nach dem GFkV (14 %) das meist verbreiteste Virus in diesem Monitoring. GLRaV-1 (10 %) wurde um die Proben der Sorte Lemberger bereinigt, da diese Sorte nahezu vollständig mit diesem Virus infiziert ist. GFLV (5 %), RpRSV (3 %), ArMV (2 %) und GLRaV-3 (1 %) wurden in wesentlich geringeren Anteilen nachgewiesen.

Teilt man die GPGV-positiven Stöcke in ihre Herkunftsgebiete auf, kann man einen gewissen Süd-Nord-Trend erkennen. Südliche Weinbaugebiete wie Baden und Württemberg zeigen eine höhere GPGV-Infektionsrate als die nördlich gelegenen Regionen Nahe, Hessische Bergstraße und Rheingau (Abb. 2). Inwieweit sich diese Beobachtung auch für die weiter nördlich gelegenen Weinbauregionen Mosel, Mittelrhein und Ahr bestätigen lässt, werden die Untersuchungen im Frühjahr 2021 zeigen. Neben diesen Regionen werden zusätzlich Proben aus den Weinbauregionen Sachsen und Saale-Unstrut analysiert. Damit würden erstmalig Daten eines deutschlandweiten Virusmonitorings aus allen 13 Weinbauregionen vorliegen.

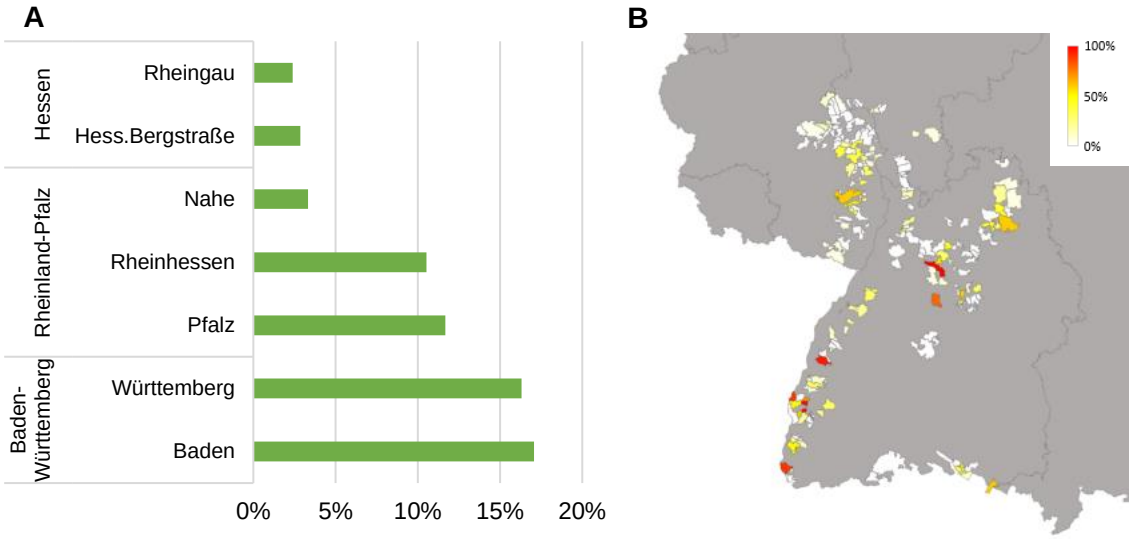


Abbildung 11 Süd-Nord-Gefälle der GPGV-Infektionen zu erkennen

Dargestellt ist der prozentuale Anteil der GPGV-Infektionen innerhalb der sieben bisher getesteten Weinbauregionen (**A**). Südliche Weinbauregionen weisen einen höheren Anteil von GPGV-Infektionen auf als nördlicher gelegene Regionen. Veranschaulicht wird dies zusätzlich durch die Betrachtung der Gemarkungen, in welchen die beprobten Flächen liegen (**B**). Die Gemarkungen sind farbcodiert. Weiße Flächen deuten auf keine GPGV-Infektion hin, Gelbtöne zeigen GPGV-Infektionen um 50 % an und Rottöne bedeuten einen 100 % GPGV-Befall innerhalb der Flächen.

2.2 AP 3 – Monitoring zum Ausbreitungsverhalten des Virus

Um das Ausbreitungsverhalten symptomatischer Pflanzen zu analysieren, wurden seit 2018 vier Weinberge einer jährlichen Bonitur und Virustestung unterzogen. Seit 2019 wurden zusätzlich Ertragsanalysen durchgeführt. Die Flächen unterscheiden sich in ihrer Lage, Sorte, Alter, Größe und Bewirtschafter. Die Datenerfassung über mehrere Jahre ermöglicht es, das Ausbreitungsverhalten des Virus näher zu untersuchen. Durch die Kombination von Virustestung und Bonitur eines jeden Stockes kann selbst die Entwicklung der Krankheit bei latent infizierten Reben verfolgt werden. Die Verknüpfung von phytosanitären Daten mit den Ertragsanalysen erlaubt es zudem Aussagen über Ernteschäden in Abhängigkeit vom Infektionsstatus der Pflanze zu treffen. Die Ertragsanalyse von 2020 bestätigte die Ergebnisse von 2019: Je stärker die Symptome an einer Rebe ausgeprägt sind, desto weniger Ertrag wird gebildet (Ergebnisse sind nicht dargestellt). Da die Datenmengen sehr groß und teilweise komplex auszuwerten sind, wurden noch keine umfassenden Auswertungen durchgeführt. Allerdings zeigen die Daten bereits einen kontinuierlichen Anstieg an GPGV-infizierten Stöcken in den Flächen (Tab. 1). Vor allem der Anteil der latenten Pflanzen nahm in den letzten zwei Jahren in drei der vier Versuchsflächen massiv zu.

Tabelle 1 GPGV breitet sich innerhalb infizierter Flächen schnell aus.

Dargestellt sind die prozentualen Anteile der verschiedenen Infektionskategorien der vier Langzeit-Versuchsflächen. Gesunde Stöcke nehmen kontinuierlich über die Jahre hinweg ab, während der Anteil an GPGV-infizierten Stöcken demnach stetig zunimmt. Vor allem latente Stöcke nehmen in drei der vier Versuchsflächen sehr stark zu.

Fläche	Kategorie	2018 [%]	2019 [%]	2020 [%]
Hecklingen	Gesund	50	21	13
	Latent	38	60	61
	Leicht symptomatisch	8	10	16
	Symptomatisch	0	6	10
	Stark symptomatisch	3	3	0
Nimburg	Gesund		16	6
	Latent		75	82
	Leicht symptomatisch		5	8
	Symptomatisch		3	4
	Stark symptomatisch		2	0
Gemmrigheim	Gesund	78	78	67
	Latent	14	15	25
	Leicht symptomatisch	3	3	5
	Symptomatisch	0	0	0
	Stark symptomatisch	4	4	3
Reicholzheim	Gesund	44	27	24
	Latent	26	26	26
	Leicht symptomatisch	12	17	15
	Symptomatisch	0	0	0
	Stark symptomatisch	18	31	34

2.3 AP 4 – Nachweis des Virus in potenziellen Vektoren

Momentan gilt allein die Pockenmilbe *Colomerus vitis* als Vektor des GPGV[9]. Allerdings ist *Colomerus vitis* eine monophage Milbe. Da GPGV bereits in den krautigen Pflanzen *Silene latifolia* und *Chenopodium album* nachgewiesen werden konnte, braucht es mindestens einen weiteren Vektor[10]. 2019 wurde eine Fläche mit einem hohen Anteil an GPGV-infizierten Stöcken gefunden, die neben einem sehr starken Befall mit *Parthenolecanium corni* (kleine Rebenschildlaus) keine sonst bekannten Vektoren aufwies. Um festzustellen, ob *P. corni* in der Lage ist GPGV übertragen zu können, wurden einzelne Exemplare in zwei verschiedenen Larvenstadien im Sommer 2020 abgesammelt und auf gesunde Topfreben im WBI umgesiedelt. Nach Abschluss des Transmissionsversuches werden die Pflanzen auf eine mögliche GPGV-Infektion hin untersucht. Die Ergebnisse liegen noch nicht vor.

2019 fand ein erster Tastversuch mit Rebläusen als Virusvektor statt. Der Tastversuch zeigte, dass eine Übertragung des GPGV durch Rebläuse scheinbar möglich ist. Um die vorläufigen Ergebnisse zu bestätigen, sollte dieser Versuch 2020 in größerem Maßstab wiederholt werden. Allerdings wurden keine Rebläuse an GPGV-infizierten Pflanzen gefunden und eine künstliche Infektion war nicht umsetzbar. Aus diesem Grund soll der Versuch 2021 wiederholt werden.

2.4 AP 7 – Analyse genetischer Varianten

Im Rahmen von AP 7 werden in Stichproben die Isolate des GPGV aus dem deutschlandweiten Monitoring bestimmt. Hierdurch können Information zur genetischen Diversität des Virus in ganz Deutschland gewonnen werden. Zusätzlich zu diesen Analysen werden in den vier Versuchsflächen aus AP 3 die Isolate einzelner Stöcke bestimmt. Bei der Bonitur und der ELISA Testung sind wiederholt Reben aufgefallen, die direkt nach einer GPGV-Infektion Symptome ausgebildet haben, während andere Reben in einem latenten Zustand verweilten.

---

[9] Malagnini et al., 2016, Archives of Virology. 161:2595-2599
[10] Gualandri et al., 2017, European Journal of Plant Pathology. 147:21–25

Eine Isolatbestimmung soll die Frage klären, ob dieser unterschiedliche Symptomverlauf der genetischen Vielfalt des GPGV zuzuschreiben ist. Die Ergebnisse liegen noch nicht vor.

3 Ausblick

Die aufgeführten Arbeitspakete werden 2021 abgeschlossen, ausgewertet und final zusammengefasst. Da das Projekt ein Promotionsvorhaben unterstützt, werden außerdem Publikationen der Ergebnisse in wissenschaftlichen Journalen angestrebt.

Besonderes Interesse gilt 2021 dem deutschlandweiten Monitoring und der möglichen Bestätigung des zuvor beschriebenen Gefälles der GPGV-Infektionen zwischen nördlichen und südlichen Weinbauregionen. Darüber hinaus soll die Auswertung aller erhobenen Daten aus den Versuchsflächen einen genauen Einblick in das Verbreitungsgeschehen des Virus und dessen Auswirkungen auf den Ertrag liefern. Diese Daten sind zudem essenziell, um das Risikopotential des Virus einschätzen zu können. Zusätzlich wird geprüft, ob der unterschiedliche Symptomverlauf bei Reben innerhalb einer Fläche auf genetische Unterschiede des GPGV zurückzuführen ist. Mithilfe der abschließenden Transmissionsversuche können eventuell neue potenzielle Vektoren identifiziert werden, die weitere Hinweise zum Verbreitungsgeschehen des Virus in Rebflächen liefern können.

4 Literaturverzeichnis

Angelini, E., Bertazzon, N., Montgomery, J., Wang, X., Zinkl, A., Stamp, J., et al. 2016. Occurrence of *Grapevine Pinot gris virus* in Commercial Vineyards in the United States. Plant Disease. 100:1254–1254.

Fan, X. D., Dong, Y. F., Zhang, Z. P., Ren, F., Hu, G. J., Li, Z. n., et al. 2015. First Report of *Grapevine Pinot gris virus* in Grapevines in China. Plant Disease. 100:540–540.

Giampetruzzi, A., Roumi, V., Roberto, R., Malossini, U., Yoshikawa, N., La Notte, P., et al. 2012. A new grapevine virus discovered by deep sequencing of virus- and viroid-derived small RNAs in cv. Pinot gris. Virus Research. 63:262–268.

Glasa, M., Predajňa, L., Komínek, P., Nagyová, A., Candresse, T., and Olmos, A. 2014. Molecular characterization of divergent *Grapevine Pinot gris virus* isolates and their detection in Slovak and Czech grapevines. Archives of Virology. 159:2103–2107.

Gualandri, V., Asquini, E., Bianchedi, P., Covelli, L., Brilli, M., Malossini, U., et al. 2017. Identification of herbaceous hosts of the *Grapevine Pinot gris virus* (GPGV). European Journal of Plant Pathology. 147:21–25.

Malagnini, V., de Lillo, E., Saldarelli, P., Beber, R., Duso, C., Raiola, A., et al. 2016. Transmission of *Grapevine Pinot gris virus* by *Colomerus vitis* (Acari: Eriophyidae) to grapevine. Archives of Virology. 161:2595–2599.

Saldarelli, P., Giampetruzzi, A., Morelli, M., Malossini, U., Pirolo, C., Bianchedi, P., et al. 2014. Genetic Variability of *Grapevine Pinot gris virus* and Its Association with Grapevine Leaf Mottling and Deformation. Phytopathology. 105:555–563.

Xiao, H., Shabanian, M., McFadden-Smith, W., and Meng, B. 2015. First Report of *Grapevine Pinot gris virus* in commercial Grapes in Canada. Plant Disease. 100:1030–1030

Evaluierung der Resistenzmechanismen neuer pilzwiderstandsfähiger Rebsorten und ihr Enfluss auf das Einsparpotential beim Pflanzenschutz

Prof. Dr. Jochen Bogs

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, Breitenweg 71, 67435 Neustadt a.d. Weinstraße

Projektlaufzeit: 2018-2021

INHALTSVERZEICHNIS

1 Abbildungsverzeichnis
2 Tabellenverzeichnis
3 Einleitung
4 Material und Methoden
4.1 Freiland
4.1.1 Anlagen in Neustadt und Landau
4.1.2 Piwi-Anlagen in Neustadt
4.2 Labor
4.2.1 Rebsorten
4.2.2 Phänotypische Untersuchung der Resistenz gegen *P. viticola*
4.2.3 Färbemethoden
4.2.3.1 Anilinblau-Färbung
4.2.3.2 Trypanblau-Färbung
4.2.3.3 Diaminobenzidin-Färbung
4.2.4 Infektionsserie zur Metabolit-Analyse
4.2.4.1 Matobilt-Analyse
5 Ergebnisse
5.1 Freilandbonitur
5.1.1 Anlagen in Neustadt und Landau
5.1.2 Piwi-Anlage
5.2 Laboruntersuchungen
5.2.1 Untersuchung des Resistenzgrades von neuen pilzwiderstandsfähigen Rebsorten
5.2.2 Unterschiede in den durch Rpv3-, Rpv12- und Rpv10-Lokus vermittelten Abwehrreaktionen auf eine *P. viticola* Infektion
5.2.2.1 Zelltodreaktion
5.2.2.2 Wasserstoffperoxid Produktion
5.2.2.3 Trans-Resveratrol Akkumulation
6 Fazit
7 Literaturverzeichnis

1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der "Piwi-Anlage" am Dienstleistungszentrum Rheinpfalz in Neustadt. Weiß unterlegte Sorten: pilzwiderstandsfähige Rebsorten mit unterschiedlichen Resistenzloki. Grau unterlegte Sorten: anfällige Rebsorten.

Abbildung 2: Sporulation von Plasmopara viticola an anfälligen und pilzwiderstandsfähgen Rebsorten nach sechs Tagen Inkubation. Blattscheiben der anfälligen Sorten Müller-Thurgau und Riesling, der Rpv3-Sorten Cabernet Blanc und Regent, der Rpv12-Sorten Merlot Khorus und Fleurtai, der Rpv12/Rpv3-Sorten Soreli und Sauvignac sowie der Rpv10-Sorte Muscaris wurden mit P. viticola inokuliert. (A) Quantitative Auswertung der P. viticola Sporulation auf Blattscheiben. Die Sporangien wurden 6 Tage nach der Inokulation gezählt. Die Balken stellen den Durchschnitt von drei unabhängigen Experimenten dar (n= 63). Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung. Kruskal-Wallis und Steel-Dwass-Critchlow-Fligner-Test wurden zur Datenanalyse und zum multiplen paarweisen Vergleich der Wirkung der P.viticola Infektion auf verschiedene Rebsorten verwendet. Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben (a,b,c) sind signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$). (B) Repräsentative Bilder von Blattscheiben (anfälliger Sorte - Riesling; Rpv3-Sorte - Cabernet Blanc; Rpv12-Sorte - Fleurtai; Rpv12/Rpv3-Sorte - Sauvignac; Rpv10-Sorte - Muscaris) wurden 6 Tage nach der Inokulation aufgenommen.

Abbildung 3: Repräsentative Entwicklung von P. viticola in anfälligen und resistenten Rebsorten. Myzelwachstum von P. viticola nach Anilinblaufärbung 24, 48, 72, und 96 Stunden nach der Inokulation (von links nach rechts). Repräsentative P. viticola Entwicklung von Sorten mit dem gleichen Genotyp wurden innerhalb jeder Kategorie gezeigt: Kategorie I - keine Entwicklung von P. viticola Myzel in Rpv12- und Rpv12/Rpv3-Genotypen (Bilder von Fleurtai), Kategorie II - leichte Entwicklung von P. viticola Myzel in Rpv10-Genotypen (Bilder von Muscaris), Kategorie III - mäßige Entwicklung von P. viticola Myzel in Rpv3-Genotypen (Bilder von Cabernet Blanc) und Kategorie IV - umfangreiche Entwicklung von P. viticola Myzel in anfälligen Genotypen (Bilder von Riesling). Pfeile zeigen P. viticola Infektionsstrukturen. Die Bilder sind repräsentativ für drei biologische Replikate und drei unabhängige Experimente. Der Maßbalken entspricht 100 µm.

2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Unterschiedliche Pflanzenschutzvarianten zu verschiedenen BBCH Stadien (**B**iologische **B**undesanstalt, **B**undessortenamt und **CH**emische Industrie) der Weinreben. (+) eine Fungizidbehandlung wird durchgeführt, (-) die Fungizidbehandlung wird ausgelassen.

3 Einleitung

Der Weinbau in Deutschland beruht auf europäischen Weinsorten, die gegen die aus dem 19. Jahrhundert aus Amerika eingeschleppten Pathogenen des Echten und Falschen Mehltaus hoch anfällig sind. Dieses Problem erfordert den massiven Einsatz von Fungiziden bzw. Kupferpräparaten, um die enormen Ernteertragsausfälle zu reduzieren. Dieser Einsatz von Fungiziden allein im Weinbau übersteigt mittlerweile denjenigen im Getreide oder anderen Nutzpflanzenkulturen (Muthmann and Nadin, 2007). Innerhalb der EU werden ca. 5 % der kultivierten Fläche für den Weinbau beansprucht, worauf aber ca. 60 % aller landwirtschaftlich ausgebrachten Fungizide appliziert wird (Muthmann and Nadin, 2007) (Angabe der Mittelwerte von 5 Jahren). Zusätzlich werden zur Ausbringung der Pflanzenschutzmittel ca. 9-12 Spritzungen im Jahr durchgeführt, die mit einer erheblichen Belastung des Bodens und zusätzlichem Arbeitsaufwand verbunden sind. Daher wurden Resistenzquellen aus amerikanischen und asiatischen *Vitis*-Arten mit dem Ziel genutzt, neue Rebsorten mit einer erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen zwei wirtschaftlich relevante Pathogene, dem Falschen Mehltau (*Plasmopara viticola*) und dem Echten Mehltau (*Erysiphe necator*), zu züchten. Diese widerstandsfähigen Sorten ("Piwis") stellen einen wichtigen Baustein zur Reduktion der Pflanzenschutzmittelanwendungen im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes im Weinbau dar. Erfahrungen mit dem Anbau von Piwi-Sorten, wie zum Beispiel der Rebsorte `Felicia`, zeigen Fungizideinsparungen von über 70 % (Hüther, 2019). Trotz der ökologischen und ökonomischen Vorteile sowie der inzwischen guten Qualität der Produkte entfallen jedoch deutschlandweit lediglich ca. 2,4 % der Rebfläche auf Piwi-Sorten (Daten: Statistisches Bundesamt 2016). Gründe hierfür sind die geringe Bekanntheit sowie Erfahrungen und noch begrenzten Kenntnisse über angepasste Pflanzenschutzstrategien mit diesen vergleichsweise neuen Sorten seitens des Winzers. Der Anbau von Piwi-Sorten

erfordert detaillierte Kenntnisse der unterschiedlichen Resistenzeigenschaften und der damit verbundenen optimalen Anzahl, Menge und Zeitpunkt von Pflanzenschutzbehandlungen unter den jeweils gegebenen klimatischen Bedingungen, um ein ordnungsgemäßes Resistenzmanagement durchführen zu können. Damit der Anbau von Piwi-Sorten gefördert werden kann, müssen deren neuen Eigenschaften intensiv untersucht werden, um Winzer bei ihrer Auswahl von Piwi-Sorten zu unterstützen und sie bei deren Anbau sowie optimalen Pflanzenschutzstrategie zu beraten.

In diesem Projekt sollen die Resistenzgrade dieser neuen Sorten und damit das tatsächliche Einsparpotenzial an Fungiziden im Weinberg charakterisiert werden. Hierzu werden im Freiland und unter Praxisbedingungen widerstandsfähige Sorten im Vergleich zu traditionellen Sorten bei reduzierter Behandlungszahl getestet. Zur Evaluierung des Resistenzgrades werden die Infektions- und Sporulationsfähigkeit sowie die Entwicklung von *P. viticola* bei verschiedenen widerstandsfähigen und konventionellen Sorten untersucht und verglichen. Auf Basis der erzielten Ergebnisse sollen Handlungsempfehlungen für die Praxis erarbeitet werden. Zusätzlich werden die durch die unterschiedlichen Resistenzloki vermittelten Abwehrreaktionen anhand von mikroskopischen und metabolomischen Untersuchungen näher charakterisiert. Dabei wird unter anderem das Auftreten einer hypersensitiven Reaktion, die Produktion von reaktiven Sauerstoffspezies oder die Akkumulation von Sekundärmetaboliten untersucht. Diese Abwehrreaktionen erlauben Rückschlüsse auf die durch die entsprechenden Resistenzloki vermittelten Resistenzen, was bei zukünftigen Züchtungsstrategien berücksichtigt werden kann.

4 Material und Methoden

4.1 Freiland

Im Freiland sollen verschiedene Spritzvarianten an pilzwiderstandsfähigen Rebsorten mit unterschiedlichen Resistenzloki getestet und mit anfälligen Sorten verglichen werden.

4.1.1 Anlagen in Neustadt und Landau

In sechs Anlagen im Raum Neustadt und Landau wurde jeweils der Befall von *Plasmopara viticola* und *Erysiphe necator* in je drei Anlagen mit den Rebsorten Cabernet Blanc und Sauvignac, bonitiert (Cabernet Blanc: Nussdorf, Hainfeld und Lachen-speyerdorft; Sauvignac: Edesheim, Nussdort und Geinsheim). Dadurch ergeben sich pro Sorte drei Befallsbonituren mit je 100 Reben pro zu testender Spritzvariante. Bei den Spritzvarianten handelt es sich zum einen um eine 0-Variante, bei der keine Spritzung über den gesamten Entwicklungszeitraum der Weinrebe erfolgt, eine 2-Variante, bei der jeweils zum Blütenbeginn und zum Ende der Blüte gespritzt wird, eine 4-Variante, in der die Weinrebe im Fünf-Blatt-Stadium, zum Beginn und zum Ende der Blüte, sowie zum Traubenschluss behandelt wird. Zusätzlich gibt es noch eine N-Variante, die die betriebsübliche Spritzung der Winzer repräsentiert. Die Bonitur der Befallsstärke erfolgte nach den Richtlinien der European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2000 (EPPO) und wurde wie folgt modifiziert:

0 %, < 1 %, < 5 %, < 10 %, < 25 %, < 50 %, < 75 % und ≤ 100 % Befall

Tabelle 2: Unterschiedliche Pflanzenschutzvarianten zu verschiedenen BBCH Stadien (**B**iologische **B**undesanstalt, **B**undessortenamt und **CH**emische Industrie) der Weinreben. (+) eine Fungizidbehandlung wird durchgeführt, (-) die Fungizidbehandlung wird ausgelassen.

Variante	Fünf-Blatt Stadium (BBCH 15)	Beginn der Blüte (BBCH 57-59)	Ende der Blüte (BBCH 68-69)	Traubenschluss (BBCH 75-77)
0	-	-	-	-
2	-	+	+	-
4	+	+	+	+
N*	++	+++	+++	++

*zwischen 9 und 12 Spritzungen pro Saison

4.1.2 Piwi-Anlagen in Neustadt

Das selbe Boniturschema, wie in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschrieben, ergibt sich auch für die sogenannte Piwi-Anlage am DLR Rheinpfalz in Neustadt, mit dem Unterschied, dass hier neben den Sorten Sauvignac und Cabernet Blanc noch Muscaris, Calardis Blanc und Satin Noir, sowie die anfälligen Sorten Muskateller, Sauvignon Blanc, Cabernet Sauvignon und Riesling bonitiert wurden. Auch hier handelt es sich um die gleichen Spritzvarianten wie in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**.

	Cabernet Blanc	Riesling	Muscaris	Cabernet Sauvignon	Calardis Blanc	Muskateller	Sauvignac	Sauvignon Blanc	Cabernet Blanc	Satin Noir	Calardis Blanc	Cabernet Sauvignon	Cabernet Blanc	Muscaris	Riesling	Muskateller	Satin Noir	Sauvignac	Sauvignon Blanc	Sauvignac
Zeile	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Stockzahl	136	137	137	138	138	139	139	128	128	140	141	141	130	142	143	144	145	145	134	146

Abbildung 12: Schematische Darstellung der "Piwi-Anlage" am Dienstleistungszentrum Rheinpfalz in Neustadt. Weiß unterlegte Sorten: pilzwiderstandsfähige Rebsorten mit unterschiedlichen Resistenzloki. Grau unterlegte Sorten: anfällige Rebsorten

4.2 Labor

4.2.1 Rebsorten

Für die Laboruntersuchungen bezüglich Resistenzgrad und Abwehrreaktion wurden folgende Rebsorten verwendet: Müller-Thurgau und Riesling (anfällig), Regent und Cabernet Blanc (*Rpv3-1*) Merlot Khorus und Fleurtai (*Rpv12*), Soreli und Sauvignac (*Rpv12)* und Muscaris *(Rpv10)*.

4.2.2 Phänotypische Untersuchung der Resistenz gegen *P. viticola*

Hierzu wurde ein Blattscheiben-Infektions-Test durchgeführt. Pro Rebsorte wurden von drei Pflanzen jeweils 10 Blattscheiben ausgestanzt (Durchmesser 1,5 cm) und mit vier Tropfen à 10 µl einer *P. viticola* Sporensuspension (50,000 Sporangien ml^{-1}) inokuliert. Sechs Tage nach der Inokulation wurden die Blattscheiben mit einer Canon EOS 650 fotografiert und anschließend die Anzahl der gebildeten Sporangien ermittelt. Hierzu wurden die Blattscheiben einzeln in ein 1,5 ml Mikroreaktionsgefäß gegeben und in 1 ml Waschlösung (dH_2O, 0.01%Tween-80) für 30 Sekunden gevortext. Ausgezählt wurden die Sporangien

mit einer Fuchs-Rosenthal Kammer. Das komplette Experiment wurde dreimal wiederholt.

4.2.3 Färbemethoden

Für alle histochemischen Untersuchungen wurden drei Blattscheiben von drei Pflanzen in drei unabhängigen Experimenten (n=9), wie in 0 beschrieben (ein Tropfen à 20 µl Sporensuspension) inokuliert. Für die Auswertung der Bilder wurde die Software Zen blue verwendet.

4.2.3.1 Anilinblau-Färbung

Mit dieser Färbemethode kann die Entwicklung von *Plasmopara viticola* innerhalb des Blattes beobachtet werden. Hierfür wurde das Protokoll nach Hood and Shew 1996 durchgeführt und Proben nach 24, 48, 72 und 96 Stunden nach der Inokulation gefärbt und mit einem Epifluorescence Mikroskop (ZEISS Axio Scope.A1; Kübler HXP-120C lighting device; Kamera: Axiocam MRc; filter set: Zeiss 05) dokumentiert.

4.2.3.2 Trypanblau-Färbung

Die Zelltodfärbung wurde nach Feechan et al. 2015 durchgeführt und nach 6, 8, 12, 24, 28 und 32 nach der Inokulation gefärbt und mit einem ZEISS Axio Scope.A1 Mikroskop mit einer Zeiss Axiocam MRc Kamera analysiert.

4.2.3.3 Diaminobenzidin-Färbung

Diaminobenzidin-Färbung wurde zum Nachweis von Wasserstoffperoxid nach Daudi and O´Brien 2012 durchgeführt. Blattscheiben wurden jeweils 1 Stunde vor der Probenahme in einem Abstand von 6,5 cm unter einer LED-Lampe (PHILIPS GreenPower LED-Produktionsmodul tiefrot/weiß 150 50-60 Hz und 35W) mit ~672,5 µmol s^{-1} m^{-2} (gemessen mit LI-250A Lichtmessgerät; Sensor: LI-core Qantum) zur Öffnung der Spaltöffnungen gelegt und nach 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 28 und 32 Stunden nach der Inokulation gefärbt (Färbelösung: 3,3'-Diaminobenzidin-Tetrahydrochlorid 1 mg ml^{-1} in Wasser, TWEEN 20 (0,05 % v/v), 200 mM Na_2HPO_4, Break-Thru (0,1 % (v/v)). Jede Blattscheibe wurde zweimal für 30-60 Sekunden infiltriert. Anschließend wurden die Blattscheiben 30 min im Dunkeln inkubiert und mit einer Lösung aus Ethanol: Essigsäure: Glycerin (3:1:1) für 15-30 min in einem kochenden Wasserbad entfärbt. Die mikroskopische Analyse

wurde mit dem Mikroskop ZEISS Axio Scope.A1 mit einer Zeiss Axiocam MRc Kamera durchgeführt.

4.2.4 Infektionsserie zur Metabolit-Analyse

Hierzu wurde ein Blattscheiben-Infektionstest durchgeführt, von je 5 Pflanzen einer Rebsorte wurden 48 Blattscheiben ausgestanzt (Durchmesser 1,5 cm). Die eine Hälfte wurde mit einer Zoosporensuspension (50,000 Sporangien ml^{-1}) mit einmal 40 µl inokuliert, die andere Hälfte mit dH_2O. Die Blattscheiben wurden je nach Zeitpunkt der Probenentnahme ein zweites Mal mit einem, im Durchmesser 1,3 cm kleinen Korkbohrer ausgestanzt. Von diesen Blattscheiben wurden je zwei pro Pflanze zusammen in ein Mikroreaktionsgefäß gegeben und direkt in flüssigem Stickstoff eingefroren. Dadurch ergeben sich pro Zeitpunkt jeweils vier Mikroreaktionsgefäße (zwei mit *P. viticola* und zwei mit dH_2O inokulierten Blattscheiben) mit je 10 Blattscheiben von 5 verschiedenen Pflanzen, von denen je eins (*P. viticola* und dH_2O inokuliert) für die Metabolit-Analyse verwendet wurde. Es wurden jeweils Proben der Zeitpunkte 0, 6, 8, 12, 24 und 48 Stunden nach der Inokulation genommen und das Experiment dreimal wiederholt.

4.2.4.1 Metabolit-Analyse

Für die Metabolit-Analyse werden die Stilbene aus den in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** gesammelten Proben extrahiert und mittels HPLC quantifiziert. Die Extraktion der Stilbene wurde nach (Höll et al., 2013) durchgeführt. Die Extrakte wurden mit einer HPLC (Jasco 4000er, Jasco AS-4150 Autosampler, Jasco PU-4180 Pumpe) analysiert. Die Extrakte wurden durch eine Umkerphasensäule (Gemini-NX 3 µm, C18 110 Å, LC-Säule 150 x 4,6 (Phenomenex ® LTD, Aschaffenburg, Deutschland), über eine Vorsäule, getrennt. Der *Trans*-Resveratrol Gehalt wurde mit einem Photodiodenarray-Detektor (Jasco MD-4010) bei einer Anregungswellenlänge von 320 nm gemessen. Die Trennung erfolgte mit einem Gradienten von Puffer A (10 mmol KH_2PO_4; 5 % (v/v) Acetonitril (HPLC-Qualität); 95 % (v/v) Wasser (HPLC-Qualität); pH mit 85 % H_3PO_4 auf 1,5 eingestellt) zu Puffer B (10 mmol KH_2PO_4; 50 % (v/v) Acetonitril (HPLC-Qualität); 50 % (v/v) Wasser (HPLC-Qualität); pH mit 85 % H_3PO_4 auf 1,5 eingestellt). Die Gradienten-Bedingungen waren 0 min, 90 % A; 7 min, 66 % A; 12 min, 49 % A; 17 min, 68 % B; 22 min, 100 % B; 28 min, Anpassung an

die Ausgangsbedingungen. Die Säule wurde bei 25 °C gehalten und die Flussrate betrug 1 ml min^{-1}. Der Emissionsdetektor war auf einen Wellenlängenbereich von 200-650 nm eingestellt. Die Datenaufnahme und -verarbeitung erfolgte mit der Software ChromNav (Jasco). Für die Berechnung der *Trans*-Resveratrol Konzentrationen wurde eine Kalibriergerade verwendet, die aus einem kommerziell erhältlichen *Trans*-Resveratrol Standard (Phyto-Lab) erstellt wurde. Der Gehalt an *Trans*-Resveratrol (ng g^{-1} Frischgewicht (FW)) wurde aus drei unabhängigen Experimenten als normalisierter Wert gegen die unbehandelte Kontrolle verrechnet.

5 Ergebnisse

5.1 Freilandbonitur

5.1.1 Anlagen in Neustadt und Landau

Im Jahr 2020 wurde keine *P. viticola* oder *E. necator*-Infektion in den Anlagen gefunden. Ausnahme war hierbei die Anlage Cabernet Blanc aus Nussdorf. Diese stand direkt in der Einflugschneise einer Anlage, welche weder behandelt noch geschnitten wurde und dementsprechend massiven Oidium-Befall aufzeigte, was zu einem sehr hohen Oidium-Druck führte. Um die Weinqualität der Traumen weiterhin zu garantieren, wurde der Versuch abgebrochen und die Pflanzen konventionell vom Winzer behandelt.

5.1.2 Piwi-Anlage

Im Jahr 2020 wurde weder an den Blättern noch an den Trauben eine *P. viticola* Infektion gefunden. *E. necator* führte hingegen in der Piwi-Anlage am DLR Rheinpfalz in Neustadt zu einer Infektion an Blättern und Trauben. Auch im Vergleich zum Jahr 2019 lag die Befallshäufigkeit an den Trauben innerhalb der pilzwiderstandsfähigen Rebsorten in der 0-Variante je nach Sorte zwischen ~ 0 und 60 % (BBCH 89). Diese Unterschiede können auf sortenspezifischen und phänologischen Eigenschaften wie z.B. Beerenhautdicke und Laubdichte zurückgeführt werden. Die Befallsstärke bei den pilzwiderstandsfähigen Rebsorten lag im Mittel nur zwischen ~ 0 und 4 %, was keinen erheblichen Einfluss auf die Weinqualität hatte. Im Gegensatz dazu lag die Befallshäufigkeit an den Trauben je nach anfälliger Sorte im Mittel zwischen ~ 60 und 100 % und die Befallsstärke im Mittel

zwischen ~ 17 % und 87 %, welches diese unbrauchbar für die Weinbereitung machte. Durch zwei Spritzungen jeweils zum Beginn und zum Ende der Blüte konnte die Befallsstärke in den pilzwiderstandsfähigen Rebsorten im Mittel je nach Sorte zwischen ~ 0 und 0,6 % reduziert werden und durch vier Behandlungen sogar < 0,08 %. Durch die konventionelle Behandlung der anfälligen Sorten (12 Spritzungen) konnte die Befallsstärke im Mittel zwischen ~ 0 und 0,2 % reduziert werden. Dadurch wird deutlich, dass durch das Anbauen von pilzwiderstandsfähigen Sorten, die nur zwei oder vier Spritzbehandlungen bekamen, der gleiche Effekt erzielt werden kann wie bei anfälligen Sorten, die jedoch zwölfmal behandelt wurden. Dies entspricht einer Spritzungseinsparung von ~ 66 % bis 83 %.

5.2 Laboruntersuchungen

5.2.1 Untersuchung des Resistenzgrades von neuen pilzwiderstandsfähigen Rebsorten

In den Blattscheiben-Infektionstest konnte die graduelle Resistenz der zu untersuchenden Rebsorten bestimmt werden und klare Unterschiede zwischen den Sorten ermittelt werden. Die Produktion von Sporangien 6 Tage nach der Inokulation ist bei anfälligen Genotypen (~ 40 000 Sporangien ml^{-1}) signifikant höher als bei resistenten Genotypen (~ 0 - 4 000 Sporangien ml^{-1}) (Abbildung 13). Obwohl die *P. viticola* Sporangienbildung bei allen resistenten Genotypen stark reduziert war, wurden signifikante Unterschiede im Resistenzgrad zwischen den *Rpv3*-Genotypen (~ 2 500 - 4 000 Sporangien ml^{-1}) und den Sorten, die den *Rpv10*-, *Rpv12*- oder *Rpv12/Rpv3*-Lokus enthalten (< 1 000 Sporangien ml^{-1} bis gar keine Sporangien) gefunden (Abbildung 13).

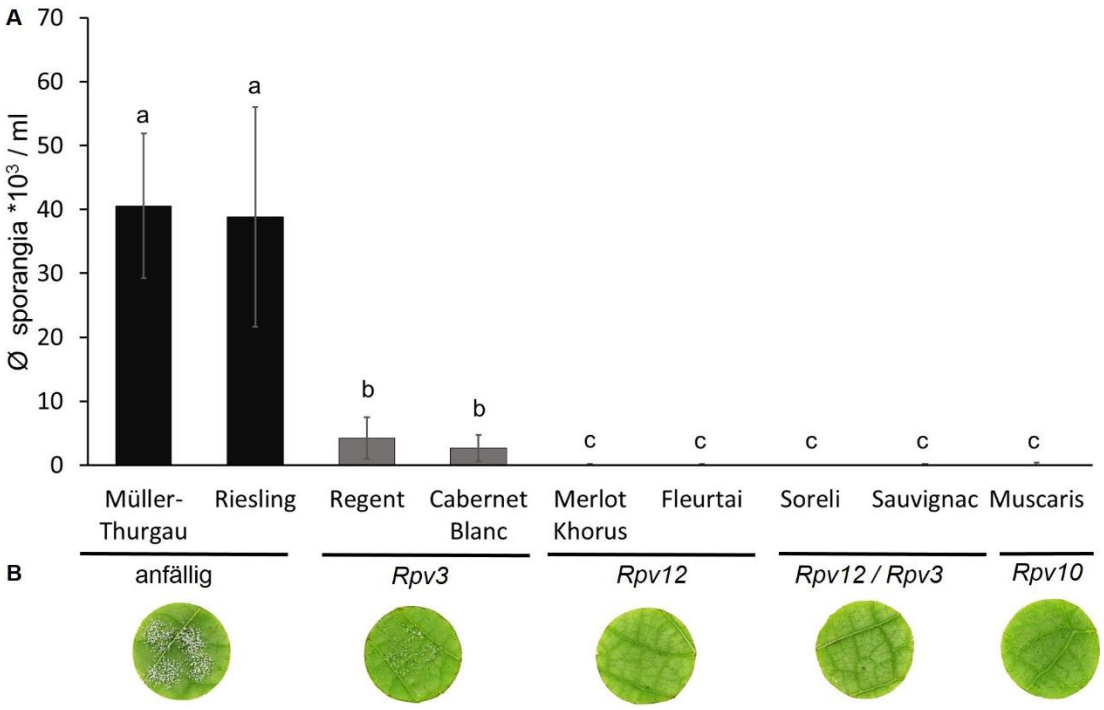


Abbildung 13: Sporulation von *Plasmopara viticola* an anfälligen und pilzwiderstandsfähigen Rebsorten nach sechs Tagen Inkubation. Blattscheiben der anfälligen Sorten Müller-Thurgau und Riesling, der *Rpv3*-Sorten Cabernet Blanc und Regent, der *Rpv12*-Sorten Merlot Khorus und Fleurtai, der *Rpv12/Rpv3*-Sorten Soreli und Sauvignac sowie der *Rpv10*-Sorte Muscaris wurden mit *P. viticola* inokuliert. (A) Quantitative Auswertung der *P. viticola* Sporulation auf Blattscheiben. Die Sporangien wurden 6 Tage nach der Inokulation gezählt. Die Balken stellen den Durchschnitt von drei unabhängigen Experimenten dar (n= 63). Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung. Kruskal-Wallis und Steel-Dwass-Critchlow-Fligner-Test wurden zur Datenanalyse und zum multiplen paarweisen Vergleich der Wirkung der *P.viticola* Infektion auf verschiedene Rebsorten verwendet. Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben (a,b,c) sind signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$). (B) Repräsentative Bilder von Blattscheiben (anfälliger Sorte - Riesling; *Rpv3*-Sorte - Cabernet Blanc; *Rpv12*-Sorte - Fleurtai; *Rpv12/Rpv3*-Sorte - Sauvignac; *Rpv10*-Sorte - Muscaris) wurden 6 Tage nach der Inokulation aufgenommen.

Die Entwicklung von *P. viticola* innerhalb des Blattes konnte mittels der Anilinblau-Färbung sichtbar gemacht werden. Anhand der Beobachtungen wurde die Entwicklung von *P. viticola* wie folgt kategorisiert: Kategorie I - keine Entwicklung des *P. viticola* Myzels, Kategorie II - leichte Entwicklung, Kategorie III - mäßige Entwicklung und Kategorie IV - umfangreiche Entwicklung (Abbildung 14). 24 Stunden nach der Inokulation wurden keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Genotypen beobachtet (Abbildung 14). Nach 48 Stunden war jedoch das Myzelwachstum bei den *Rpv12*-, *Rpv12/Rpv3*- und *Rpv10*-Genotypen bereits inhibiert, während bei den *Rpv3*- und anfälligen Genotypen das Myzelwachstum voranschritt (Abbildung 14). Zwischen 48 und 96 Stunden wurde bei

den *Rpv12*- und *Rpv12/Rpv3*-Genotypen keine weitere Myzelentwicklung beobachtet, wohingegen beim *Rpv10*-Genotyp eine geringe Myzelentwicklung sichtbar war (Abbildung 14). Innerhalb der resistenten Genotypen wies der *Rpv3*-Genotyp die größte Myzelentwicklung auf, welche jedoch immer noch moderat im Vergleich zu den anfälligen Genotypen war (Abbildung 14).

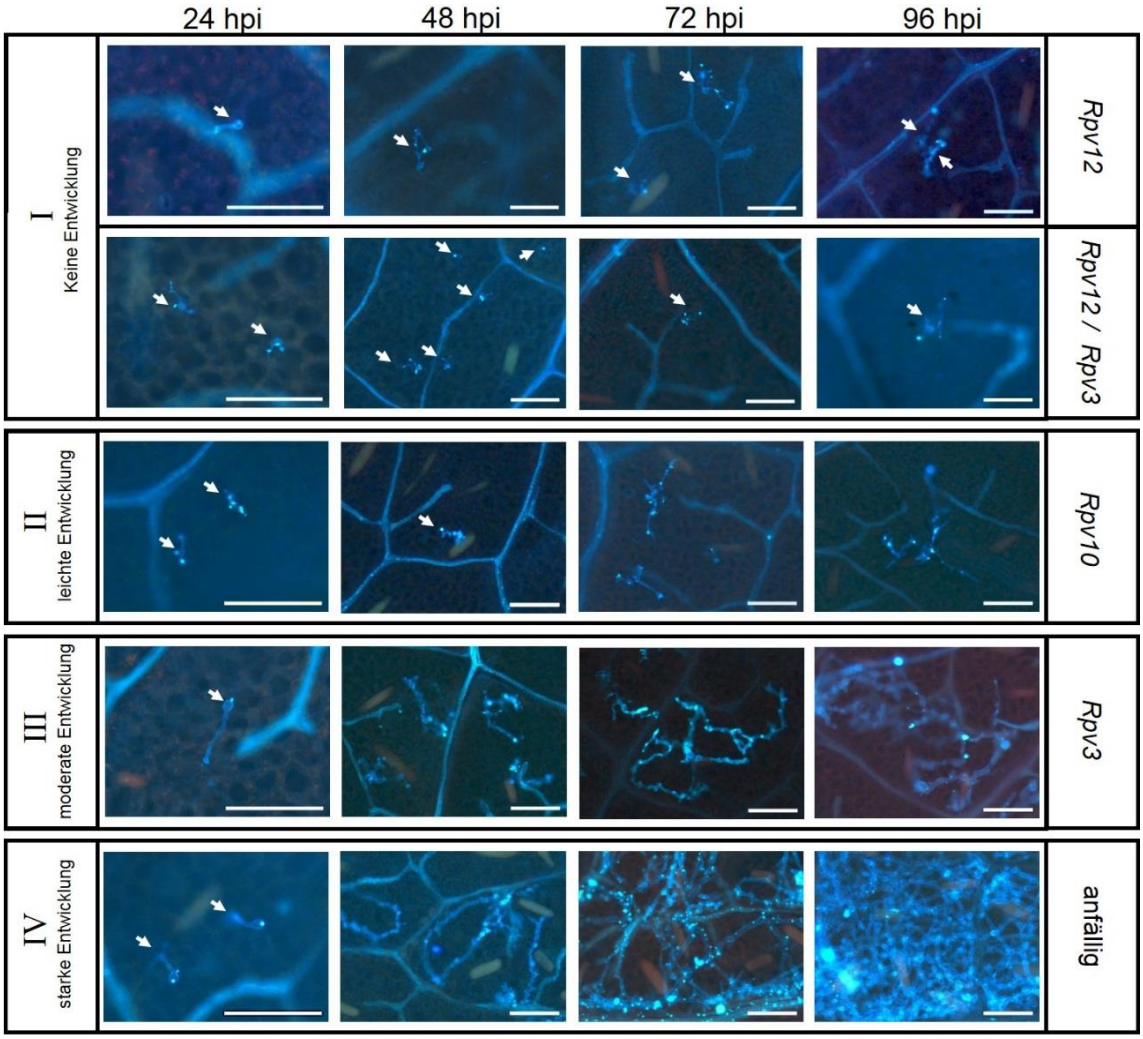


Abbildung 14: Repräsentative Entwicklung von P. viticola in anfälligen und resistenten Rebsorten. Myzelwachstum von *P. viticola* nach Anilinblaufärbung 24, 48, 72, und 96 Stunden nach der Inokulation (von links nach rechts). Repräsentative *P. viticola* Entwicklung von Sorten mit dem gleichen Genotyp wurden innerhalb jeder Kategorie gezeigt: Kategorie I - keine Entwicklung von *P. viticola* Myzel in *Rpv12*- und *Rpv12/Rpv3*-Genotypen (Bilder von Fleurtai), Kategorie II - leichte Entwicklung von *P. viticola* Myzel in *Rpv10*-Genotypen (Bilder von Muscaris), Kategorie III - mäßige Entwicklung von *P. viticola* Myzel in *Rpv3*-Genotypen (Bilder von Cabernet Blanc) und Kategorie IV - umfangreiche Entwicklung von *P. viticola* Myzel in anfälligen Genotypen (Bilder von Riesling). Pfeile zeigen *P. viticola* Infektionsstrukturen. Die Bilder sind repräsentativ für drei biologische Replikate und drei unabhängige Experimente. Der Maßbalken entspricht 100 µm.

5.2.2 Unterschiede in den durch *Rpv3*-, *Rpv12*- und *Rpv10*-Lokus vermittelten Abwehrreaktionen auf eine *P. viticola* Infektion

5.2.2.1 Zelltodreaktion

Das erste Auftreten von pflanzlichem Zelltod wurde in Blattzellen des *Rpv12*- und des *Rpv12/Rpv3*-Genotyps bereits 8 Stunden nach der Inokulation beobachtet. Im *Rpv10*-Genotyp wurde erst 12 Stunden nach der Inokulation eine Zelltodreaktion beobachtet und in den *Rpv3*-Genotypen erst 28 Stunden nach der Inokulation. Zu keinem Zeitpunkt wurde bei den anfälligen Sorten oder der Inokulationskontrolle mit Wasser eine Zelltodreaktion der Pflanzenzellen beobachtet.

5.2.2.2 Wasserstoffperoxid Produktion

Da die *Rpv12*- und *Rpv12/Rpv3*-Genotypen das früheste Einsetzen des pflanzlichen Zelltods und die *Rpv3*-Genotypen die späteste Zelltodreaktion aufwiesen, sowie den größten Unterschied in der Myzelentwicklung (Abbildung 14), wurden diese Genotypen auf das Vorhandensein eines mit dem pflanzlichen Zelltod assoziierten oxidativen Bursts untersucht. Wasserstoffperoxid wurde in *Rpv12*- und *Rpv12/Rpv3*-Genotypen 8 Stunden nach der Inokulation nachgewiesen, aber erst 24 Stunden nach der Inokulation in *Rpv3*-Genotypen. In den anfälligen Genotypen und den Inokulationskontrollen mit Wasser wurde keine Wasserstoffperoxid-Bildung beobachtet. Die Diaminobenzidin-Färbung bestätigte, dass die Wasserstoffperoxid-Produktion mit der Induktion des pflanzlichen Zelltods an den Infektionsstellen in allen resistenten Genotypen assoziiert ist.

5.2.2.3 Trans-Resveratrol Akkumulation

Eine frühere Studie von Chang et al., 2011 vermutet, dass *Trans*-Resveratrol, neben seiner klassischen Rolle als Phytoalexin, auch als Signalmolekül für die Induktion des pflanzlichen Zelltodes fungiert. Deshalb wurde der *Trans*-Resveratrol-Gehalt in ng/g Frischgewicht, über die Zeit, in anfälligen und resistenten Genotypen nach *P. viticola* Inokulation gemessen. Sechs Stunden nach der Inokulation konnte bereits eine signifikante Akkumulation von *Trans*-Resveratrol in den *Rpv12*-Genotypen im Vergleich zu Inokulationskontrolle mit Wasser beobachtet werden. Im Gegensatz dazu war die Induktion von *Trans*-Resveratrol in den *Rpv3*- oder anfälligen Genotypen gering oder gar nicht vorhanden. Nach sechs Stunden nach der Inokulation nahm der *Trans*-Resveratrol-Gehalt in den

Rpv12-Genotypen ab, so dass es nach 8 und 12 Stunden keinen signifikanten Unterschied zwischen den Genotypen gab. Für den *Rpv3*-Genotyp wurde ein signifikanter Anstieg von *Trans*-Resveratrol, im Vergleich zur Inokulationskontrolle und dem anfälligen Genotyp, nach 24 Stunden nach der Inokulation beobachtet.

6 Fazit

Im Freilandexperiment der Piwi-Anlage konnte gezeigt werden, dass durch den Anbau von neuen pilzwiderstandsfähigen Rebsorten Fungizidapplikationen zwischen 66 - 83 % reduziert werden konnten. Dadurch bieten neue Sorten mit einer angepassten Pflanzenschutzstrategie eine gute Möglichkeit, die Menge an Fungizidanwendungen zu reduzieren. Die erfolgreichste Resistenz wurde durch den *Rpv12*- und den kombinierten *Rpv12/Rpv3*-Lokus vermittelt, gefolgt vom *Rpv10*-Resistenzlokus. Am wenigsten erfolgreich war die *Rpv3*-vermittelte Resistenz. Dennoch hebt sich diese im Vergleich zu den anfälligen Sorten deutlich ab (Abbildung 13). Diese Ergebnisse bestätigen frühere Studien, die Unterschiede in der Menge der produzierten Sporangien in Feld- und Laborexperimenten beschrieben haben und ein höheres Resistenzniveau für Sorten mit *Rpv10*- und *Rpv12*-vermittelten Resistenz im Vergleich zur *Rpv3*-vermittelten Resistenz definierten (Venuti *et al.*, 2013; Vezzulli *et al.*, 2018; Zini *et al.*, 2019). Erklärt werden könnten diese Unterschiede durch die gezeigten Ergebnisse der Abwehrreaktions-Analysen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass *Trans*-Resveratrol als Signalmolekül für reaktive Sauerstoff Spezies (wie Wasserstoffperoxid) fungiert, was zu einem frühen hypersensitiven Pflanzenzelltod für die *Rpv12*-vermittelte Abwehr und einem späten Pflanzenzelltod für die *Rpv3*-vermittelte Abwehr führt. Diese zeitlichen Unterschiede im Einsetzen der *Rpv*-vermittelten Abwehrreaktionen könnten für die Differenzierung im Resistenzgrad der neuen Rebsorten verantwortlich sein. Hierbei könnten sich die Pathogenerkennung oder nachgeschaltete Prozesse bei *Rpv12*- und *Rpv3*-vermittelter Resistenz unterscheiden.

7 Literaturverzeichnis

Chang, X. *et al.* (2011) “The phytoalexin resveratrol regulates the initiation of hypersensitive cell death in *Vitis* cell,” *PLoS ONE*, 6(10), pp. 1–12. doi: 10.1371/journal.pone.0026405.

Daudi, A. and O´Brien, J. A. (2012) “Detection of hydrogen peroxide by DAB staining in *Arabidopsis* leaves,” *Bio Protocol*, 18(2), pp. 1–4. doi: 10.1586/14737175.2015.1028369.Focused.

Díez-Navajas, A.-M. *et al.* (2007) “Two simplified fluorescent staining techniques to observe infection structures of the oomycete Plasmopara viticola in grapevine leaf tissues,” *Micron*, 38(6), pp. 680–683. doi: 10.1016/j.micron.2006.09.009.

European and Mediterranean Plant Protection Organization (2000) “Guideline for the Efficacy Evaluation of Fungicides,” *EPPO Bulletin*, PP 1/31(3), pp. 1–3. doi: 10.1111/j.1365-2338.1991.tb00460.x.

Feechan, A. *et al.* (2015) “Strategies for *RUN1* deployment using *RUN2* and *REN2* to manage grapevine powdery mildew informed by studies of race specificity,” *Phytopathology*, 105, pp. 1104–1113. doi: 10.1094/PHYTO-09-14-0244-R.

Höll, J. *et al.* (2013) “The R2R3-MYB transcription factors MYB14 and MYB15 regulate stilbene biosynthesis in *Vitis vinifera*,” *The Plant Cell*, 25, pp. 4135–4149. doi: 10.1105/tpc.113.117127.

Hood, M. E. and Shew, H. D. (1996) “Applications of KOH-aniline blue flourescence in the study of plant-fungal interactions,” *The American Phytopathological Society*, 86, pp. 704–708.

Hüther, S. (2019) *Felicia Blumiger Wein mit Aromanoten reifer Früchte*. 2nd ed. Edited by G. Julius Kühn-Institut, Institut für Rebenzüchtung. doi: 10.5073/jki.2019.005.

Muthmann, R. and Nadin, P. (2007) *The use of plant protection products in the European Union*, *Eurostat Statistical Books*. doi: 10.2118/159520-MS.

Pezet, R., Pont, V. and Cuenat, P. (1994) “Method to determine resveratrol and pterostilbene in grape berries and wines using high-performance liquid chromatography and highly sensitive fluorimetric detection,” *Journal of Chromatography A*, 663(2), pp. 191–197. doi: 10.1016/0021-9673(94)85245-6.

Venuti, S. *et al.* (2013) “Historical introgression of the downy mildew resistance gene Rpv12 from the Asian species into grapevine *Vitis amurensis* varieties,” *PLoS ONE*, 8(4), pp. 1–7. doi: 10.1371/journal.pone.0061228.

Vezzulli, S. *et al.* (2018) “Downy mildew resistance evaluation in 28 grapevine hybrids promising for breeding programs in Trentino region (Italy),” *European Journal of Plant Pathology*. European Journal of Plant Pathology, 150, pp. 485–495. doi: 10.1007/s10658-017-1298-2.

Zini, E. *et al.* (2019) “*R*-loci arrangement versus downy and powdery mildew resistance level: A *Vitis* hybrid survey,” *International Journal of Molecular Sciences*, 20, pp. 1–29. doi: 10.3390/ijms20143526.

Geschäftsmodellerweiterungen von Winzerbetrieben: Wirtschaftlichkeit, Erfolgsfaktoren und Synergien zwischen Akteuren

Prof. Dr. Marc Dreßler

Kompetenzzentrum Weinforschung/DLR Rheinpfalz, Breitenweg 71, 67435 Neustadt an der Weinstraße

Projektlaufzeit: 2019-2021

1. Vorbemerkungen

Die Datenerhebungen sowie vorgesehene -auswertungen wurden realisiert. Abweichungen in der Durchführung des Projekts sind durch die Einschränkungen aufgrund der Corona-Pandemie und zudem die Inanspruchnahme von Elternzeit durch die maßgeblich bearbeitende Person begründet. Die weitere Bearbeitung erfolgt anhand des Projektplans bei Adaption an die gegenwärtigen und auch für dieses Jahr zu erwartenden Beschränkungen.

Geschäftsmodellüberlegungen, im umfassenden und theoriefundierten Verständnis, dienen insbesondere in Zeiten außergewöhnlicher Umweltveränderungen dem Zweck, bestehende Geschäftsmodelle (GM) zu hinterfragen und Erweiterungsmöglichkeiten zu identifizieren, um den Betrieb zukunftsorientiert aufzustellen. Daher erfährt dieses Forschungsprojekt in Jahren, die massiv durch externe Umwälzung (i.e. Corona-Pandemie) beeinflusst werden, besondere Relevanz.

2. Operativer Projektfortschritt

Plangemäß wurde zunächst literaturbasiert ein methodologischer Ansatz zur Analyse erarbeitet. Parallel wurden Partnerbetriebe für Fallstudienanalysen identifiziert, gewonnen und in einem ersten Schritt bearbeitet. Die Datenbank wurde und wird aktuell weiter befüllt. Hierzu wurden iterative Webseitenanalysen durchgeführt.

Weitere Literatur im Bereich Geschäftsmodellinnovation wurde gesammelt und ausgewertet, um in der anstehenden Projektphase verschiedene GM-Innovationstypen zu identifizieren und Unterschiede zwischen den Ausprägungen zu beleuchten.

Es wurde darüber hinaus versucht, über Bilanzdaten von Beispielwinzerbetrieben als Ergebnisvariable die Einflüsse von Geschäftsmodellerweiterung auf die Rentabilität der Betriebe zu untersuchen. Dieser Ansatz hat sich als ungeeignet für die Erforschung von Geschäftsmodellerweiterung gezeigt, da die historischen Änderungen im Geschäftsmodell in den Bilanzpositionen der Winzerbetriebe nicht erkennbar abgebildet werden und auch die Kausalitäten der Variablen nicht gesichert sind.

Der weitere Fokus wird daher auf statistische Analysen von Webseitendaten sowie qualitative Analysen anhand der Fallstudien gelegt.

3. Inhaltlicher Projektfortschritt

Gemäß Projektplan wurde mit einer intensiven Literaturbearbeitung gestartet. Ergebnis war die Identifikation von strategischen Geschäftsmodellerweiterungstypen (s. Abb. 1). Die Typologie illustriert einen Zusammenhang von Geschäftsmodellerweiterung und Innovation, mit einem sukzessiven Anstieg des Innovationsgrads.

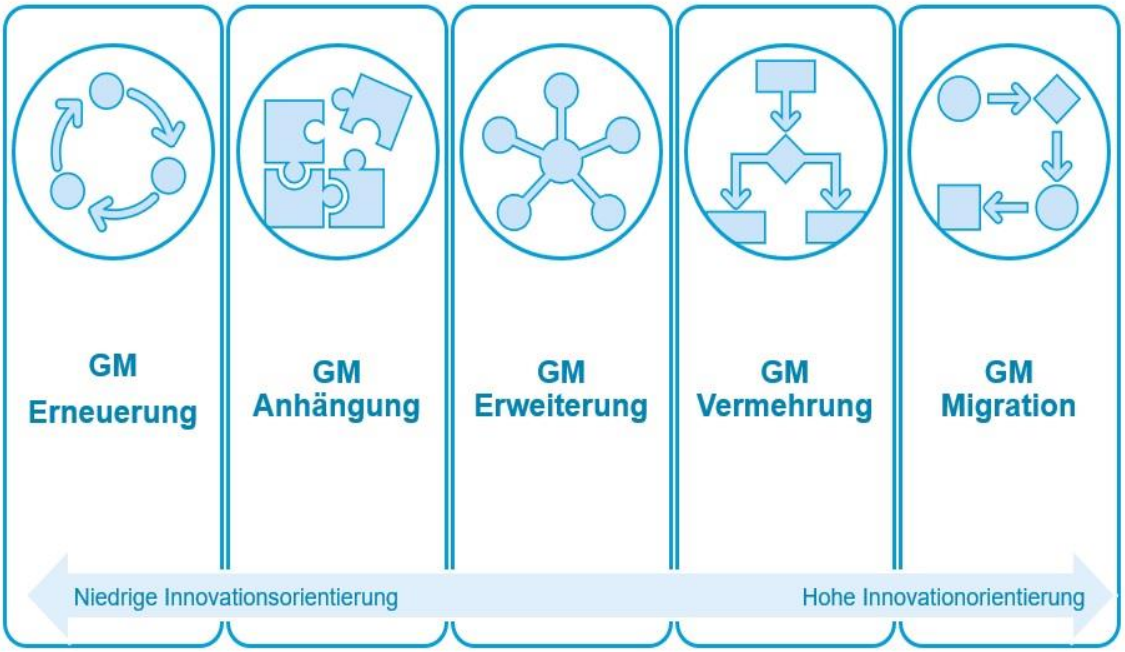


Abb. 1: Geschäftsmodellinnovationstypologien

Neben der vornehmlich literaturbasierten Identifikation der Typologien erlaubte die multiple Fallstudienanalyse eine Extraktion von praktisch realisierter Geschäftsmodellerweiterung in der Weinwirtschaft. Die empirischen Varianten zeigen drei thematische Schwerpunkten: (1) Nachhaltigkeit, (2) zunehmende Dienstleistungsorientierung (insbesondere Tourismus), sowie (3) Digitalisierung. Alle drei erkannten Bereiche der Erweiterung werden weiter anhand der Fallstudien beleuchtet, wie in Abb. 2 dargestellt. Für jeden Innovationstyp werden die Fallstudienpartner tiefergehend analysiert.

Abb. 2: Geschäftsmodellerweiterung gemäß induktiver Analyse

Erste Einsichten aus multivariaten Analysen der Webseitenevaluation konnten mittels einer Regressionsanalyse generiert werden. Die Regressionsergebnisse offenbaren, dass eine regionale Ausdehnung des Geschäftsmodells durch Internationalisierung einen direkten und maßgeblichen Einfluss auf das Preisniveau hat. Dies konnte für die anderen Formen der Geschäftsmodellerweiterungen (z.B. Online-Angebot, Fremdenzimmer) nicht untermauert werden. Diese Einsichten weisen darauf hin, dass die Internationalisierung eher in einem produktorientierten Kontext stattfindet und somit für den Typ der „Anhängung“ spricht. Die weniger produktorientierten Angebotserweiterungen haben primär Dienstleistungscharakter mit offensichtlich geringerem Einfluss auf das Preisniveau.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Projektumsetzung stand neben der Aufarbeitung der Literatur zu Geschäftsmodellinnovation, der Befüllung der Datenbank und induktiver Fallstudienanalysen auch das Auffinden relevanter Erkenntnisse für den wissenschaftlichen Ansatz im Vordergrund.

Die nächsten Schritte sind:

1. Finalisierung der Erhebung tourismuszentrierter Geschäftsmodellerweiterungen
2. Datenanalyse mittels ANOVA- und Regressionsanalyse
3. Vertiefende und erweiternde Interviews mit den Fallstudienpartnern in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit innovativer Geschäftsmodelle bzw. Geschäftsmodellerweiterungen
4. Publikationsaktivitäten.

In diesem Forschungsjahr wird darauf abgezielt, die statistische Belastbarkeit zu erweitern, die Wirtschaftlichkeit von GM-Erweiterungen quantitativ zu evaluieren und Synergien gemäß dem Clusteransatz im regionalen Kontext zu hinterfragen. Ein Schwerpunkt der Analysen liegt somit auf den kausalen Zusammenhängen sowie der Erfolgsfaktorbetrachtung. Entsprechend bilden Auswertungen der Beobachtungen und statistische Analysen die zentralen Forschungsaktivitäten. Ergänzende Analysen und Erhebungen sind vorgesehen. Parallel werden weitere Veröffentlichungen auf Basis des erweiterten Kenntnisstands angestrebt.

5. Publikationen und Vorträge

- Dressler, M.; Paunovic, I. (2019). Towards a conceptual framework for sustainable business models in the food and beverage industry: the case of German wineries; British Food Journal, 122 (5)
- Dressler, M.; Paunovic, I. (2019). Customer-centric offer design: Meeting expectations for a wine bar and shop and the relevance of hybrid offering components; International Journal of Wine Business Research, 31 (1)
- Paunovic, I.; Dressler, M.; Mamula Nikolic, T.; Popovic Pantic, S. (2020). "Developing a Competitive and Sustainable Destination of the Future: Clusters and Predictors of Successful National-Level Destination Governance across Destination Life-Cycle." Sustainability 12: 4066
- Dressler, M.; Paunovic, I. (2021). “Technologies, roles and technology adoption strategies for digital transformation of grape harvesting in SME wineries”; Journal of Strategy and Management; im Begutachtungsprozess
- Dressler, M.; Paunovic, I. (2021). Converging and diverging business model innovation in regional inter-sectoral cooperation - exploring wine industry 4.0, European Journal of Innovation Management (EJIM)

Design und Erfolgsfaktoren von Social Commerce am Beispiel der Weinbranche

Prof. Dr. Laura Ehm

Weincampus Neustadt,
Breitenweg 71, 67435 Neustadt an der Weinstraße

Projektlaufzeit: 2020-2023

1. Vorbemerkungen

Das Projekt „Design und Erfolgsfaktoren von Social Commerce“, das sich mit der vertrieblichen Nutzung von sozialen Medien in der Weinbranche befasst, wird entlang der im Antrag skizzierten Projektplanung und -phasen bearbeitet und punktuell weiterentwickelt, um den Bedürfnissen der Weinbaubetriebe als wesentlichen Adressaten der Forschungsergebnisse gerecht zu werden. So zeichnet sich im Zuge der Covid-19 Pandemie und dem daraus resultierten Wegfall von Vertriebskanälen für die Betriebe sowie durch die ebenfalls pandemiebedingte Zunahme der Social-Media-Nutzung (Statista, 2020) ein zunehmendes Interesse an dem Forschungsschwerpunkt ab. Vor allem zeigte sich die Aktualität und Relevanz der Thematik in der hohen Resonanz zu folgenden Praxisvorträgen und der Kontaktaufnahme einiger Weinbaubetriebe zum Forschungsteam im Nachgang zu den Vorträgen:

- **WeinMarketingNovember 2020** am 17.11.2020, Organisation: DLR Mosel und DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück; Vortragstitel: „Mehr als schöne Bilder und nette Stories: Instagram und Co. als Shopping-Plattform nutzen“. Referentinnen: Prof. Dr. Laura Ehm / Monika Dumler.
- **74. Pfälzische Weinbautage 2021** am 20.01.2021, Organisation: DLR Rheinpfalz; Vortragstitel: „Instagram und Facebook als Shopping-Plattform nutzen: Entwicklungsperspektiven für die Pfälzischen Weinbaubetriebe“. Referentinnen: Prof. Dr. Laura Ehm / Monika Dumler.

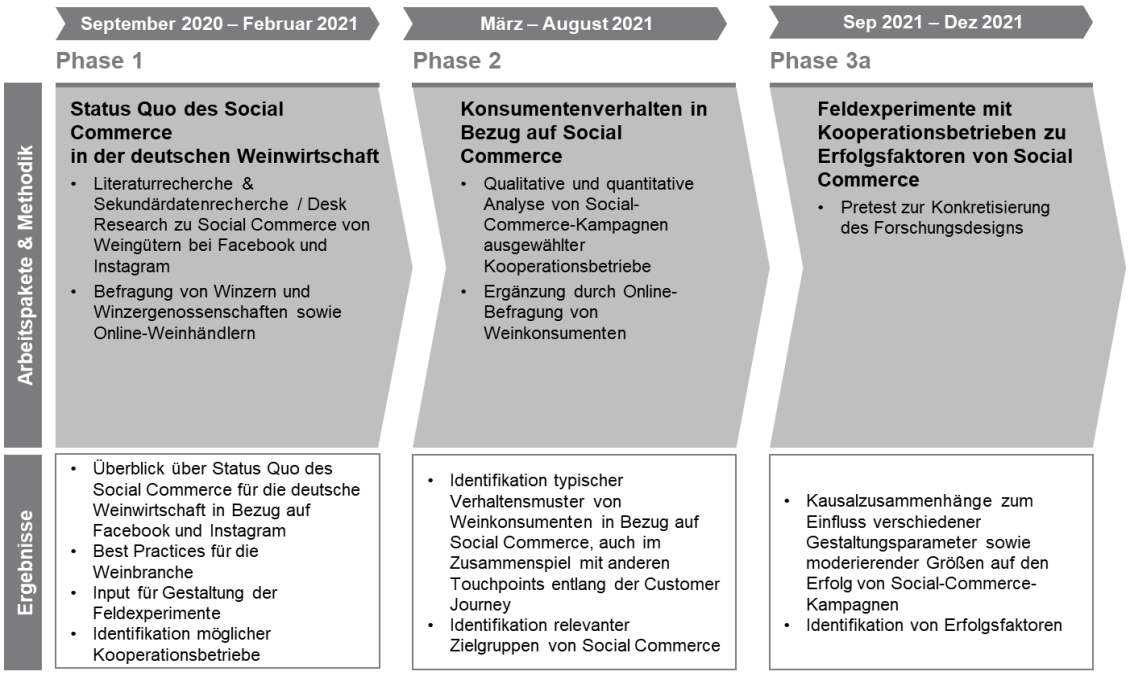
Zusätzlich hat die systematische Auswertung der relevanten Social-Commerce-Literatur ergeben, dass der Forschungsbedarf in dem Themengebiet weiterhin

zunimmt und somit relevante Forschungsfragen, die in bisherigen Publikationen noch nicht adressiert wurden, im weiteren Projektverlauf zu bearbeiten sind.

Folglich ist die Fortsetzung des Forschungsprojektes und die damit einhergehende Durchdringung weiterer Forschungsaspekte sowohl für die Praxis als auch für die Wissenschaft von großer Bedeutung.

2. Operativer Projektfortschritt

Die Forschungsaktivitäten der ersten Projektphase (Sept. 2020 bis Feb. 2021) umfassten den Status Quo von Social-Commerce in der deutschen Weinbranche. Hierzu wurden aus methodischer Sicht eine umfassende Literaturrecherche, die Sammlung von Sekundärdaten und eine Befragung (Primärdaten) angewandt.



- Literaturrecherche: Während im Forschungsantrag bereits einschlägige Weinfachzeitschriften ausgewertet wurden, wurde diese Recherche nun verstärkt um relevante Marketingpublikationen erweitert, mit dem Ziel, interessante wissenschaftliche Erkenntnisse aus anderen Branchen auf die Weinbranche anwenden zu können. Hierbei wurden aus mehr als 3.000 Artikeln ca. 100 relevante Publikationen extrahiert und ausgewertet.

- Sekundärdatensammlung: Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde eine detaillierte Analyse und Auswertung der Social-Media-Aktivitäten von Weingütern im Anbaugebiet Pfalz vorgenommen (Drewelies, 2021). Die Arbeit untersuchte für mehr als 600 Weinbaubetriebe in der Pfalz, ob diese Facebook und/oder Instagram nutzen und erhob auch Statistiken zu den Facebook- und Instagram-Accounts der Betriebe, z.B. Anzahl Follower, Abonnenten sowie der Betriebsstruktur (Betriebsgröße in ha, Bio-Anbau).

  Auf Basis der vielversprechenden Forschungsergebnisse aus der Region Pfalz wurde die aufwandsintensive Sekundärdatenrecherche auf alle 13 deutsche Weinanbaugebiete erweitert und methodisch weiterentwickelt.

  Im Zuge einer Webrecherche wird ein Datensatz mit einer repräsentativen Stichprobe von ~1.500 Weinbaubetrieben aufgebaut. Hierbei wird die Extraktion relevanter Social-Media-Kennzahlen, z.B. Likes, Follower auf Instagram/Facebook, nun in einen automatisierten Datenabzug mittels „Web Scraping“ überführt.

- Primärdatenerhebung: Die identifizierten deutschen Weinbaubetriebe aus der vorherigen Webrecherche sollen in der laufenden Projektphase dazu befragt werden, wie sie die sozialen Plattformen in Zukunft als potenziellen Vertriebskanal nutzen möchten und welche Herausforderungen sie hierbei vermuten. Aktuell werden erste Pretest-Studienergebnisse aus der Pfalz herangezogen, um das Erhebungsinstrument der Befragung zu optimieren und in einer flächendeckenden Studie auf die identifizierten Betriebe aus allen Anbaugebieten anzuwenden. Weiterhin soll die Befragung auf Winzergenossenschaften und Weinhändler ausgedehnt werden. Diese Ergebnisse werden zeitnah erwartet.

3. Inhaltlicher Projektfortschritt

Sekundärdaten zur Social-Media-Adoption in der Anbauregion Pfalz:

Die Datenerhebung von Drewelies (2021) (n=672) für die Anbauregion Pfalz zeigt gegenüber den Ergebnissen der Befragung von Szolnoki et al. (2014) eine wachsende Bedeutung der sozialen Medien in der Weinbranche: Während 2014 nur

rund 34 % der befragten Unternehmen der Weinbranche soziale Medien für ihre Kundenkommunikation verwendeten, zeigen die aktuellen Ergebnisse, dass mittlerweile 66 % der betrachteten pfälzischen Weinbaubetriebe auf mindestens einem Social-Media-Kanal aktiv sind. Hierbei haben sich rund 43 % der Betriebe für eine Multi-Channel-Strategie entschieden, d.h. die Betriebe bedienen zwei oder drei Social-Media-Plattformen gleichzeitig. Dabei ist der kombinierte Einsatz von Facebook und Instagram am beliebtesten. Im Plattform-Vergleich wird Facebook von zwei Drittel der Betriebe genutzt (65 %), gefolgt von Instagram (42 %) und YouTube (6 %). Eine detaillierte Betrachtung von Facebook- und Instagram-Kennzahlen offenbart zudem eine sehr unterschiedliche Reichweite der Social-Media-Aktivitäten der pfälzischen Weinbaubetriebe. Es sind sowohl Accounts zu verzeichnen, die noch keinen Follower haben, bis hin zu erfolgreichen Accounts mit über 15.000 Followern auf Instagram und 37.000 Likes auf Facebook. Die ersten Ergebnisse zeigen zudem, dass tendenziell mittelgroße Weinbaubetriebe vermehrt in Social-Media-Aktivitäten investieren (vgl. Ehm / Dumler, 2021).

Als Ausblick auf die Ergebnisse der noch laufenden Forschungsaktivitäten wird die umfassende Sekundärdatenrecherche den direkten Vergleich zwischen allen 13 deutschen Anbaugebieten hinsichtlich ihrer Social-Media-Adoption zulassen.

Neben den analysierten sozialen Medien, hier Facebook sowie Instagram, die aufgrund ihres Vertriebspotentials als Shopping-Plattformen selektiert wurden, wird im Rahmen der Primärerhebung erörtert, welche weiteren Plattformen, aus Perspektive der Weinbaubetriebe selbst, eine zukünftige Relevanz aufweisen.

Primärdaten: Social-Media-Gestaltungsansätze deutscher Weinbaubetriebe

Im Rahmen der Primärdatenerhebung wurde eine Befragung konzipiert, die zum Ende der ersten Projektphase an die rund 1.500 identifizierten Weinbaubetriebe versendet wird. Aktuell befindet sich der Fragebogen in der Pretest-Phase und deckt folgende inhaltliche Themenbereiche der Social-CommerceThematik ab:

- Wichtigkeit (einzelner) Social-Media-Kanäle für Weinbaubetriebe
- Nutzung der Social-Media-Kanäle: Inhalte, Werbung, Medien etc.
- Strategische Zielsetzung der Social-Media- / Social-Commerce-Nutzung
- Implementierung und Umsetzung von Social-Media-Aktivitäten
- Demografische Merkmale: Größe der Betriebe, Mitarbeiter etc.

Die einzelnen Fragestellungen dieser Erhebung sind in der Anlage dargelegt.

Ergänzend konnten im Zuge der Bachelorarbeit von Volz (2020) erste Hinweise für die zweite Projektphase und die systematische Analyse von Social-Commerce-Kampagnen ausgewählter Betriebe gesammelt werden. So bedarf es u.a. noch der Festlegung additiver Kriterien, die eine detaillierte Differenzierung von Social-Commerce- und Social-Media-Kampagnen erlauben.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die Zielsetzung des Forschungsprojektes, ein Erfolgsfaktorenmodell für Social-Commerce-Aktivitäten für die Weinbranche zu formulieren, wird weiterverfolgt. Hierfür werden die im Antrag skizzierten Projekteckpunkte sukzessive umgesetzt und orientieren sich stets am aktuellen Bedarf der Wissenschaft und der Praxis.

Für die Zielsetzung des wissenschaftlichen Forschungsbeitrags wurde bereits ein Abstract mit dem Titel „Social Media adoption in German wineries: Innovators or laggards?“ bei der Academy of Wine Business Research (ABWR) eingereicht. Die Rückmeldung zur möglichen Präsentation der Ergebnisse auf der Konferenz im Juli 2021 steht aus. Des Weiteren ist die Veröffentlichung weiterer Ergebnisse der Forschung in hochrangigen Marketingjournals geplant. Hierfür konnte die Universität Stuttgart und der Marketinglehrstuhl von Prof. Dr. Kühnl dazu gewonnen werden, das Forschungsthema im Rahmen einer Promotion der wissenschaftlichen Mitarbeiterin des Projektes, Monika Dumler, zu unterstützen.

Für die Zielsetzung des Praxisbeitrags ist ein enger Austausch mit Vertretern vom Weingut Korrell und Weingut Günter Gindorf vorhanden. Weitere Kooperationen mit Praxispartnern werden systematisch verfolgt, u.a. im Zuge der Befragung.

Neben den eingangs erwähnten Praxisvorträgen konnten zudem erste Ergebnisse des Forschungsprojekts bereits im Tagungsband der Pfälzischen Weinbautage publiziert werden:

Ehm, L. / Dumler, M. (2021), Instagram und Facebook als Shopping-Plattform nutzen: Entwicklungsperspektiven für die Pfälzischen Weinbaubetriebe, Tagungsband zu den 74. Pfälzischen Weinbautagen, S. 68-71.

5. Quellen

Drewelies, J. (2021), Social-Media-Marketing der Weinbaubetriebe in der Pfalz: Status Quo und Entwicklungsperspektiven (unveröffentlichte Bachelorarbeit).

Ehm, L. / Dumler, M. (2021), Instagram und Facebook als Shopping-Plattform nutzen: Entwicklungsperspektiven für die Pfälzischen Weinbaubetriebe, Tagungsband zu den 74. Pfälzischen Weinbautagen, S. 68-71.

Statista (2020), Umfrage zur Nutzung von Medienkanälen während der Corona-Krise in Deutschland 2020, in: Statista-Dossier zu Auswirkungen des Coronavirus (COVID-19) auf digitale Medien, https://de.statista.com/statistik/studie/id/72511/dokument/auswirkungen-des-coronavirus-auf-digitale-medien, Zugriff am 09.12.2020.

Szolnoki, G., Taits, D., Nagel, M. & Fortunato, A. (2014), Using social media in the wine business: An exploratory study from Germany, International Journal of Wine Business Research, 26 (2), 80-96.

Volz, S. (2020), Social Commerce in der Weinbranche – Status Quo und Umsetzung im sozialen Netzwerk Instagram (unveröffentlichte Bachelorarbeit).

Einfluss der Maischegärung auf die Polyphenolzusammensetzung, die Lagerfähigkeit und den SO_2-Bedarf von Weißwein

Dr. Michael Zänglein

Institut für Weinbau und Oenologie,
Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, An der Steige 15,
97209 Veitshöchheim

Projektlaufzeit: 2016-2020

Bei »Orange Wines« handelt es sich um Wein aus weißen Trauben, der mit Hilfe von Maischegärung hergestellt wird, somit werden Schalen und Kerne während der Weinbereitung nicht abgetrennt. Dieses Verfahren wird normalerweise überwiegend zur Rotweinbereitung eingesetzt. »Orange Wines« vereinen somit Eigenschaften von Rot- und von Weißweinen und sind deshalb nicht eindeutig einer der gängigen Weinarten zu zuordnen. Es fehlt derzeit jedoch an Definitionen um diese Art von Weinen abzugrenzen. Vor Beginn dieser Arbeit waren über die Zusammensetzung und die spezifischen Eigenschaften kaum wissenschaftliche Erkenntnisse verfügbar. Es war jedoch anzunehmen, dass die Maischegärung insbesondere die Polyphenolzusammensetzung verändert, da die Polyphenole vor allem in den festen Traubenbestandteilen enthalten sind und diese im Zuge der Maischegärung stärker in Wechselwirkung mit dem entstehenden Wein treten. Es existierten auch keine gebündelten Daten dazu, welche Philosophie Winzer bei der Herstellung verfolgen und welche Ansichten sie zu verschiedenen Aspekten des An- und Ausbaus verfolgen. Durch die Auswertung einer Befragung unter Winzern war es möglich deren Ansichten abzubilden. Durch Modellversuche mit unterschiedlichen Rebsorten konnte der Einfluss der verschiedenen Traubenbestandteile auf das Polyphenolprofil von maischevergorenen Weißweinen besser verstanden werden. Mit Hilfe von Untersuchungen an eigens ausgebauten Weinen aus zwei Jahrgängen und Weinen aus dem Handel wurde eine umfassende Charakterisierung von »Orange Wines« vorgenommen. Dabei wurden sowohl die Polyphenolzusammensetzung als auch andere spezifische Inhaltsstoffe untersucht. Anhand der selbst ausgebauten Weine konnte verfolgt werden, wie sich die Polyphenolzusammensetzung im Laufe der Weinbereitung ändert. Außerdem konnte der Einfluss verschiedener Gärgebinde und jahrgangstypischer Einflussgrößen verglichen werden. Aus der Kombination von praktischen Erfahrungen und analytischen Ergebnissen

konnten wichtige Erkenntnisse für den Ausbau von »Orange Wines« abgeleitet werden, die in Handlungsempfehlungen an Winzer einfließen können. So wurde beispielsweise die Durchführung einer Maischegärung im Qvevri sensorisch signifikant besser beurteilt als die Durchführung in einem modernen Immervolltank. Somit boten moderne Immervolltanks zwar im Hinblick auf Arbeitsaufwand und Hygiene Vorteile, die Durchführung im Qvevri führte jedoch zu besseren sensorischen Ergebnissen. Ferner konnte durch Versuche herausgefunden werden, dass der Einsatz geringer Mengen Schwefeldioxid bei einem exemplarischen maischevergorenen Wein keine signifikante sensorische Verbesserung erzielte. Aus den analytischen Ergebnissen lassen sich wichtige Erkenntnisse für die Beurteilung von »Orange Wines« schließen. Es zeigt sich beispielsweise, dass neben den Polyphenolen auch Inhaltsstoffe wie Methanol, Kalium, Bernstein- und Shikimisäure durch eine Maischegärung beeinflusst werden können. »Orange Wines« zeigen diesbezüglich Eigenschaften, die zum Teil für Rotweine typisch sind, aber bis dato nicht für Weißweine beschrieben waren. Anhand von 79 »Orange Wines« aus dem Handel konnte eine umfassende Charakterisierung der Polyphenolprofile erstellt werden. Mit Hilfe multivariater Analysemethoden wurde ein statistisches Modell der Polyphenolprofile erarbeitet. Die handelsüblichen Weine wurden auch herangezogen um eine Datenbank von 1H-NMR-Spektren aufzubauen, die ebenfalls mit Hilfe multivariater Analyseverfahren in einem statistischen Modell abgebildet wurden. Mit Hilfe dieser beiden Modelle können »Orange Wine« und herkömmliche Weine voneinander getrennt werden. Das auf den 1H-NMR-Spektren basierende Modell liefert bei der Klassifizierung von Validierungsproben etwas bessere Ergebnisse. Anhand mehrerer Weine konnten Erkenntnisse über die Beschaffenheit der polymeren Polyphenole von »Orange Wines« erlangt werden. Es ist jedoch nicht gelungen mit Hilfe der HPCCC die farbgebenden Eigenschaften eines exemplarischen »Orange Wines« zu isolieren und identifizieren. Mit Hilfe von Modellversuchen konnte ein tieferes Verständnis zu den Einflüssen der Maischegärung hinsichtlich des Polyphenoleintrages ermittelt werden. Eine abschließende Einschätzung zum Schwefelbedarf maischevergorener Weißweine kann an dieser Stelle nicht getroffen werden. Der Schwefelbedarf kann nicht allein auf die benötigte Menge zum Erreichen einer definierten Konzentration freier schwefeliger Säure reduziert werden. Vielmehr müssen die sensorischen Eigenschaften der Weine mit einbezogen werden. Stellvertretend für die sensorischen Veränderungen wurde im Rahmen von Lagerversuchen die Verände-

rung der Farbe untersucht. Im Rahmen dieses Projektes war es nicht möglich herauszufinden ob die enthaltenen und charakterisierten Polyphenole auch in der Lage sind einen Teil der Aufgaben des Schwefeldioxids in Bezug auf den Schutz vor sensorischen Veränderungen während der Lagerung zu übernehmen. Die produzierten Weine können aber für weitere Versuchsreihen genutzt werden z.B. können maischevergorene Weine mit herkömmlichen Weißweinen aus identischem Lesegut verdünnt werden. Dieser Versuchsaufbau wäre in Kombination mit Lagerversuchen dazu geeignet die sensorischen Veränderungen zu erfassen. Daraus könnte abgeleitet werden ob ein erhöhter Polyphenol-Gehalt tatsächlich zu einer besseren Lagerstabilität führt.

Die gewonnenen Erkenntnisse sind sowohl für die Herstellung als auch die Beurteilung von »Orange Wines« wertvoll. Es wird sich in den kommenden Jahren zeigen ob diese Art Wein weiter Bestand hat und ob der Bedarf besteht sie mit Hilfe einer Definition zu beschreiben bzw. deren Herstellung zu reglementieren. Mit dieser Arbeit wurden erste Schritte unternommen und grundlegende Daten ermittelt, die eine Charakterisierung von »Orange Wines« ermöglichen und bei der Erarbeitung einer Definition einfließen können. Für ein umfassenderes Bild und eine bessere analytische Unterscheidung zu herkömmlichen Weißweinen ist es unerlässlich, dass weitere Untersuchungen durchgeführt werden und die erarbeiteten statistischen Modelle erweitert werden.

.

Natürliche Selektion sulfitresistenter Stämme der Weinhefe *Hanseniaspora uvarum (Kloeckera apiculata)* mit verringerter Essigsäurebildung

Prof. Dr. Jürgen J. Heinisch

Universität Osnabrück, FB Biologie/Chemie, Abt. Genetik, Barbarastr. 11, 49076 Osnabrück

Projektlaufzeit: 2020-2023

Dieser kurze Sachbericht stimmt in Teilen mit den Ausführungen überein, die im Verlängerungsantrag bezüglich der bisherigen Arbeiten gegeben wurden.

Frau Fernández Murillo hat erst vor Kurzem mit ihrer Doktorarbeit begonnen (am 1.9.2020), dies unter den erschwerten Bedingungen der Corona-Pandemie, die uns zwingt, im Labor im Schichtbetrieb und damit unter ungewöhnlicher zeitlicher Eingrenzung zu arbeiten. Trotzdem hat sie bereits die meisten der etwa 40 uns vorliegenden Isolate von *H. uvarum* auf ihre Toleranz gegenüber Natriumbisulfit untersucht. Zum Vergleich wurden dabei zwei Stämme von *Saccharomyces cerevisiae* eingesetzt, nämlich ein diploider Laborstamm, von dem wir früher zeigen konnten, dass er bei der Herstellung von Spirituosen kommerziellen Stämmen in nichts nachsteht, sowie die in der Weingärung als Starterkultur häufig eingesetzte Trockenhefe Lalvin EC1118. Diese zeigten in unserem Standard-Wachstumsmedium (YEPD) noch ein gutes Wachstum bei 3,5 g/L bzw. bei 4,5 g/L Natriumbisulfit. Wie erwartet wuchsen dagegen die *H. uvarum*-Isolate nur im Bereich von 1,0-1,2 g/L, sind also deutlich sensitiver. Durch mehrmaliges Überimpfen in steigenden Konzentrationen konnten wir erste Erfolge verzeichnen, sodass einige Isolate auf 1,5 g/L Natriumbisulfit wuchsen. Allerdings stellte sich heraus, dass diese Eigenschaft nicht stabil weitergegeben wurde. Bei jeder neuen Beimpfung von frischem Medium mussten die Zellen über Tage an die erhöhten Sulfitkonzentrationen angepasst werden.

Eine genaue Inspektion der von uns erstellten Genomsequenz zeigte darüber hinaus, dass ein *SSU1*-Gen, das für einen Sulfitexporter codiert und dessen erhöhte Expression in *S. cerevisiae* im Wesentlichen für die Sulfitresistenz verantwortlich ist, in *H. uvarum* nicht existiert. Wir möchten deshalb in 2021 unter anderem untersuchen, ob das Gen aus *S. cerevisiae* zu einer erhöhten Resistenz beitragen kann, wenn es in *H. uvarum* eingebracht wird.

Darüber hinaus hat sich herausgestellt, dass in synthetischem Minimalmedium die Sensitivität gegenüber Natriumbisulfit um etwa den Faktor 10 höher liegt, als in dem bisher von uns verwendeten Vollmedium. Um uns den in der Praxis üblichen Bedingungen anzunähern, stellen wir daher unsere Versuchsreihen auf Medien um, die synthetischen Most verwenden. Dies erlaubt zum einen eine Simulation zu der Weingärung, während zum anderen definierte und reproduzierbare Wachstumsbedingungen gewährleistet werden können.

Im zweiten Teilprojekt zur verringerten Essigsäurebildung konnten wir bezüglich des Einsatzes von Bromkresolgrün als pH-Indikator beim Ausstrich auf entsprechende Platten bereits feststellen, dass es sich für erste Bestimmungen der Säurebildung gut eignet, da die olivgrüne Farbe im Bereich der Hefekolonien in einen fluoreszierenden Gelbton umschlägt. Die Vorversuche zeigten bisher allerdings nur geringe Unterschiede zwischen den sechs getesten Isolaten. Zur genaueren Bestimmung haben wir bereits ein pH-Meter mit einer Elektrode angeschafft, mit der sich auch in kleinsten Volumina von weniger als einem Milliliter der Säuregrad exakt bestimmen läßt. Hier beabsichtigen wir die natürliche Selektion von Stämmen mit verringerter Säurebildung durch die wiederholte Anzucht der uns vorliegenden Isolate, vor allem derjenigen, die sich in den Vortests bereits als vielversprechend erwiesen haben, im Medium mit relativ niedrigen pH-Werten. Wie schon bei den Versuchen zur Sulfitresistenz ist auch hier beabsichtigt, synthetischen Most als künftiges Nährmedium zu verwenden.

ATW-Nr.: 199 FDW-Berichterstattung 2020 KTBL-Titel: I/5

Untersuchungen zur Erosionsvermeidung bei der mechanischen Unterstockbewirtschaftung

Matthias Porten[1)], Dr. Miriam Marzen[2)], Alexander-André Remke[2)]
[1)] DLR Mosel, [2)] Universität Trier

Einleitung

Aufgrund der Bearbeitung in Falllinie besteht für die mechanisierte Unterstockbewirtschaftung die Befürchtung, dass Rinnenerosion gefördert werden könnte. Bezüglich ihres Abtragungs- und damit Schädigungspotentials zählen Rinnen zu den destruktivsten Formen der Bodenerosion. Sie aggregieren den Oberflächenabfluss und können durch die höhere innere Fließgeschwindigkeit entsprechend mehr Material aufnehmen und nachfolgend abtransportieren. Besonders in Zusammenhang mit den in jüngster Vergangenheit immer öfter auftretenden, ortsfesten sommerlichen Starkregenereignissen besitzen vor allem in Steillagen Erosionsrinnen die Kompetenz, dauerhaften und darum ertragsmindernden Verlust von Feinboden und Makronährstoffen zu fördern und auch Wurzelformationen freizulegen.

Zur Untersuchung dreier maschineller Anbaugerätekombinationen (Abb. 3) werden seit 2018 auf Testflächen des Steillagenzentrums des DLR Mosel in den Ortslagen Zeltingen und Kues (Tab. 1) mehrere, teils recht experimentelle Erfassungsmethoden angewandt.

Zum besseren Verständnis der ablaufenden Prozesse kamen sowohl lang- wie auch kurzfristige Erfassungsmethoden wie zum Beispiel der Einsatz von Sedimentfangkästen oder die Durchführung einer Serie von Rinnenspülversuchen zur Anwendung. In Zusammenhang mit den immer trockener werdenden Sommern und den damit auch weniger bindig werdenden Böden, ist in den letzten Jahren die Abtragung von Feinsanden, Schluffen und Tonen durch Wind ins Blickfeld gerückt. Um diesem, in den Mittelgebirgen neuen Aspekt gerecht zu werden, sind im Sommer 2020 erstmals während der Bearbeitung Messungen hierzu durchgeführt worden.

Um die Einordnung der langfristigen Schädigung in etwa überschlagen zu können, wurden Sedimentfangkästen eingesetzt. Ihr Einsatzzweck ist das vollständige Sammeln des abgetragenen Materials. Diese, auch als Feldkästen bezeichneten Edelstahlmulden, ermöglichen "eine quantitative Abschätzung von Abtrags- und Verlustmengen für ein großes Flurstück". Weiterhin wird auch der bearbeitungsinduzierte Abtrag (beispielsweise durch Mitarbeiter in der Rebpflege) mit erfasst. Die anschließende Laboranalyse der entnommenen Proben ist aufgrund der durch COVID-19 verursachten Schließung der Universitätsgebäude, noch nicht zur Gänze durchgeführt.

Die in beiden Testgebieten durchgeführten Tracerversuche dienen in der Regel der Messung von Bewegungsrichtungen, -weiten sowie der Ausweisung von Quell- und Zielgebieten. Hieraus lässt sich etwas über die Energien und deren Ausrichtungen aussagen, die durch die unterschiedlichen Gerätekombinationen in den Boden eingebracht werden.

Die vor Ort eingemessenen Teilchenbewegungen wurden bereits umgerechnet, ausgewertet und warten darauf, in das Gesamtbild aller Versuche einzufließen.

Bodenprofile

Die Bodenprofile wurden im Sommer 2019 durch Mitarbeiter der Abteilung Bodenkunde der Universität Trier aufgenommen und helfen dabei, Prozesse und Gegebenheiten wie bodenphysikalische Eigenschaften, Wasserwegsamkeiten oder evtl. vorhandene Stauschichten zum besseren Verständnis der darauf aufbauenden Erosionsvorgänge ins richtige Licht setzen zu können.

Spülversuche

Ein Spülversuch dient der Gewinnung vergleichbarer Daten zur Prozessdynamik in Erosionsrinnen. In beiden UGs wurden in 2019 Spülversuche vorgenommen, die den Austrag in einem sog. worst-case-scenario prognostizieren helfen. Die Auswertung dieser Daten gestaltete sich schwierig, da in diesem sehr komplexen Versuch Parameter unterschiedlichster Kenngrößen erhoben werden. Die Teilergebnisse werden zum jetzigen Zeitpunkt in einen übergeordneten Kontext gesetzt, um sie mit den übrigen in eine Gesamtschau bringen zu können.

Structure-from-Motion (SfM) Photogrammetrie

Erstmals wurde die Drohne des DLR-Mosel direkt zu Messzwecken eingesetzt. Mit den Bild- und Filmsequenzen konnten Laufzeitmessungen durchgeführt und Orthophotos erzeugt werden. Hierdurch war es möglich, den Rauminhalt von Schwemmfächern an den Unterkanten der Testgebiete zu berechnen und Fließgeschwindigkeiten von eingeleitetem Wasser und den zugegebenen Tracern zu ermitteln. Diese Daten fließen sowohl in die Auswertung der Spülversuche, als auch in die Beurteilung der Sedimentmengen der Fangkästen ein.

Messung der Abtragung durch Wind

Zur Messung der potentiellen Abtragsmenge durch Wind konnte Frau Dr. Marzen, Uni Trier, gewonnen werden. In diesen Versuchen zur Winderosion war der Geräteträger mit einem Probenahmesystem versehen worden, wodurch Messungen des gelösten Feinmaterialanteils während der Bearbeitung und für jede Gerätekombination gelangen.

Winderosion durch Bearbeitung im Weinberg

Die mechanisierte Unterstockbearbeitung ist eine wichtige Managementpraxis des modernen Weinbaus, stellt jedoch auch einen erheblichen Eingriff in die Bodenstruktur dar, dessen Auswirkungen noch nicht geklärt wurden. Während die Unterstockbewirtschaftung auf der einen Seite eine viel geringere Gesamtfläche stört als traditionellere Zeilenbereinigung, ist sie auf der anderen Seite gerade in steileren Lagen eine potentielle Vorformung für Oberflächenabfluss, insbesondere in Zusammenhang mit Starkregenereignissen. Zusätzlich zu dem generellen Anspruch der WinzerInnen, möglichst bodenschonend zu bearbeiten, kommen seit einigen Jahren verstärkt die Auswirkungen des Klimawandels zu den Managementplanungen hinzu, die bereits heute sowohl zu einer Zunahme von Starkniederschlägen als auch zu einer Verlängerung von Trockenperioden führt. Diese verlängerten Trockenperioden können insbesondere in Zusammenhang mit der Unterstockbewirtschaftung zu einer erhöhten Gefahr von Winderosion führen. Winderosion kann je nach Exponiertheit der Fläche und Trockenheit des Bodens hohe Raten an Oberbodenmaterial erfassen und von der Fläche transportieren.

Abb. 1: Winderosion in Zusammenhang mit Bearbeitungserosion (Beispielbild)

Die winderodierbaren Korngrößen sind die kleinen Partikel Feinsande (0,063 - 0,2 mm) Schluffe (0,002 - 0,063 mm) und Tone (<0,002 mm). Diese Situation wird durch die Bearbeitung noch zusätzlich verschärft: auch Korngrößen, die physikalisch aufgrund von innenbürtigen Kohäsionskräften nur schwer durch Wind alleine aus dem Bodenverband herauszulösen sind, die Feinschluffe und Tone, werden dabei in die Luft geschleudert, so dass der Wind sie leicht erfassen kann und nur noch die Transportarbeit leisten muss. Gerade die Schluffe und Tone sind es aber, die nicht nur Bodenstruktur bilden und Wasser halten, sondern vor allem auch Nährstoffe binden.

Es kann daher sogar auf Flächen zu Erosion durch Wind kommen, die eigentlich sehr stabil wären, wie beispielsweise Oberflächen mit einer Steinbedeckung oder begrünte Flächen, möglicherweise auch schon bei geringen Windgeschwindigkeiten. Lange Staubfahnen hinter den Bearbeitungsmaschinen zur Sommerzeit verdeutlichen die Problematik, die sich mittelfristig in Zusammenhang mit der klimawandelbedingt häufiger auftretenden Austrocknung des Oberbodens über das Jahr hinaus eher erweitern wird.

Der Fokus lag bei dieser Studie auf Winderosion in Zusammenhang mit der Unterstockbearbeitung auf den besonders exponierten Steillagenflächen. Gemessen wurde dabei das erodierte Material durch am Fahrzeug angebrachte Sedimentfallen unter drei unterschiedlichen Gerätekombinationen und auf zwei unterschiedlichen Testflächen in Weinbergen des DLR Mosel, Zeltingen und Kues (Abb. 2).

Abb. 2: Standorte Zeltingen (links) und Kues (rechts)

Tab. 1: Kennwerte der Standorte

Standort	Neigung °	Exposition	Temperatur °C	Niederschlag mm/a	Rebe	Bodentyp
Zeltingen	30-35	SSW	11,7	662		Rigosol auf Schiefer
Kues	20-25	SSW	11,1	706		Rigosol auf Schiefer

Als Auslöser für die Winderosion wurde in dieser Studie die maschinelle Bearbeitung des Unterstockbereiches untersucht. Dabei kamen drei unterschiedliche Bearbeitungsgeräte in drei Kombinationen zum Einsatz: Die Rollhacke, der Scheibenpflug und die Fingerkralle.

Abb. 3: Unterstockbearbeitungsgeräte in den Kombinationen a) Rollhacke-Fingerkralle; b) Rollhacke-Rollhacke, c) Scheibenpflug-Fingerkralle

Messmethode

Die Messungen wurden mithilfe von den weltweit als Standard eingesetzten Modifizierten Wilson and Cook (MWAC) Sammlern durchgeführt, die an 4 Positionen in der immer gleichen Art etwa 1 m oberhalb des bearbeiteten Bodens an dem Arbeitsgerät angebracht wurden (Abb. 4).

Die MWAC bestehen aus kleinen PET-Flaschen, in deren Deckel zwei Glasröhrchen eingepasst werden. Diese werden so ausgerichtet, dass der (sedimentbeladene) Luftstrom zur Vorderseite hineinströmt und zum hinteren Rohr hinausströmt, wobei das mitgeführte Bodenmaterial aufgrund der abnehmenden Verwirbelungen und Geschwindigkeit innerhalb der Flasche zurückbleibt. Dieses kann dann auf der Feinwaage ausgewogen und die Masse (g) zur zurückgelegten Strecke (m) bzw. bearbeiteten Fläche (m²) in Bezug gesetzt werden.

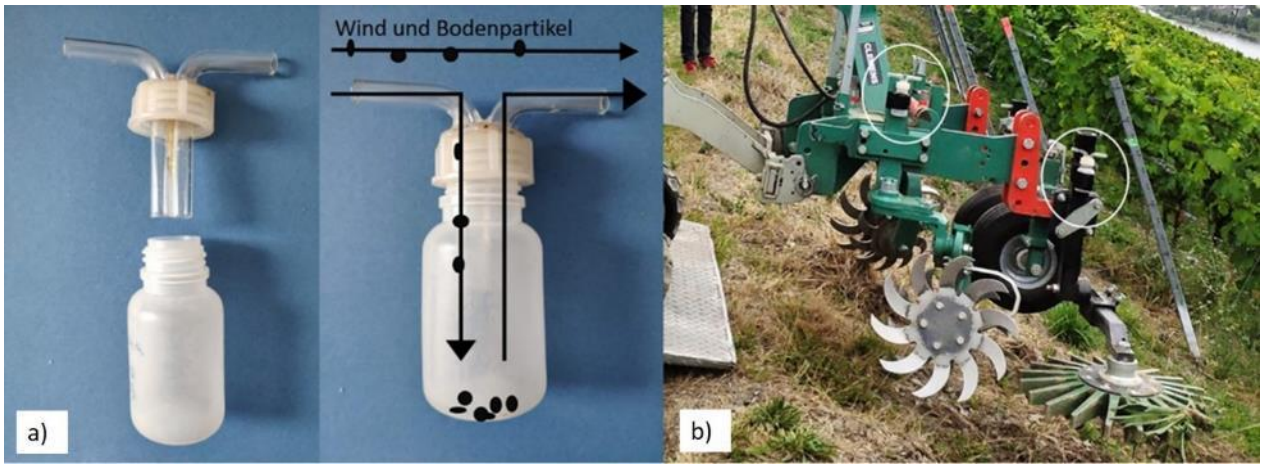


Abb. 4: a) Modifizierte Wilson and Cook Sammler; b) Anbringung der MWACs am Gerät

Dabei wurden zwei Flaschen jeweils weiter vorne, zwei weiter hinten angebracht, woraus sich noch eine weitere Möglichkeit der Analyse des transportierten Materials ergibt.

Als Kontrolle wurden 6 Flaschen in 30 cm Höhe angebracht, die die Erosion durch Wind gemessen haben, die ohne direkte Bearbeitung stattfindet (Kontrolle/Keine Bearbeitung). Dieser Wert wurde über ca. 8 Stunden gemessen, stellt also den Abtrag während eines ganzen Tages dar.

Alle Messungen wurden am selben Tag und innerhalb weniger Stunden auf beiden Flächen gesammelt, wobei die Witterungsbedingungen ähnlich blieben. Der Oberboden war von einem Regen in der vorhergehenden Nacht leicht feucht, es war weitestgehend bewölkt bei einer Temperatur von 15-18 °C mit einer relativen Luftfeuchte von 16,2 bzw. 17,8 % und einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 3,2 bzw. 1,8 m sek^{-1} mit einzelnen Böen bis zu 8,6 bzw. 5,3 m sek^{-1} in 2 m Höhe gemessen (Agrarmeteorologie Rheinland-Pfalz). Dies ist insgesamt eine eher geringe Durchschnittsgeschwindigkeit, die an sich nicht ausreichend

wäre, Winderosion zu initiieren: für feines Bodenmaterial gilt die Schergeschwindigkeit von 4,5 m sek^{-1} an der Bodenoberfläche als minimale Voraussetzung für die Bodenerosion durch Wind.

Auch die leichte Bodenfeuchte und relativ hohe Luftfeuchtigkeit sind Bedingungen, die der potenziellen Winderosion entgegenlaufen. Man kann also davon ausgehen, dass die ermittelten Werte eher unter den geringeren möglichen Abtragswerten liegen, die unter den Versuchsbedingungen erodiert werden können.

Tab. 2: Klimadaten zur Zeit der Versuchsdurchführung (Durchschnittswerte 9-13 Uhr)

Standort Wetterstation	Windgeschwindigkeit m/s	Windspitzen	Temperatur °C	Luftfeuchtigkeit %
Zeltingen	3,2	8,6	16,2	56,6
Bernkastel-Kues	1,8	5,3	17,8	52,3

Ergebnisse

Je vier Sedimentsammler wurden bei der Bearbeitung von je vier Reihen (je 60 m Länge) an dem Gerät angebracht. Die Messwerte werden als Gramm (g) erodiertes Bodenmaterial pro Reihe dargestellt. Es wurden die Faktoren Unterstockbearbeitungsgeräte (1), Standort (2) und Fallenposition (3) analysiert.

1. Der Einfluss der unterschiedlichen Unterstockbearbeitungsgeräte

Die Werte von Kues und Zeltingen wurden dafür zusammen analysiert, so dass jeder Wert aus 8 Einzelmesswerten besteht (Abb. 5).

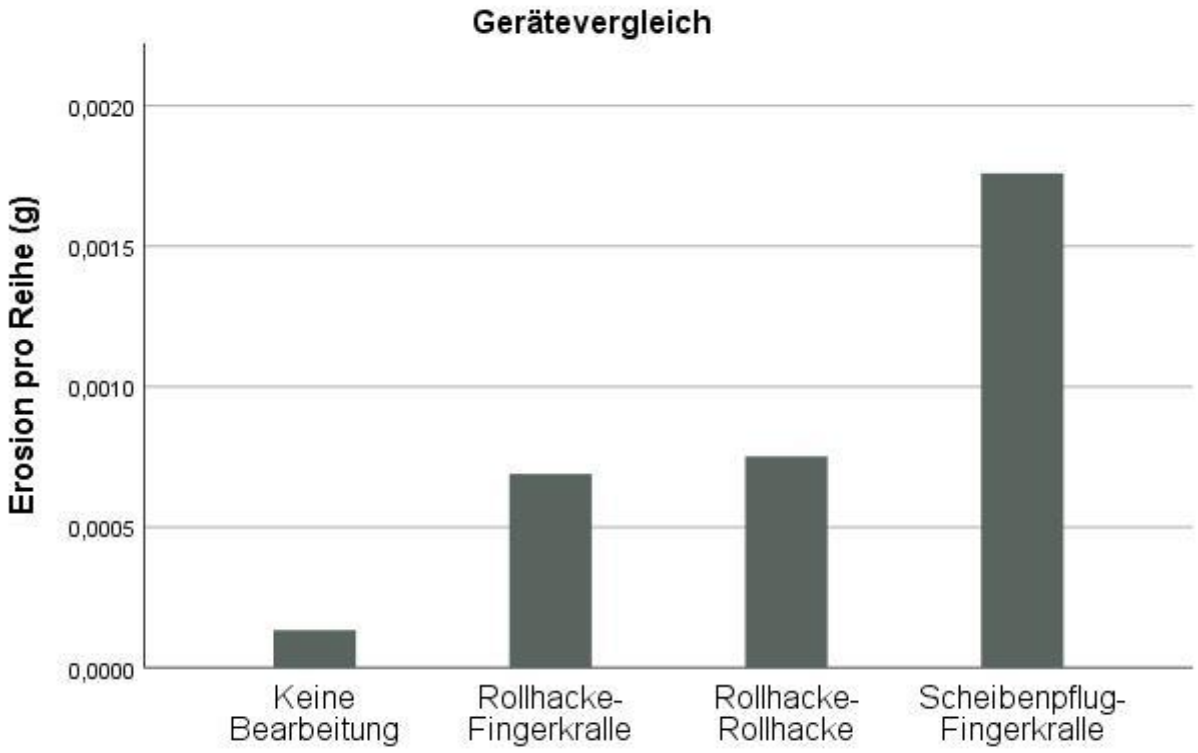


Abb 5: Erosion durch unterschiedliche Gerätekombinationen.

Es ist zu sehen, dass die Variante Scheibenpflug-Fingerkralle etwa doppelt so viel Abtrag produziert wie die beiden anderen Unterstockbearbeitungsgeräte, und zwar sowohl im Mittel als auch in den Höchstwerten. Rollhacke-Fingerkralle produziert etwas höhere maximale Werte als die doppelte Rollhackenkombination, die aber im Mittel etwas höher liegt. Der Kontrollwert zeigt, dass auch auf ohne gleichzeitige Bearbeitung ein leichter Verlust an Bodenmaterial messbar ist.

Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass die Kombination Scheibenegge-Fingerkralle den höchsten Austrag durch Wind ermöglicht, da hier weit höhere Mengen Material in den Sedimentfallen aufgenommen wurden, als bei den beiden übrigen Gerätekombinationen mit Rollhacken.

2. Vergleich der Standorte

Um den Abtrag auf den beiden Steillagen Zeltingen und Kues zu vergleichen, wurden die einzelnen Werte nach diesen Standorten (Abb. 6a) sowie den Gerätekombinationen getrennt aufgetragen (Abb. 6b). Jeder Balken enthält demensprechend 8 Messwerte, jede Box 4 Messwerte.

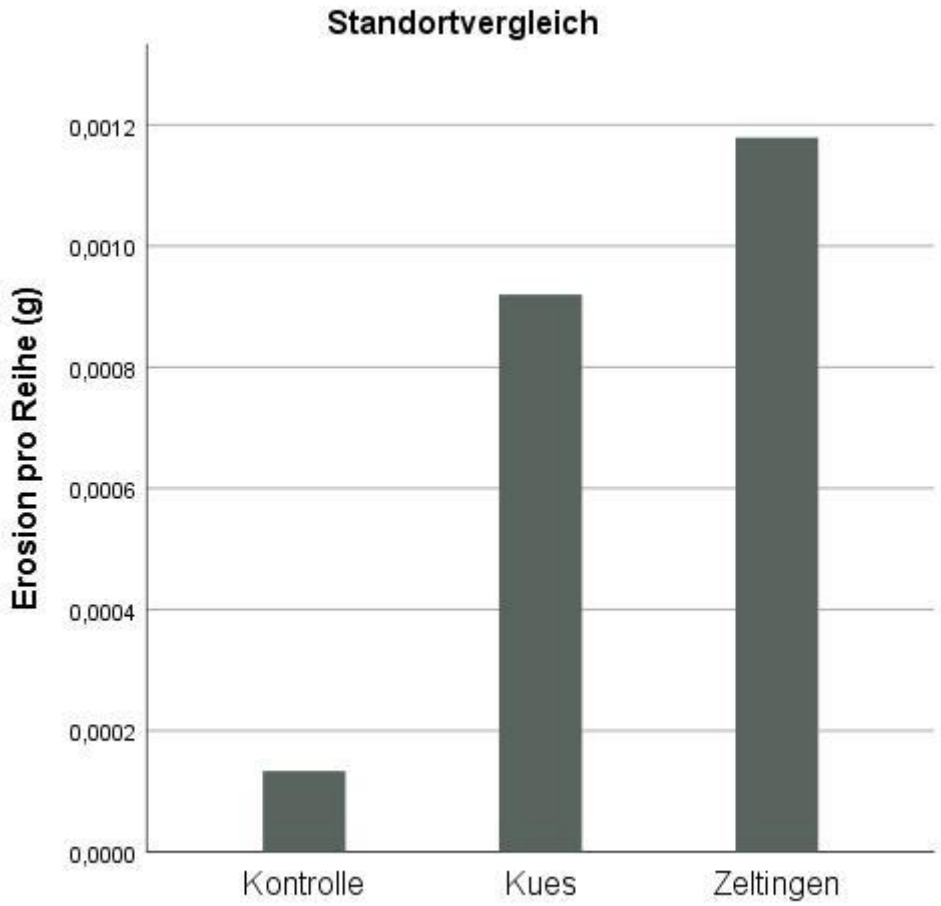


Abb. 6a: Balkendiagramm Abtrag auf den beiden Steillagen Zeltingen und Kues

Beim Vergleich der Standorte fällt auf, dass die Fläche Zeltingen etwas mehr Erosion produziert hat als die Fläche Kues, die am selben Tag unter derselben Großwetterlage untersucht wurde. Die standörtlichen Unterschiede bezüglich der Bodenbedingungen, beispielsweise des Steingehaltes, sind hierbei wahrscheinlich die wichtigsten Faktoren. Auch die Unterschiede in der Windintensität könnten dabei eine Rolle spielen, diese kann jedoch nicht genau quantifiziert werden.

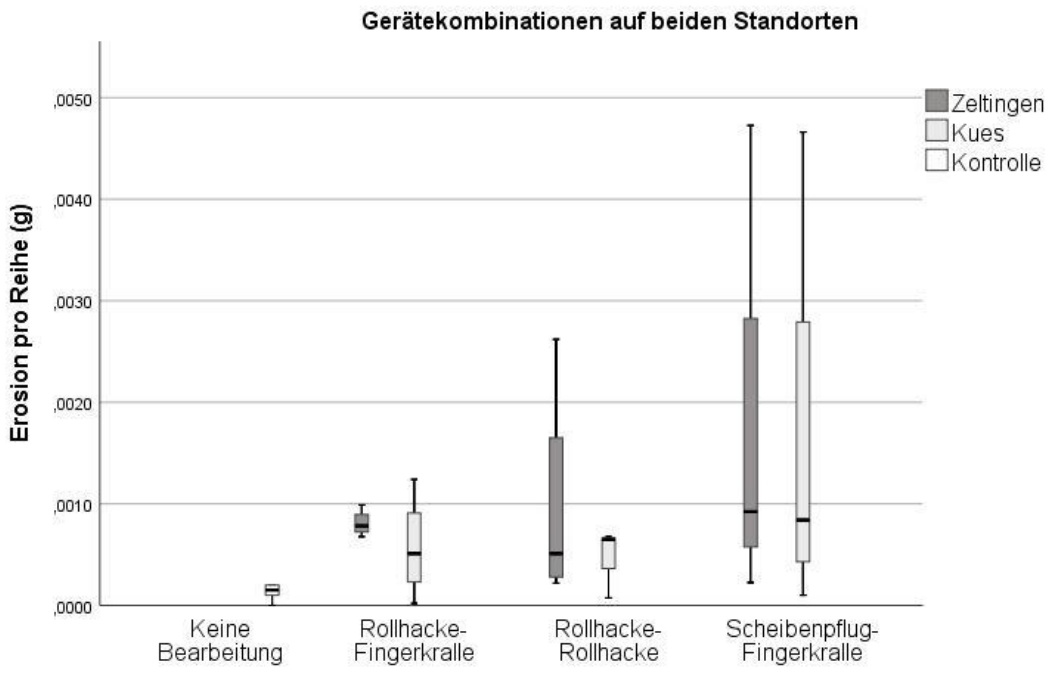


Abb. 6b: Abtrag auf den beiden Steillagen Zeltingen und Kues nach Gerätkombination

Bezüglich des Verhaltens der Böden auf die unterschiedlichen Gerätekombinationen kann man dieser Grafik entnehmen, dass Zeltingen und Kues keine signifikant unterschiedlichen Werte produzieren. Deutlich ist hierbei vor allem, dass die Variante Scheibenpflug-Fingerkralle auf beiden Standorten annähernd die gleichen Erosionsmengen und auch die höchsten Werte produziert.

3. Vergleich des gemessenen Abtrags an den unterschiedlichen Fallenpositionen

Die Sedimentfallen MWACs wurden an 4 Positionen angebracht, von denen 2 weiter vorne und 2 weiter hinten am Gerät angebracht wurden (Abb. 4). Um zu vergleichen, ob an den unterschiedlichen Positionen unterschiedlich viel Material gemessen wurde, wurden die einzelnen Messwerte pro Postion aufgetragen (Abb. 7). Jede Box beinhaltet dabei 4 Messwerte.

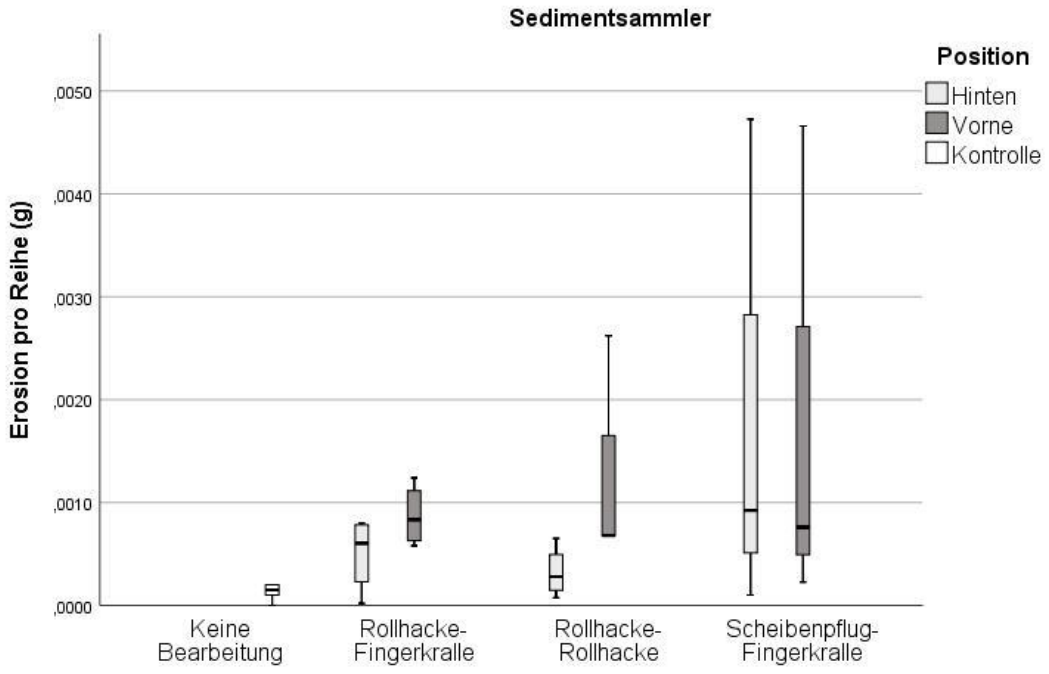


Abb. 7: Abtrag in Zusammenhang mit Fallenposition

Beim Vergleich der Positionen, an denen die Winderosionsfallen MWAC jeweils am Bearbeitungsgerät angebracht wurden, fällt auf, dass für die Gerätekombinationen mit der Rollhacke die hinteren Fallen deutlich weniger Material aufgefangen haben als die vorne angebrachten Fallen. Im Falle der Scheibenpflug-Fingerkrallen-Messungen fangen die hinteren Fallen allerdings etwas mehr Material. Dies kann einmal damit zusammenhängen, an welcher Stelle des Tragegerüstes welches Gerät angebracht ist, aber auch damit, wie weit das jeweils aufgewirbelte Bodenmaterial durch Wind transportiert wird bzw. welcher Prozentsatz des aufgewirbelten Bodens von Wind erfasst und von der Weinbergsfläche wegtransportiert wird.

Zusammenfassung – Winderrosion

Die unterschiedlichen Geräte zur Unterstockbearbeitung wurden in Hinblick auf ihre Einwirkung auf die Bodenerosion durch Wind untersucht. In einer kleinen Studie wurde das durch das Gerät aufgewirbelte Bodenmaterial in Sedimentsammlern aufgefangen, die während der Bearbeitung direkt an der Bearbeitungsmaschine angebracht waren. Es konnte dabei festgestellt werden, dass eine Gerätekombination, die aus Scheibenpflug und Fingerkralle besteht, besonders viel

Bodenmaterial aufwirbelt, das durch Wind erfasst und transportiert werden konnte.

Die Rollhacke-Kombinationen scheinen jeweils nur halb so viel Abtrag zu produzieren (Abb. 8). Wichtig in dem Zusammenhang ist auch, die jeweilige Leistung der Geräte zu beachten.

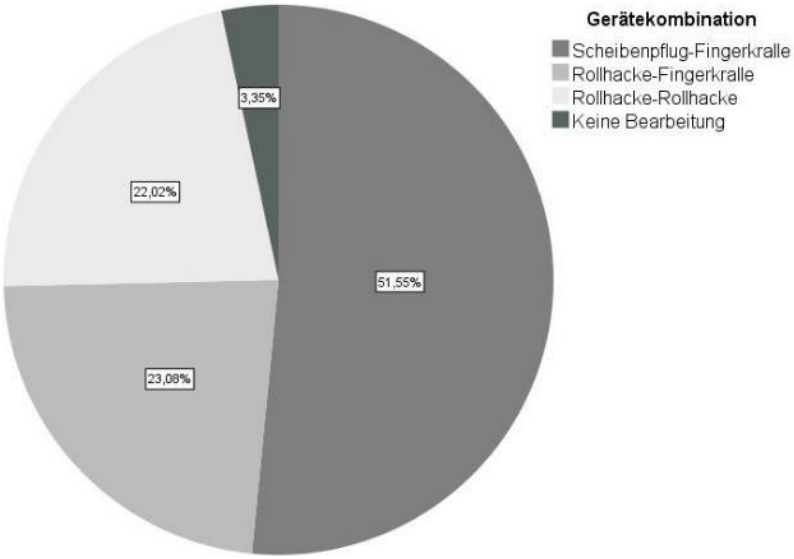


Abb. 8: Anteil jeder Gerätekombination an der gesamten gemessenen Erosion

Ausblick

Durch die Vielzahl der unterschiedlichen Messmethoden gestaltet sich die Gesamtergebnisfindung recht schwierig. Ein Zwischenergebnis zeigt aber, dass die Bearbeitung mit Fingerkrallen sehr schonend hinsichtlich des Eingriffes in den Boden sind. Daher werden in einem größeren Versuch Soloanwendungen der Fingerkrallen im nächsten Versuchsjahr untersucht werden, um diese schonende Methode noch zu beleuchten. Da die Teilergebnisse der bisherigen Gerätekombinationen nicht alle in eine gemeinsame Richtung weisen, steht am Ende des Projektes eine umfangreiche Analyse der Datenlage. Die aus allen Einzelmaßnahmen erhaltenen Teilergebnisse werden in den letzten Monaten diesen Jahres zu einem Gesamtbild zusammengefügt und auf die Ausgangsfrage „Welche Gerätekombination ist am wenigsten erosionsfördernd?“ hin interpretiert. Diese abschließende Interpretation geschieht in enger Zusammenarbeit mit den im Pro-

jekt involvierten Fachleuten des DLR Mosel, um am Ende eine möglichst praxisnahe Handlungsempfehlung herausgeben zu können, die vielleicht auch auf eine Soloanwendung der Fingerkralle hinläuft. Von daher müssen die Ergebnisse im großen Anwendungsversuch im DLR Mosel abgewartet werden, um diese Praxisempfehlung für den Steilhang aussprechen zu können.

ATW-Nr.: 203 FDW-Berichterstattung 2020 KTBL-Titel: I/2

Untersuchungen über alternative innovative Bearbeitungsmöglichkeiten zur Unterstockbodenpflege

Dr. Matthias Petgen, Oliver Kurz
DLR Rheinpfalz

Im vorliegenden Beitrag werden die Versuchsergebnisse aus dem Jahr 2019 beschrieben. Die umfangreichen Daten wurden im Rahmen einer Bachelor-Thesis von Pascal Bengel vom Weincampus Neustadt generiert. Die Versuchsvarianten wurden analog zum Vorjahr 2018 beibehalten und entsprechend der in Tabelle 1 aufgeführten Anzahl der Behandlungen durchgeführt. Wie bereits 2018 berichtet, wurde die Heißwasser-Behandlung aufgrund des hohen Energie- und Wasserverbrauchs nur noch teilweise berücksichtigt. Nach der ersten Behandlung wurde aus organisatorischen Gründen der Aufwuchs im Unterstockbereich einheitlich mit einem Freischneider abgemäht. Die Ergebnisse aus dem aktuellen Jahr werden im Rahmen des Abschlussberichtes in 2021 publiziert.

Tab. 1: Übersicht der Versuchsvarianten:

Varianten	Abkürzungen	Versuchsdurchführung
Kontrolle	KO	-
Glyphosat	GL	1 Behandlung (jeweils 0,5 ml/m^2 Durano® TF)
Mechanisch	MECH	3 Durchfahrten Scheibenpflug Fa. Rust
Pelargonsäure	PSR	2 Behandlungen (Beloukha®)
Heißwasser Fa. Unkauf	HW	1 Durchfahrt
Pelargonsäure + Katana	PSR+KAT	1 Behandlung (Belouka® + Katana®)[1)]
Elektrische Spannung, Electroherb	ELEKTR	2 Einsätze (Fa. Zasso, „Electroherb“)

Erste Behandlungen erfolgten im Zeitraum vom 24.04. – 06.05.2019
Zweite Behandlungen vom 13. – 28.06.2019
Dritte mechanische Behandlung sowie Pelargonsäure am 19.08.2019
[1)] Die zweite und dritte Behandlung erfolgte aus Zulassungsgründen ohne Katana-Zusatz

Witterung 2019

Das Jahr 2019 war ähnlich trocken wie in 2018 und die Durchschnittstemperaturen in den Sommermonaten lagen häufig über dem langjährigen Mittel. Die Niederschlagssumme im Zeitraum vom 01.04. – 30.09.2019 lag bei 235 mm/m^2 (in 2018 219 mm/m^2). In den Monaten April und Mai führten gelegentliche Niederschlagsereignisse zu einer Förderung des Beikrautaufwuchses. Im Zeitraum vom 19. Juni 2019 bis Ende August wurde an 14 Tagen eine Tagesdurchschnittstemperatur von über 25 °Celsius erreicht. Dies führte bei gleichzeitig geringen Niederschlägen kaum zu einem starken Aufwuchs im Unterstockbereich. Aufgrund logistischer Probleme konnten die Behandlungen nicht immer zum gleichen Zeitpunkt durchgeführt werden.

Stockinseln

Unter einer Stockinsel versteht man den Beikrautbewuchs unmittelbar am Rebstamm, der vor allem bei mechanischer Unterstockbodenbearbeitung Probleme bereitet und in die Traubenzone einwachsen kann. Die Aufwuchsbewertung zwischen zwei Rebstöcken bzw. am Stock direkt wurde immer vor bzw. nach einer Behandlung durchgeführt. Die Methodik hierzu wurde bereits in den Kurzberichten aus 2018 und 2019 näher beschrieben. In Abbildung 1 sind die Ergebnisse der Aufwuchshöhe (jeweils wurde der höchste Wert berücksichtigt) direkt am Stock an drei Boniturterminen jeweils vor und nach einer Behandlung dargestellt. Es wurden sowohl intakte als auch abgestorbene Pflanzen (Streu) bei der Auswertung berücksichtigt. Bereits zu Versuchsbeginn im Frühjahr gab es hinsichtlich der maximalen Aufwuchshöhe Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten, die sich durch die beiden vorherigen Versuchsjahre erklären lassen. Durch die zeitliche Verzögerung der Versuchsdurchführungen einzelner Varianten und damit einem erschwerten Vergleich zwischen den Varianten wurde der Aufwuchs am 23.05.2019 komplett zurückgeschnitten. Dies erklärt die großen Unterschiede des Aufwuchses zwischen dem zweiten und dritten Termin. Etwa Mitte Juli war der Aufwuchs in der „ELEKTR“-Variante von 37 auf 20 cm reduziert. Sowohl bei der Herbizid- als auch der mechanischen Variante konnten nur marginale Unterschiede festgestellt werden. Der höchste Aufwuchs wurde in der Kontrolle mit einer Kriech-Quecke mit einer Höhe von 91 cm dokumentiert. Auffällig war die

deutliche Zunahme in der Aufwuchshöhe in der Heißwasservariante. Der Bekämpfungstermin war bereits zu spät, so dass die vorhandenen Beikräuter keinerlei Schäden aufwiesen und weiter gewachsen sind.

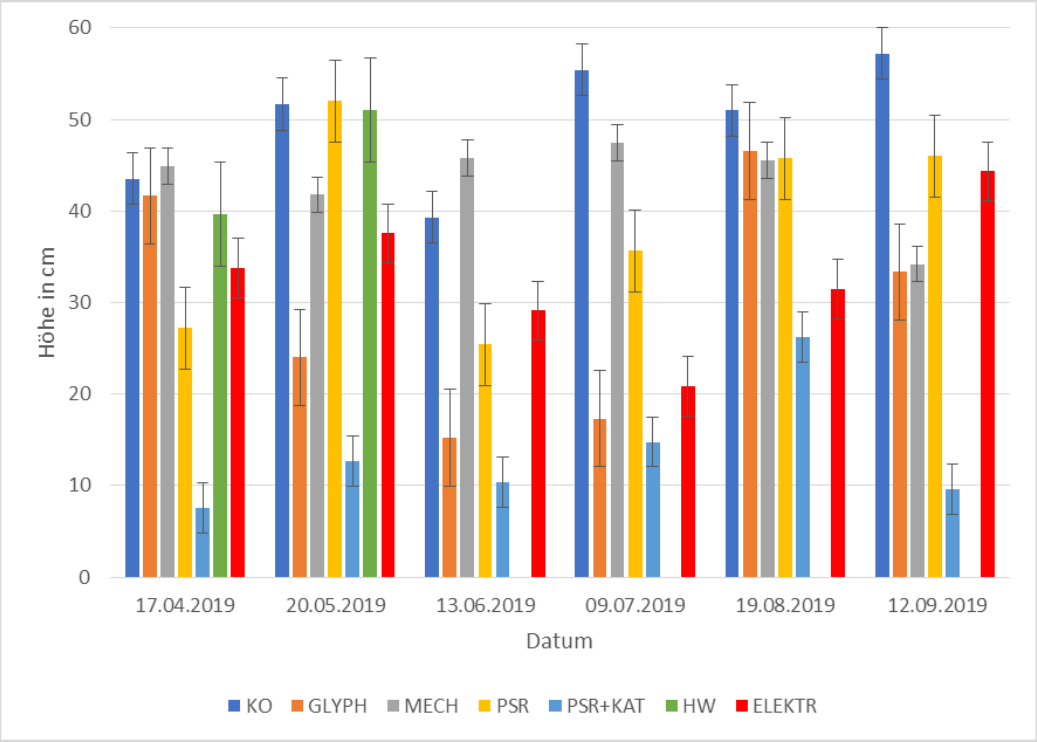


Abb. 1: Mittelwerte des höchsten Aufwuchses in cm unmittelbar am Rebstock zwischen den verschiedenen Versuchsvarianten vor bzw. nach den Behandlungen (keine Unterscheidung in abgestorbene und intakte Pflanzen); n=3 mit je 3 Messstellen, ±1SD

Zwischenstockbereich

In den Abbildungen 1 und 2 sind der Bedeckungsrad im Unterstockbereich zwischen zwei Rebstöcken, unterteilt nach Boden, Streu und Beikraut, einmal vor der ersten Behandlung (17.04.2019) und zwei Wochen danach (20.05.2019), dargestellt. Wie erwartet stieg in der Kontrollvariante der Anteil von intaktem Beikraut von 40 % auf 61 %. Der Herbizideinsatz durch Glyphosat zeigte Wirkung und der abgestorbene Streuanteil stieg von 11 % auf 27 % an. Die Variante ELEKTR zeigte die größte Veränderung nach dem ersten Behandlungstermin. Der Streuanteil stieg von 9,6 % auf 38,3 %. Der Anteil des intakten Beikrauts sank von 66 % auf 16,4 %. Auch der Anteil des Bodens lag nach der Behandlung mit 45,2 % rund zwanzig Prozent höher als vor der Behandlung (24,4 %). Bei der Variante PSR konnten nur geringe Veränderungen zwischen dem ersten und zweiten Boniturtermin ermittelt werden. Die Variante PSR+KAT zeigte bereits am

Anfang der Bonitur im Frühjahr einen geringeren Beikrautbewuchs als die restlichen Varianten. Vor der ersten Behandlung lag der Bodenanteil bei 68 %, der Streuanteil lag bei 8,6 % und lediglich 23,4 % waren von intaktem Beikraut bedeckt. Durch die Behandlung mit Katana in Verbindung mit Pelargonsäure konnte der begrünte Anteil des Zwischenstockbereiches auf lediglich 9,7 % reduziert werden. Der Streuanteil änderte sich geringfügig, während der Anteil an Boden auf 84 % erhöht wurde. Wie bereits erwähnt wurde die Heißwasserbehandlung nach dem ersten Termin nicht mehr durchgeführt. Die zweite Behandlung der anderen Varianten fand zwischen dem 13. Juni und 9. Juli (dritter und vierter Boniturtermin) statt.

Abb. 2: Im Versuchsjahr 2020 konnte ein speziell für den Weinbau entwickelter Applikator verwendet werden. Der Applikator der Fa. Zasso wurde an einem Geräteträgerrahmen der Fa. Clemens im Frontanbau montiert.

Die dritte Behandlung der Varianten fand zwischen dem 19. August und 12. September (fünfter und sechster Boniturtermin) statt. Zu erwähnen ist, dass bei der Variante GLYPH keine weitere Behandlung zwischen drittem und viertem Boniturtermin stattfand. Auch in der Variante ELEKTR fand zwischen dem fünften und sechsten Termin keine Behandlung statt. Vor dem dritten Boniturtermin wurde bei der Variante ELEKTR ein Bodenanteil von 60,6 % ermittelt. Der Streuanteil lag bei 24 % und der Anteil des intakten Beikrauts lag bei 15,4 %. Nach der Behandlung, die am 28. Juni stattfand, wurde der Zwischenstockbereich am 9. Juli erneut bonitiert. Hier wurde ein Bodenanteil von 83,9 % ermittelt. Der Streuanteil lag nach der Behandlung bei 15 %, während der Anteil des intakten Beikrauts

lediglich ein Prozent ausmachte. Obwohl die Variante GLYPH am zweiten Behandlungstermin nicht behandelt wurde, sank der Anteil des intakten Beikrauts. Der Bodenanteil stieg dementsprechend. Bei der Variante MECH konnte die größte Veränderung des Bedeckungsgrades bei der zweiten Behandlung festgestellt werden. Der Anteil des Bodens stieg von 42,9 % auf 85,1 %. Der Streuanteil sank geringfügig von 13,2 % auf 11,7 %, während der Anteil des Beikrauts von 44 % auf 3,2 % erheblich sank. Bis zum fünften Boniturtermin am 19. August wurde ein erneuter Aufwuchs des Beikrautbestandes festgestellt. Der begrünte Anteil lag an diesem Termin wieder bei 44,7 %. Folglich wurde ein geringerer Bodenanteil von 52,7 % festgestellt. Durch die dritte Behandlung mit dem Scheibenpflug konnte eine erneute Abnahme des intakten Beikrauts bei der Abschlussbonitur ermittelt werden. Dieser lag bei 23,2 %. Der Bodenanteil der Variante MECH lag bei der Abschlussbonitur bei 66 %, der Streuanteil bei 10,8 %. Die Variante PSR wies am dritten Boniturtermin einen Bodenanteil von 59,2 % auf, der Streuanteil lag bei 16,5 % und der begrünte Anteil bei 24,2 %. Durch die Behandlung mit Pelargonsäure am 17. Juni konnte am vierten Boniturtermin ein Bedeckungsgrad des Bodens von 75,4 % erreicht werden. Der Anteil des intakten Beikrauts sank auf 10,5 %, während der Streuanteil nur geringfügig auf 14,1 % sank.

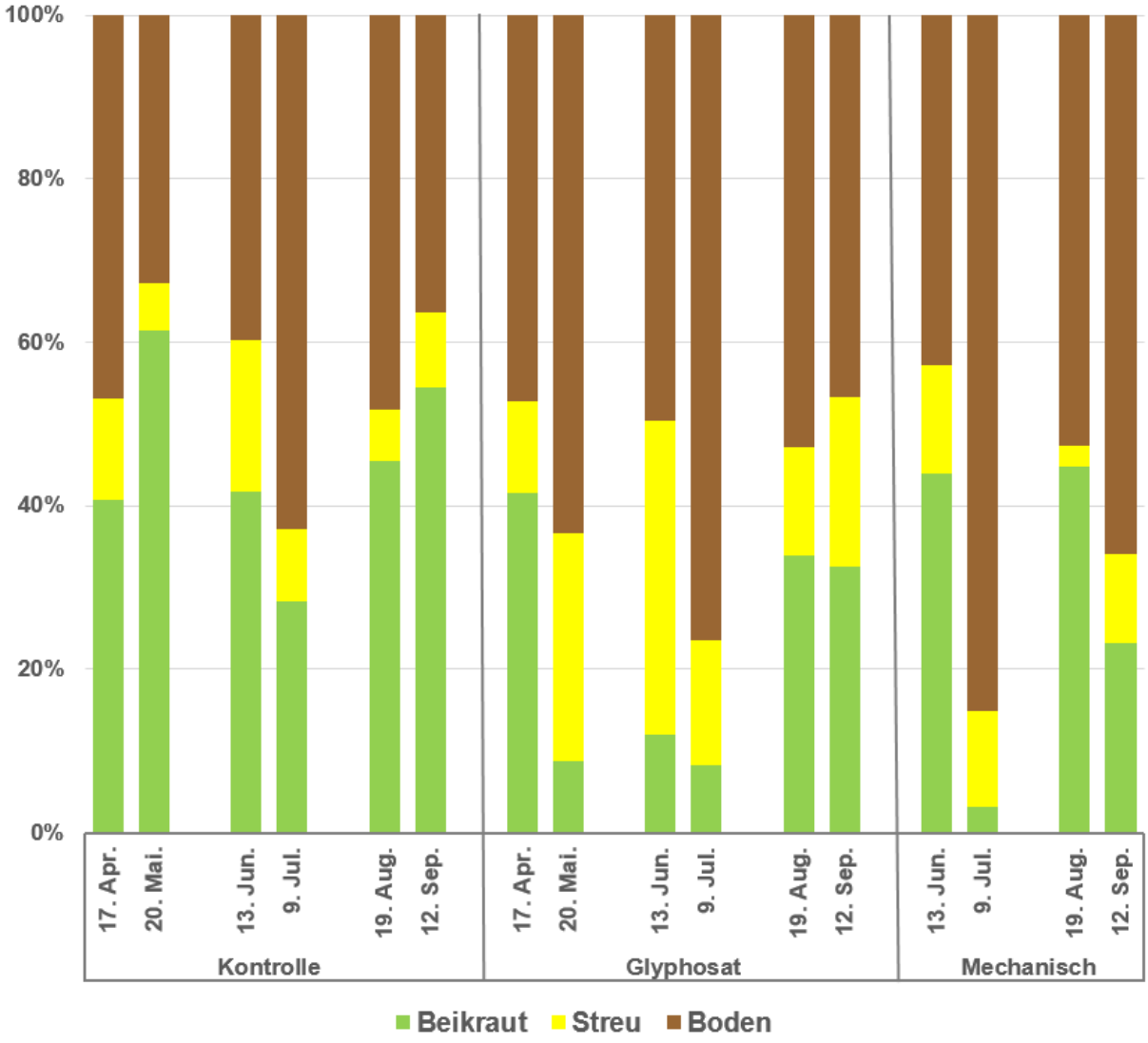


Abb. 3: Aufwuchsbewertung im Zwischenstockbereich der Versuchsvarianten Kontrolle, Glyphosat sowie Mechanisch, vor und nach dem zweiten bzw. dritten Behandlungstermin. Dargestellt ist das prozentuale Verhältnis von Boden, Streu und Beikraut (Mittelwerte n=3 mit je 3 Messstellen)

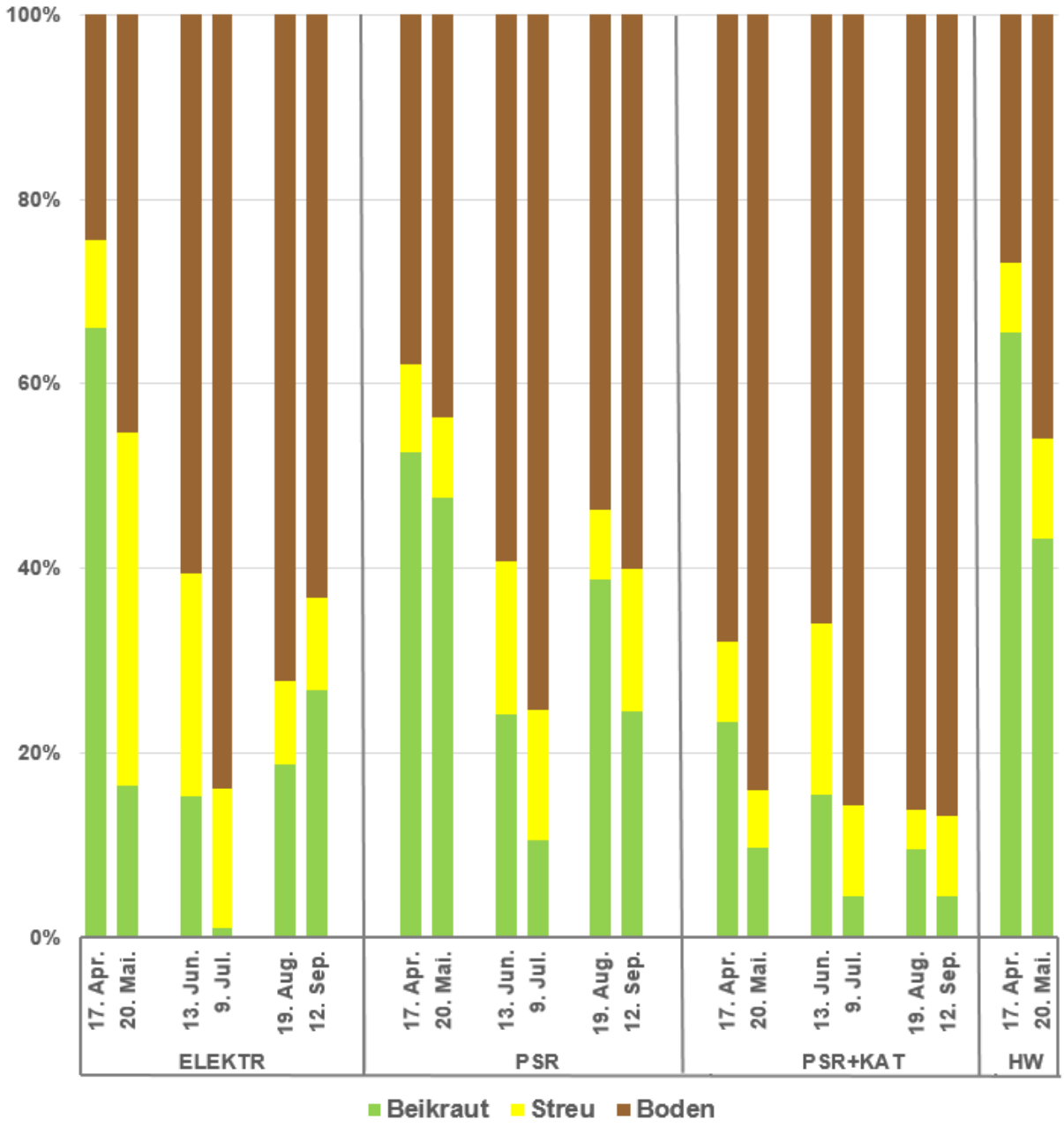


Abb. 4: Aufwuchsbewertung im Zwischenstockbereich der Versuchsvarianten Eletroherb, Pelargonsäure (PSR), Pelargonsäure + Katana (PSR+KAT) sowie Heißwasser, vor und nach dem zweiten bzw. dritten Behandlungstermin. Dargestellt ist das prozentuale Verhältnis von Boden, Streu und Beikraut (Mittelwerte n=3 mit je 3 Messstellen*)*

Wie bei den Varianten MECH und KO ist auch bei der Variante PSR ein Aufwuchs des Beikrautes zwischen dem vierten und fünften Boniturtermin zu erkennen. Der Anteil des intakten Beikrauts stieg auf 38,8 %, während der Bodenanteil dementsprechend auf 53,6 % sank. Die letzte Behandlung mit der Pelargonsäure hatte einen geringeren Einfluss auf den Bedeckungsgrad als die zweite Behandlung. Der Anteil des intakten Beikrauts sank von 38,8 % auf 24,5 %. Gleichzeitig stieg der Streuanteil von 7,6 % auf 15,3 %. Der Anteil an Boden wurde durch die dritte

Behandlung der Variante PSR von 53,6 % auf 60,1 % angehoben. Bei der Variante PSR+KAT wurde an allen vier Boniturterminen der größte Anteil des Bodens am Bedeckungsgrad ermittelt. Am dritten Boniturtermin lag der Bodenanteil bei 66,0 %. Der Beikrautanteil machte 15,4 % und der Streuanteil 18,6 % am Bedeckungsgrad aus. Zu erwähnen ist, dass die zweite und dritte Behandlung der Variante PSR+KAT nur mit Pelargonsäure als Soloanwendung erfolgte, da die gesetzliche Höchstmenge des Herbizids Katana sonst überschritten worden wäre. Am vierten Boniturtermin konnte eine Steigerung des Bodenanteils auf 85,7 % festgestellt werden. Gleichzeitig sanken der Anteil des intakten Beikrauts auf 4,5 % und der Anteil von Streu auf 9,8 %.

Bodentemperatur und Stickstoff

Die Auswertung der Bodentemperaturen in zwei und zehn Zentimetern bestätigten die Ergebnisse aus 2018, bei denen offene Böden ohne sichtbaren Bewuchs sich schneller erwärmten und höhere Temperaturen hinterließen. Dies belegten die Auswertungen in den Varianten ELEKTR, GLYPH sowie PSR+KAT und könnten Auswirkungen auf die Dynamik der Stickstofffreisetzung haben. Je wärmer der Boden sich erwärmt, desto schneller finden Nitrifikationsvorgänge statt.

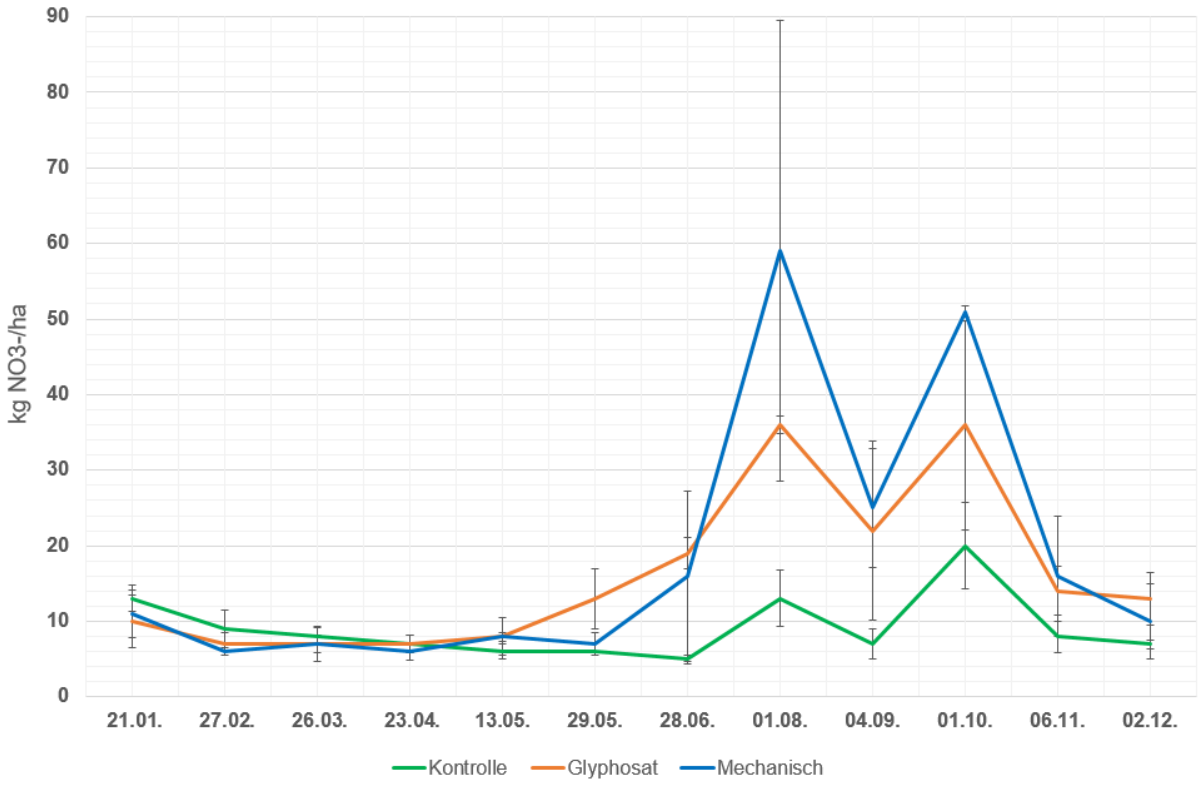


Abb. 5: N_{min}-Gehalte (in kg NO_3-N/ha) im Unterstockbereich aus den Varianten Kontrolle, Glyphosat sowie Mechanisch (n=3 mit je 3 Einstichstellen) im Versuchsjahr 2019.

Um den Einfluss der in der Praxis etablierten Unterstockbodenpflegeverfahren auf die Freisetzung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs zu erfassen, wurden im Untersuchungsjahr 2019 regelmäßig im Abstand von etwa vier Wochen Bodenproben in 30 cm Tiefe aus dem Unterstockbereich entnommen und auf deren N_{min}-Gehalte untersucht. In den untersuchten Varianten KO, MECH sowie GLYPH konnten zum ersten Untersuchungstermin zum 13.05.2019 keine erhöhten N_{min}-Gehalte festgestellt werden. Dagegen führte die zweite Behandlung mit dem Scheibenpflug zu einem deutlichen Anstieg des pflanzenverfügbaren Stickstoffs. Auffällig war der ebenso hohe Anstieg in der Herbizidvariante (GLYPH). Dies kann durch die höheren Bodentemperaturen, hervorgerufen durch den fehlenden Bewuchs, erklärt werden. Der höchste N_{min}-Wert wurde mit 59 kg NO_3- in der offen gehaltenen Variante am 01.08.2019 generiert. Die mehrfache Bodenbewegung führt zu einer verstärkten Lockerung und Belüftung des Unterstockstreifens, was wiederum die Geschwindigkeit der Stickstofffreisetzung erhöht. In der Messung vom 04.09.2019 wurden niedrigere N_{min}-Werte gemessen. Die Ernte der Versuchsfläche erfolgte am 26. September. Die darauffolgende letzte Beprobung vom 01.10.2019 zeigte wieder einen Anstieg des pflanzenverfügbaren Stickstoffs. Die Rebe nimmt zu diesem Zeitpunkt keinen Stickstoff mehr auf. Empfehlenswert ist in der Folge eine Winterbegrünung in der Rebgasse, deren Pflanzen wiederum den Stickstoff nutzen und damit einen wichtigen Beitrag zum Wasser- und Bodenschutz leisten. Sowohl bei den Mostanalysen (FTIR), den Stockerträgen sowie bei der Botrytisbonitur an den Trauben wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt, weshalb die Daten nicht vorgestellt werden.

Fazit

Wie erwartet konnte der Einsatz von Durano TF mit dem Wirkstoff Glyphosat den Unterstockbereich vor Beikräutern sehr effektiv freihalten. Das mechanische Freihalten des Unterstockbereichs mit Hilfe des Scheibenpflugs ist von der Anzahl der Überfahrten sowie vom Grad der Verunkrautung abhängig. Ist der Bewuchs beim ersten Einsatz schon weit fortgeschritten, ist der Erfolg der Beikrautbekämpfung nur mäßig. Die Wirkung der Pelargonsäure war nicht immer ausreichend und stellt den großflächigen Einsatz, auch bedingt durch die hohen Kosten von 290€/ha, in Frage (PETGEN UND KURZ, 2019). Ähnlich wie 2018 waren die

Versuchsergebnisse der Electro-herb-Variante sehr aussagekräftig. Mit nur zwei Behandlungen traten auch im Spätjahr keine weiteren Neuverunkrautungen auf. Bei dem „Electroherb-Verfahren“ der Fa. Zasso wurde bisher mit einem handgeführten Prototyp gearbeitet. Die Firma Zasso hat seit dem Frühjahr 2020 ein schleppergeführtes Gerät eingesetzt, welches über einen beweglichen Spannungs-Applikator verfügt, der in den Unterstock ein- und ausschwenken kann. Der im Frontanbau von der Fa. Clemens konstruierte Anbaurahmen kann beidseitig den Unterstockbereich bearbeiten. Der Einsatz im Jahr 2020 verlief sehr vielversprechend. Mittlerweile ist ein beidseitiges Arbeiten bei einer Fahrgeschwindigkeit von etwa 3 km/h möglich. Aufgrund der Unwirtschaftlichkeit des Heißwasser-Verfahrens wurden die beiden Varianten 2020 durch die Langwellenbürste der Fa. Braun ersetzt. Hierbei wurden zwei Fahrgeschwindigkeiten unter praxisnahen Bedingungen geprüft. Die Ergebnisse zu Wirtschaftlichkeit, Wirkungsgrad hinsichtlich Beikrautbekämpfung, Enfernen der Stocktriebe sowie auftretende Stockverletzungen werden im Abschlussbericht im Frühjahr 2021 publiziert.

Literaturverzeichnis

BRAUN-BLAQUET. J (1964) Pflanzensoziologie. Wien, New York

KURZ, O. UND PETGEN, M. (2020): Innovative Beikrautbekämpfung -Unterstockbodenpflege 4.0. Rebe und Wein Weinbau 05, S. 10-13.

BENGEL, P. (2020): Vergleichende Untersuchungen über innovative und etablierte Methoden in der Unterstockbodenpflege. Bachelorthesis Weincampus Neustadt.

ATW-Nr.: 207 FDW-Berichterstattung 2020 KTBL-Titel: I/08

Aromamigration aus Dichtungsmaterialien bei Weinmischgetränken

Dr. Maximilian Freund
Hochschule Geisenheim University

Ausgangssituation

In Folge der zunehmenden Beliebtheit aromatisierter, weinhaltiger Mischgetränke nimmt deren Herstellung auch in kleinen und mittelständischen Weinkellereien und Weingütern zu. Gleichzeitig findet die Lebensmittelüberwachung immer mehr Rückstände von zugesetzten Aromakomponenten in Weinen, die trotz nachweislicher Reinigung nach guter fachlicher Praxis über eine Verschleppung aus der Herstellung und Abfüllung von Weinmischgetränken auf denselben Anlagen wie Wein stammen. Die Konzentrationen liegen in der Regel unterhalb der sensorischen Wahrnehmungsschwelle, fallen aber nicht unter die Regelung des § 13 Absatz 2, da diese Aromakomponenten nicht Bestandteil der Bedarfsgegenstände sind, sondern über ein vorher hergestelltes Erzeugnis in den Wein gelangen. Aus diesem Grund sind nach dem derzeitigen Auslegen des genannten Paragraphen solche Weine nicht verkehrsfähig.

Durch die zunehmende Bedeutung dieser weinhaltigen, aromatisierten Getränke und damit deren Herstellung ergibt sich die Frage, inwieweit bzw. mit welchem Aufwand eine Herstellung solcher Getränke im eigenen Betrieb durchgeführt werden kann. Im beantragten Vorhaben sollen zum einen Ursachen einer Produktvermischung und einer guten fachlichen Reinigungspraxis zusammengefasst und hinsichtlich spezifischer Aspekte einer Aromaverschleppung und möglicher Ansätze zu deren Vermeidung bzw. Verminderung erörtert und verschiedene Dichtungsmaterialien auf ihren Beitrag zu einer Aromaverschleppung untersucht werden.

Da neben den für Dichtungen verwendeten Elastomeren auch andere Kunststoffmaterialien für z. B. Schlauchleitungen, Filtermedien, Behälter usw. Verwendung finden, wird ergänzend zu den Dichtungen auch deren Beitrag zu einer Aromaverschleppung geprüft.

Versuchsplan

Die Versuchsarbeiten wurden an Dichtungsmaterialien im Juli 2020 abgeschlossen. Die Vorgehensweise für Dichtungsmaterial wurde auf die anderen Kunststoffmaterialien übertragen und entsprechend angepasst. Die Arbeiten teilten bzw. teilen sich daher in folgende Arbeitsblöcke auf:

1. Aromamigration an in Pfirsichlikör eingelegten O-Ring-Dichtungen unterschiedlicher Elastomere unter Verwendung unterschiedlicher Reinigungskonzepte zur Feststellung grundlegender Materialeigenschaften
2. Aromamigration aus in einem Rohrleitungssystem eingebauten O-Ring-Dichtungen unter Verwendung unterschiedlicher Reinigungskonzepte. Als Aromaquelle dient eine Weinmischung mit verschiedenen Aromakomponenten.
3. Aromamigration aus Schlauchleitungen unterschiedlicher, in der Kellerwirtschaft verwendeter Kunststoffe bzw. Elastomere. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, sind die Schläuche in Länge, Durchmesser, Materialstärke identisch und weisen somit eine gleiche Produkt berührende Oberfläche auf. Als Aromaquelle dienen ein Glühwein und ein Pfirsichlikör.

Die Auswertung umfasst nach jedem Arbeitsschritt eine sensorische Verkostung der Spülwässer und eines nach der Reinigung eingefüllten Weines. Im zweiten Schritt werden ausgesuchte Spülwässer- und Weinproben auf aromatische Rückstände untersucht.

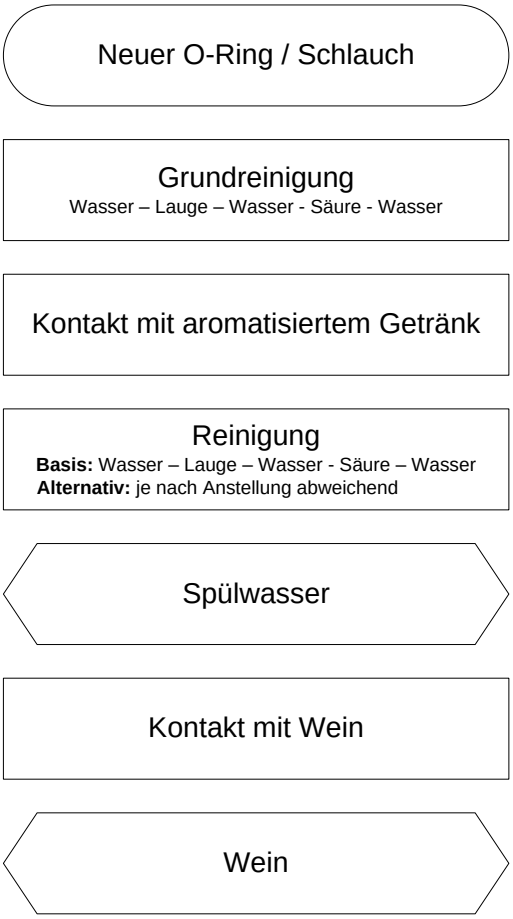


Abb. 15: Arbeitsschritte der Materialprüfung

Ergebnisse

Wein ist ein mehr oder weniger polares Getränk, welches aufgrund des Ethanol- und Kohlenstoffdioxidgehaltes im Vergleich zu den Reinigungsmedien Wasser, Lauge und Säure als unpolarer angesehen werden muss. Dem gegenüber stehen die in den aromatisierten Weinen zugesetzten unpolaren Aromen, die in Abhängigkeit des Werkstoffs, ihrer ad- und absorptiven Eigenschaften in Verbindung mit der Kontaktzeit in die Materialien eindringen und als „Aromaspeicher“ dienen können. Die Ergebnisse für Dichtungsmaterial wurden im ATW-Jahresbericht 2019 dargestellt.

Die Versuche mit Schlauchleitungen wurde vergleichbar zu den Dichtungen Polytetrafluorethylen (PTFE), Silikon, Fluorkautschuk (FKM), Ethylen-Propylen-Dien-Monomer-Kautschuk (EPDM) getestet. Ergänzend kamen Fluorethlyenpropylen (FEP), Polypropylen (PP), Polyvinyldiflourid (PVDF), Polyvinylchlorid (PVC) und Polyethylen (PE) zur Anwendung. Als aromatisiertes Getränk stand

ein Glühwein zur Verfügung, der mit einer Kontaktzeit von einer Stunde zum Einsatz kam. Nach der standardisierten Reinigung (vgl. Abb. **15**) wurde die Spülwasserprobe entnommen und in Anlehnung an den Leitfaden der guten fachlichen Praxis mittels 2-aus-5-Test mit dem Wasser ohne Schlauchkontakt sensorisch verglichen. Nach der Reinigung wurde ein Weißwein mit gleicher Kontaktzeit in die Schläuche befüllt. Dieser wurde dann dem Wein der gleichen Flasche ohne Materialkontakt wiederum in einem 2-aus-5-Test gegenübergestellt. Die Ergebnisse sind in Abb. 16 und Abb. 17 dargestellt.

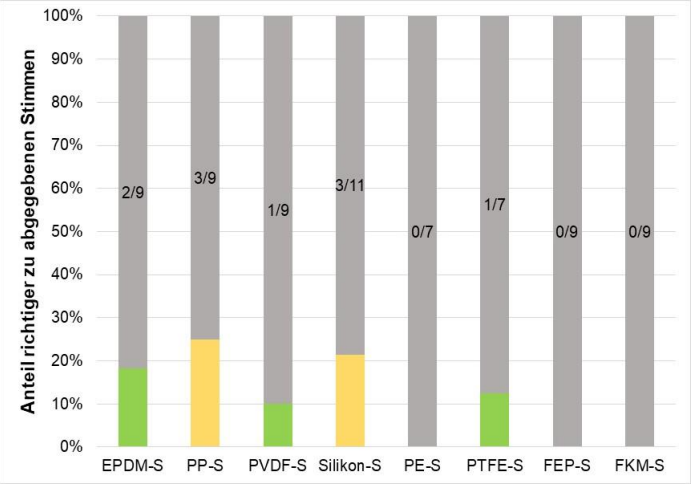


Abb. 16: Ergebnis der sensorischen Prüfung mittels 2-aus-5-Test des Spülwassers – Vergleich Wasser in Kontakt mit gereinigten Schläuchen mit Wasser ohne Kontakt (grün ≥ 20%; gelb 10%; rot ≤ 5% Fehlerwahrscheinlichkeit)

Es zeigt sich, dass die Verkostung der Spülwässer bei allen Materialien eine ausreichende Reinigung bestätigt. Zwar können die Prüfer lediglich bei PE, FEP und FKM keine Unterschiede erkennen, doch lassen sich die Veränderungen am Spülwasser der anderen Materialien statistisch nicht absichern. Im Falle von PP und Silikon bewegen sich die Ergebnisse mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 10 % jedoch nahe an einer statistischen Erkennbarkeit.

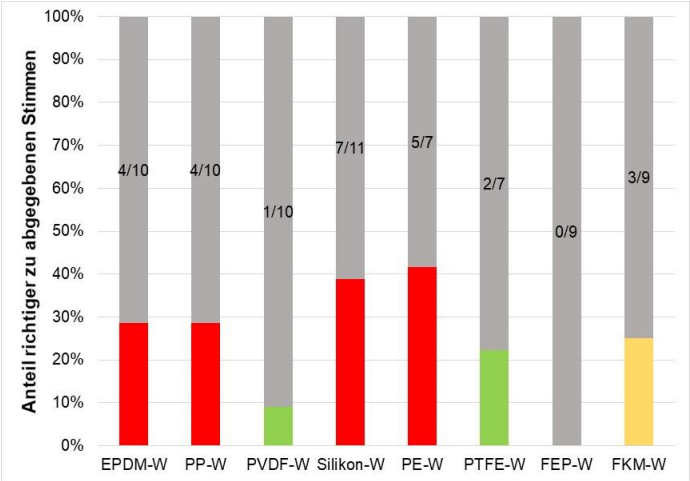


Abb. 17: Ergebnis der sensorischen Prüfung mittels 2-aus-5-Test von Wein nach Reinigung – Vergleich Wein in Kontakt mit gereinigten Schläuchen mit Wein ohne Kontakt (grün ≥ 20%; gelb 10%; rot ≤ 5% Fehlerwahrscheinlichkeit)

Beim Wein fallen die Unterschiede deutlicher aus. Hier lassen sich die Weine lediglich bei den Materialien PVDF, PTFE, FEP und FKM nicht unterscheiden; wobei FKM mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 10 % im Grenzbereich liegt. Bei EPDM, PP, Silikon und PE werden die Weine mit und ohne Kontakt mit den Schläuchen signifikant unterschieden, so dass hier eine sensorische Beeinflussung des Weines mittels der „aromatisierten“ Schläuche stattgefunden hat.

Zusammenfassung

Bei den Dichtungen kann festgehalten werden, dass durch die Auswahl geeigneter Materialien in Verbindung mit einer guten Herstellungspraxis die Verkostung des Spülwassers ein Indikator für einen ausreichenden Reinigungserfolg darstellt und eine mögliche Aromaverschleppung so auf ein unter der sensorischen Wahrnehmungsschelle befindlichen Konzentration vermindert jedoch nicht vermieden wird. Eine konkrete Empfehlung über die Eignung eines Dichtungsmaterials kann es nicht geben. Dies ist von Fall zu Fall mit den entsprechenden Beteiligten (Dichtungshersteller, Reinigungsfirma, Aromalieferant, Weinkellerei) abzustimmen.

Die ersten Ergebnisse mit Schlauchleitungen sind differenzierter zu betrachten. Durch die vergrößerte Oberfläche der Leitungen vervielfacht sich die Kontaktfläche zwischen Produkt und Material und damit auch die potentiell verschleppbare Aromaquelle. Materialien wie z. B. Silikon, die bei Dichtungen bereits auffällig waren, fallen bereits beim Spülwasser auf und sind signifikant im Weinbereich zu erkennen. EPDM, das Material, welches im Dichtungsbereich meist empfohlen

wird, ist mit Spülwasser unauffällig, weist aber bei Wein eine signifikante Verschleppung auf. Das in Mikrofiltrationsmembranen verwendet PP und das in Kunststoffbehältern verwendete PE zeigen mit Spülwasser bei einer Erstbenutzung der Schläuche keine Beeinflussung, bei Wein ist diese jedoch signifikant. Die fluorhaltigen Werkstoffe PVDF (Mikrofiltrationsmembranen), FEP und PTEF sind beim angewendeten Versuchsaufbau geeignet. FKM, im Dichtungsbereich als geeignet eingestuft, ist bei den Schlauchleitungen bei Wasser unauffällig, liegt bei Wein im Grenzbereich des sensorischen Nachweises.

Bei den Schlauchleitungen zeigt sich somit, dass die Freiheit des Spülwassers beim beschriebenen Versuchsaufbau nicht in jedem Fall geeignet ist, um eine Aromaverschleppung unterhalb der sensorischen Wahrnehmungsschwelle zu garantieren. Somit ist auf Grund der ersten Ergebnisse ein doppelter Anlagen-, Geräte- und Apparaturensatz im Falle größerer Oberflächen aus Elastomeren bzw. Kunststoffen zu empfehlen. Im verbleibenden Untersuchungszeitraum sollen die vorgestellten Ergebnisse untermauert werden.

Literatur

BATIASHVILI, N. (2020): Aromamigration durch Kunststoffmaterialien. Bachelorthesis der Hochschule Geisenheim University.

BECKER, M. (2017): Auswirkung unterschiedlicher Reinigungskonzepte auf die Aromaverschleppung bei unterschiedlichen Dichtungsmaterialien. Bachelorthesis der Hochschule Geisenheim University.

BERNARD, T. (2016): Aromaverschleppung durch unterschiedliche Dichtungsmaterialien. Bachelorthesis der Hochschule Geisenheim University.

BMEL (2019): Leitfaden der guten fachlichen Praxis zur Verhinderung von technisch vermeidbaren Aromaverschleppungen bei Wein. Schriftliche Mitteilung des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Referat 414, Bonn vom 19. Juli 2019.

KOLLING, J. (2017): Analytische und sensorische Untersuchungen zu Aromarückständen im Wein über unterschiedliche Dichtungsmaterialien. Bachelorthesis der Hochschule Geisenheim University.

MUEEF (2015): Aromaverschleppung. Elektronischer Brief des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz vom 27.7.2015.

MUNDER, D. (2018): Aromaverschleppung durch elastomere Dichtmaterialien im Wein. Masterthesis im Studiengang Önologie der Justus-Liebig-Universität Gießen und der Hochschule Geisenheim University.

SCHNITZIUS, K. (2016): Aromaverschleppung durch unterschiedliche Dichtungsmaterialien. Bachelorthesis der Hochschule Geisenheim University.

WILTZER, J. (2017): Reduzierung der Aromaverschleppung durch unterschiedliche Dichtungsmaterialien in Abhängigkeit der Reinigungsmedien. Bachelorthesis der Hochschule Geisenheim University.

ATW-Nr.: 208 FDW-Berichterstattung 2020 KTBL-Titel: I/10

Analyse und Evaluierung der Datenströme sowie -strukturen entlang der Wertschöpfungskette und Erstellung eines Digitalisierungsprofils von Weingütern und Weinbaubetrieben

Dr. Philipp Rüger
DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück

Ausgangssituation

Die Digitalisierung wird aktuell in allen gesellschaftlichen Bereichen stark diskutiert, unter anderem auch in der Weinbranche. Es besteht hier die Gefahr, in (politischen) Aktionismus zu verfallen und die Digitalisierung selbst als Lösung bestehender und kommender Probleme zu sehen. Dies ist ein Trugschluss. Digitalisierung kann nur Hilfsmittel bei der Problemlösung und eine Erweiterung des methodischen Werkzeugkastens sein. Nichtsdestotrotz können digitale Instrumente dazu beitragen, Herausforderungen wie Klima- und Strukturwandel, wachsenden Dokumentationsaufwand, verändertes Konsumverhalten u. v. m. zu meistern. Eine Voraussetzung für die Entwicklung und Nutzung von digitalen Anwendungen und Lösungen ist die genaue Kenntnis der Zusammenhänge und des Datenanfalls entlang der Wertschöpfungskette.

Digitalisierung beginnt nicht erst jetzt, sondern begleitet die Weinerzeugung schon seit Jahren bzw. Jahrzehnten (Nutzung PC, digitale Kommunikation usw.). Dabei sind meist nur Einzelprobleme isoliert betrachtet worden und somit Insellösungen entstanden. Oftmals werden Daten mehrfach und entkoppelt erhoben. Datenströme enden dadurch am Ende der Einzelproblembetrachtung. Die erhobenen Daten wären in der weiteren Wertschöpfungskette interessant, sind aber aufgrund fehlender Schnittstellen oder inkompatibler Datenformate nicht weiter nutzbar. Im ungünstigsten Fall wechseln bei der weiteren Verarbeitung die Informationen das Medium und werden von digitaler in analoge Form oder umgekehrt umgewandelt. Ein typisches Beispiel hierfür ist der Ausdruck von Daten auf Papier und erneute, meist händische Eingabe in weitere Datenverarbeitungsprozesse. Bei dieser Form von Medienbrüchen sind fehlerhafte Eingaben kaum auszuschließen und lassen die Datenqualität automatisch leiden.

Ziel aller Digitalisierungsbemühungen sollte deshalb sein, den Produktions- und Digitalisierungsprozess ganzheitlich zu betrachten und vernetzbare und kommunikationsfähige Anwendungen zu implementieren. Voraussetzung ist, wie oben beschrieben, die Identifizierung der anfallenden Daten, Formate, Strukturen und Informationsströme. Dabei wird im Vorhaben die Vernetzung mit der GeoBox-Infrastruktur des Landes Rheinland-Pfalz berücksichtigt.

Kern des Vorhabens sind die Analyse und Evaluierung der Datenströme und der Datenstrukturen in Weingütern und Weinbaubetrieben. Diese Betrachtung ist entlang der gesamten Wertschöpfungskette in den Sektoren Weinbau, Kellerwirtschaft und Vermarktung durchzuführen, um mögliche Vernetzungen, aber auch Brüche zu identifizieren.

Ziel ist zusammenfassend gesehen, die Erstellung eines Digitalisierungsprofils in der Produktion und Vermarktung von Wein.

Versuchsplan

Im Fokus des Vorhabens steht die möglichst vollständige Beantwortung der eingangs formulierten Fragen (Projektantrag). Dabei gelten folgende Zielsetzungen:

Zielsetzung der Untersuchung

- Bedarfsanalyse in Praxisbetrieben:
  - Repräsentative Umfragen
  - Praxisbetriebe verschiedener Wirtschaftsweisen (konventionell, integriert, öko) und Vermarktungsformen (Flaschen-, Fass-, Traubenvermarktung)
  - Evaluierung des Entwicklungspotenzials
  - Identifizierung "blinder Flecken" (Was haben Beratung oder Forschung bisher noch nicht erkannt?)

→ **Digitalisierungsprofil Weinbau, Oenologie und Weinmarkt**

Ergebnisse für den Berichtszeitraum

Im Berichtszeitraum wurde u. a. der Produktionszweig Traubenerzeugung untersucht. Dazu fand eine Online-Befragung in den deutschen Weinanbaugebieten statt (Abb. 1). Der Kreis der Teilnehmenden erstreckte sich dabei vor allem auf Rheinland-Pfälzische Weinbaugebiete, insbesondere Pfalz und Rheinhessen. Aufgrund der allgemeinen Zusammensetzung der Stichprobe wird nicht von einer

repräsentativen Umfrage ausgegangen. Adressiert wurden Betriebsleiter und Angestellte in leitender Funktion in Weinbaubetrieben. Die Konzeption der Befragung orientierte sich an einer Studie aus der Flächenlandwirtschaft von Roosen (2017), um u. a. die Verbreitung digitaler Technologien im Weinbau mit der in der Flächenlandwirtschaft zu vergleichen.

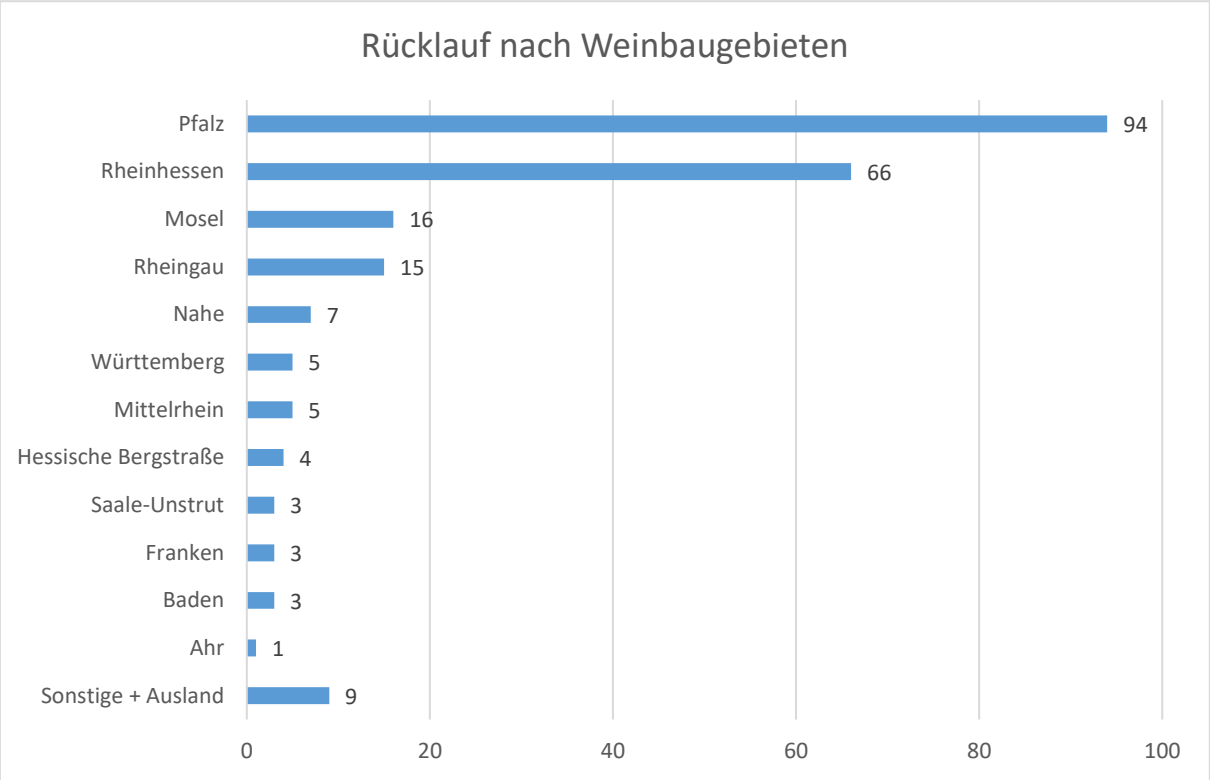


Abb. 1: Verteilung der Teilnehmenden nach Weinbaugebiet (n=231).

Erster Fokus der Umfrage war die Verbreitung und der Bedarf an digitalen Technologien im Weinbau nach aktuellem Stand, um den Status-quo abzubilden.

Die Ergebnisse (Abb. 2) zeigen, dass sich die Nutzung aktuell vor allem im Bereich der relativ kostengünstigen, einfachen Technologien, wie beispielsweise Apps und Anwendungen zur Unterstützung alltäglicher Arbeiten, (Wettervorhersage, Planung von Pflanzenschutz- und Bearbeitungsmaßnahmen) bewegt. Sind diese Techniken noch nicht im Betrieb vorhanden oder werden noch nicht eingesetzt, besteht zumindest ein vergleichsweise hohes Interesse daran, es künftig zu tun. Sobald der Einsatz von Technologien einen eher abstrakten Nutzen beabsichtigt oder die Investitionskosten hierfür höher werden, sinken die Nutzerzahlen und das Interesse daran wird geringer.

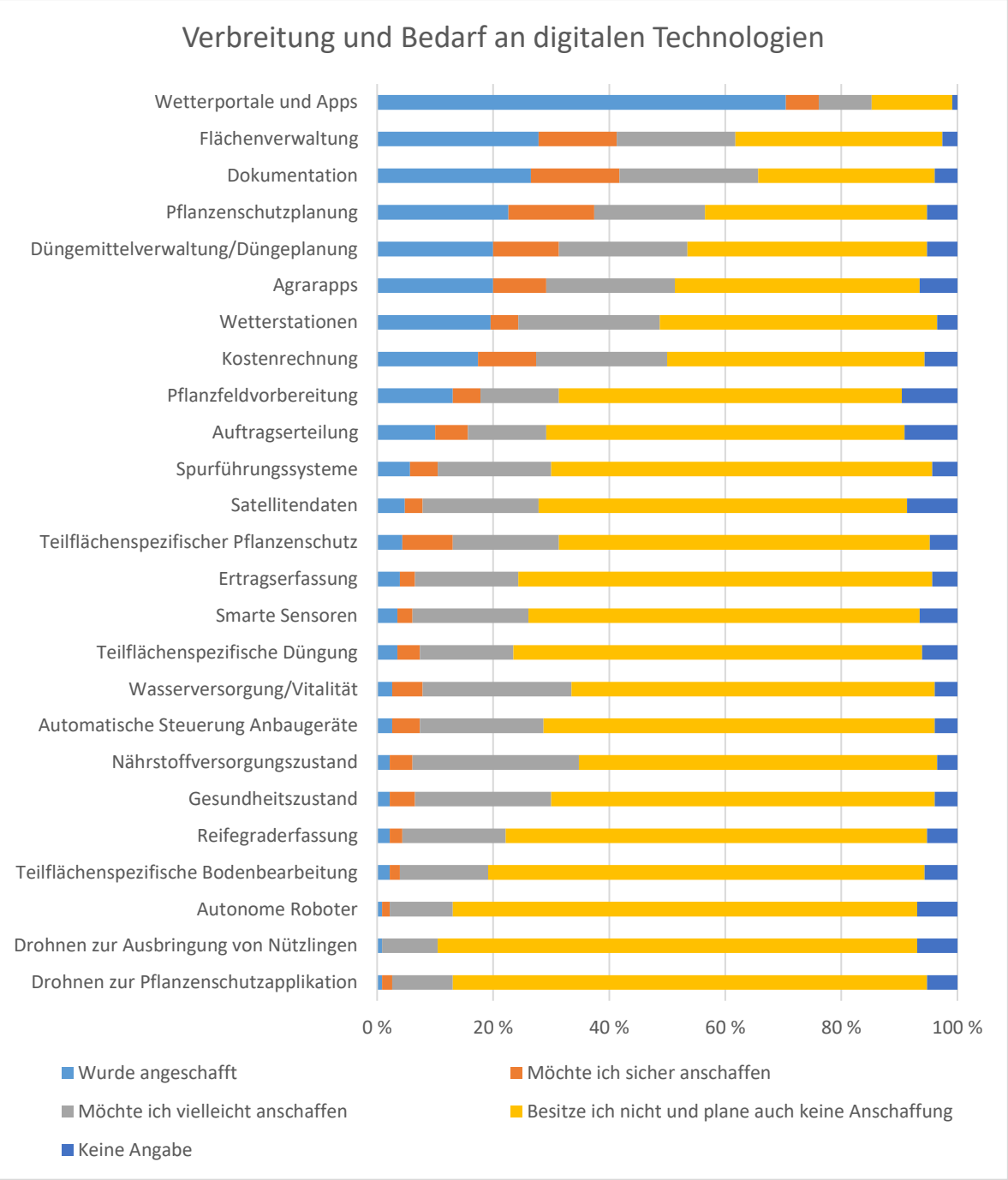


Abb. 2: Die aktuelle Verbreitung und der zukünftig gesehene Bedarf an digitalen Technologien im Weinbau mit dem Fokus auf die Traubenerzeugung (Mehrfachnennung möglich, n=231).

Dies stützt die Notwendigkeit, die Entwicklung digitaler Instrumente am in der Praxis gesehenen Bedarf zu orientieren, bestätigt aber gleichzeitig die Beobachtung, dass diese Bedarfe teilweise nicht gesehen oder identifiziert werden. Vereinfacht ausgedrückt wissen die Beteiligten im Weinbau oftmals gar nicht, was sie (von der Digitalisierung) wollen, bevor man es ihnen zeigt.

Gestützt werden die letztgenannten Thesen durch einen weiteren Kern der Untersuchung. Befragt nach den Hemmnissen der Digitalisierung im Weinbau (Abb. 3), gaben die Teilnehmenden auf den ersten vier Plätzen Gründe der hohen Investitionskosten, Fragen der Wirtschaftlichkeit, strukturelle Besonderheiten im Weinbau und fehlende, nützliche Technologien im Weinbau an. Gerade Punkte wie unzureichender Breitbandausbau und Datenschutz, die politisch oftmals als Hemmschuhe gesehen werden, sind in der Praxis offensichtlich nicht die größten Herausforderungen.

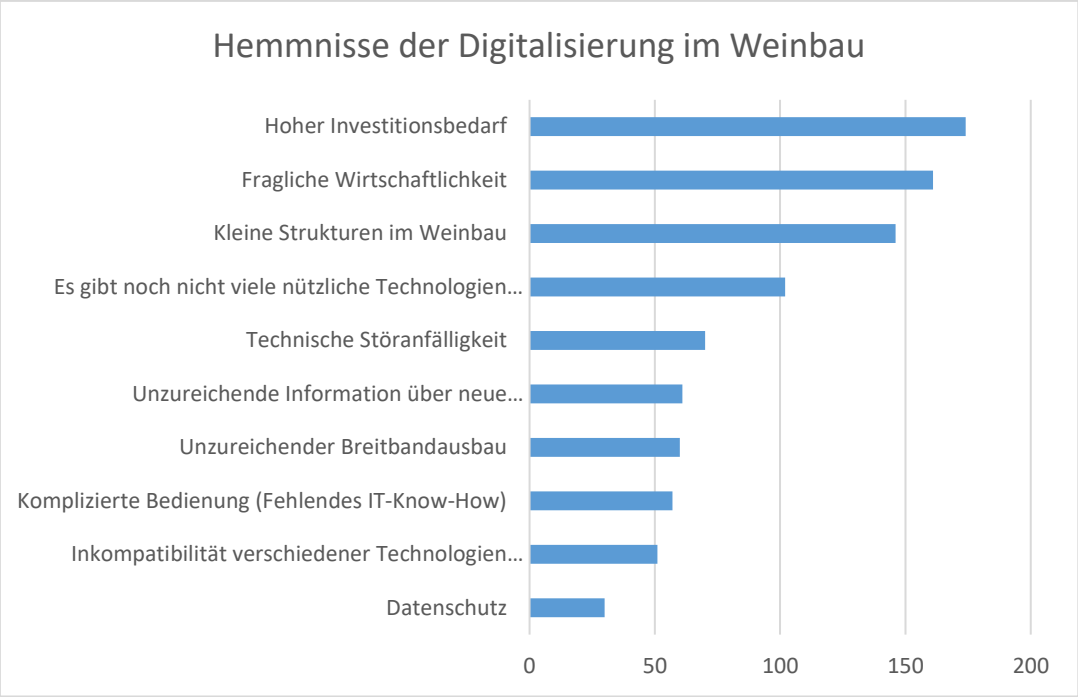


Abb. 3: Gründe für den gehemmten Einsatz digitaler Technologien im Weinbau (Mehrfachnennung möglich, n=231).

Weitere Punkte, die in der Branche als zusätzliche Digitalisierungshemmnisse gesehen werden:

- Hoher Arbeitsaufwand. Schwer abzuschätzender Nutzen.
- Nicht mechanisierbare (Steillagen-)Flächen.
- Nutzen in Reihenkulturen nicht so effizient wie in Flächenkulturen.
- Geringe Betriebsgröße erlaubt noch einen analogen Überblick → Keine Notwendigkeit der Digitalisierung.
- Sicherheitsbedenken. Beispiele:
    - Fußgänger, Hunde etc. in der Gemarkung,

  - Digitale Sicherheitslücken (Hackerangriffe, unzureichende Verschlüsselung etc.),
  - Bedenken der Datenhoheit.
- Wenige Möglichkeiten zum Testen.
- Negatives Feedback von nicht gut durchdachten Prototypen.
- Weinbauschlagkartei-Lösungen auf dem Markt „unvollständig“.
- Hoher Preis bei Cloud- und Abo-Modellen von Farmsoftware.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Umfrage zeigt teils fehlendes Bewusstsein über Bedarfe an Digitalisierung in der Branche. Konkret setzen sich die Betriebe nur selten mit digitalen Instrumenten auseinander. Es wird mal eine App installiert oder eine Anwendung bzw. ein Arbeitsschritt mit digitalen Hilfsmitteln unterstützt (z. B. Planung und Dokumentation des Pflanzenschutzes). Die Evaluation eines ganzen Betriebszweiges, beispielsweise Traubenproduktion, findet so gut wie gar nicht statt, was auch für die Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette gilt. Hier sind Forschung und Beratung gefragt, um Hilfestellungen bei der Identifikation und Formulierung des Bedarfs sowie Ideen für konkrete Anwendungen zu geben.

Als Hemmnisse gelten vorrangig Kosten und die fragliche Wirtschaftlichkeit. Auch hier müssen Kosten-Nutzen-Verhältnisse transparent und unabhängig beleuchtet werden, um weitere Anreize zu schaffen.

Im kellerwirtschaftlichen Teil wird gerade der Weinbereitungsprozess am Beispiel digitale Unterstützung und Kontrolle der Gärführung betrachtet. Die Untersuchung und Datenauswertung laufen noch.

Geplant ist für das kommende Jahr eine weitere Umfrage, um gezielt blinde Flecken zu identifizieren und die Verzahnung der Produktionszweige zu untersuchen. Hierbei wird auch die Wertschöpfungskette in Gänze noch einmal in den Fokus genommen. Die Durchführung von Einzelinterviews ist aufgrund der Corona-Situation momentan schwierig plan- und umsetzbar.

Literatur

DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück (2018): Projektantrag und Bewilligungsbescheid zum Projekt „GeoBox-I“.

Hardt, C., Rüger, P. (2018): Digitalisierung und ihre Bedeutung für den Weinbau: Entwicklungen und Analysen im Fokus. Das Deutsche Weinmagazin (21), S. 28–32.

Roosen, J., (2017): Digitalisierung in Land- und Ernährungswirtschaft. Hg. v. Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. München. Online verfügbar unter https://vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Planung-und-Koordination/2017/Downloads/Studie_Digitalisierung-Landwirtschaft-Stand-04-12-17.pdf, Zugriff am 24.10.2019.

Rüger, P., Giering, O. (2018): Messeumfrage zu den Agrartagen Rheinhessen. Unveröffentlicht.

Stoll, M., Friedel, M., Brunner, D., Schwarz, H. P. (2018): Vom Weinberg Richtung Kelterhaus: Digitalisierung in der Prozesskette. Das Deutsche Weinmagazin (21), S. 36–39.

Weil, C., 2020. Digitalisierung im Weinbau. Masterarbeit. Justus-Liebig-Universität Gießen.

ATW-Nr.: 209 FDW-Berichterstattung 2020 KTBL-Titel: 209

Heißwasserbehandlung von bewurzeltem Rebenpflanzgut

Dr. Joachim Eder, Matthias Zink
DLR Rheinpfalz

Im Zuge der Klimaerwärmung breiten sich Schädlinge und Krankheiten, die vormals nur in südlichen Weinbauregionen verbreitet waren, zunehmend nach Norden aus. Dies belegt das Auftreten der Goldgelben Vergilbungskrankheit *Flavescence dorée* (FD) in Österreich 2009. Der Überträger, die amerikanische Rebzikade *Scaphoideus titanus* (ST), wurde bereits 2004 in der Südoststeiermark gefunden. Flavescence dorée ist durch Pfropfen übertragbar, jedoch überlebt nur ein sehr geringer Anteil des infizierten Pflanzgutes in der Rebschule. Dennoch kann die Krankheit mit latent infiziertem Veredlungsmaterial oder Pflanzgut in bisher nicht befallene Gebiete eingeschleppt werden. Dies gilt prinzipiell auch für Deutschland, zumal die deutschen Rebenveredlungsbetriebe einen Großteil der Unterlagen aus den Weinbaugebieten der Mittelmeerländer beziehen. Flavescence dorée hat in der EU Quarantänestatus. Mit einer Heißwasser-Behandlung können sowohl die Eier des Vektors, die an der Borke des Rebholzes abgelegt werden, als auch die FD-Phytoplasmen, die sich im Leitungsgewebe befinden, effektiv bekämpft werden.

Um die Auswirkungen einer Heißwasserbehandlung auf das Rebenpflanzgut zu prüfen, sollen im Versuchsbetrieb Rebenveredlung des DLR-Rheinpfalz mit einem eigens angeschafften Heißwassergerät mehrjährige Versuche mit bewurzelten Pflanzreben durchgeführt werden. Die Anlage ist von der INRA registriert und der Temperaturverlauf während der Behandlung wird automatisch protokolliert. Schwerpunkt der Versuche ist es, den Einfluss unterschiedlicher Vor- und Nachbehandlungen des Veredlungsmaterials auf den Anwuchs der HWB-Reben zu untersuchen.

Teilergebnisse, Versuchsjahr 2020

Reben der Pfropfkombination Muskateller/SO4 wurden im Kühlhaus gelagert und vor der HWB für zwei Tage bei zirka 12 °C in Wasser gestellt. Anschließend er-

folgte am 26. März 2020 die HWB, wobei das Veredlungsmaterial in einer Gitterbox mit einem Stapler in das erhitzte Wasser eingelassen und auf 50 °C für eine Dauer von 45 Minuten erwärmt wurde. Nach der HWB standen die Reben für zwei weitere Tage bei zirka 12 °C in Wasser. Die Reben wurden wieder ins Kühlhaus eingelagert für die Dauer von vier Wochen und wiederum nach zwei Tagen im Wasser am 22. April 2020 gepflanzt. Die Versuchspflanzung umfasste vier Reihen, wovon zwei Reihen mit Heißwasser behandelten Reben und zwei Reihen mit unbehandelten Reben gepflanzt wurden.

Nach dem Pflanzen zeigten die Heißwasser behandelten Muskateller-Reben einen verzögerten Austrieb. Mittels Varianzanalyse (ANOVA) wurde geprüft, ob die HWB einen signifikanten Einfluss auf das Triebwachstum hatte. Bei der 1. Trieblängenmessung nach 15 Wochen konnte ein signifikanter Einfluss auf das Triebwachstum festgestellt werden (Abb.1). Demnach war die Trieblänge der Heißwasser behandelten Reben geringer als bei den unbehandelten Reben. Im weiteren Vegetationsverlauf glich sich das Triebwachstum der Reben beider Varianten an, wobei das Wachstum in den jeweiligen Rebreihen unterschiedlich verlief (Abb. 2). Nach 24 Wochen Rebenwachstum war die Trieblänge der Heißwasser behandelten Reben in der Reihe A vergleichbar mit den unbehandelten Reben in der Reihe C. Die Reben in der Reihe B hatten zwar im Vergleich zu den Reben der übrigen Reihen einen Wachstumsrückstand, trotzdem konnte zumeist eine ausreichende Trieblänge zum Aufbau eines Stammes erzielt werden. Bisher gab es in beiden Varianten keine Rebenausfall. Allgemein waren die Witterungsbedingungen im Jahr 2020 für die Junganlagen, bedingt durch ein feuchtes Frühjahr und einen warmen Sommer, günstig. Der Standort der Junganlage ist in der gut erwärmbaren Lage Haardter Herrenletten. Die Bodenverhältnisse sind schwierig, bedingt durch tonigen Lehm. Möglicherweise sind die Wachstumsunterschiede zwischen den Reihen auf die bezeichneten schwierigen Bodenverhältnisse zurückzuführen.

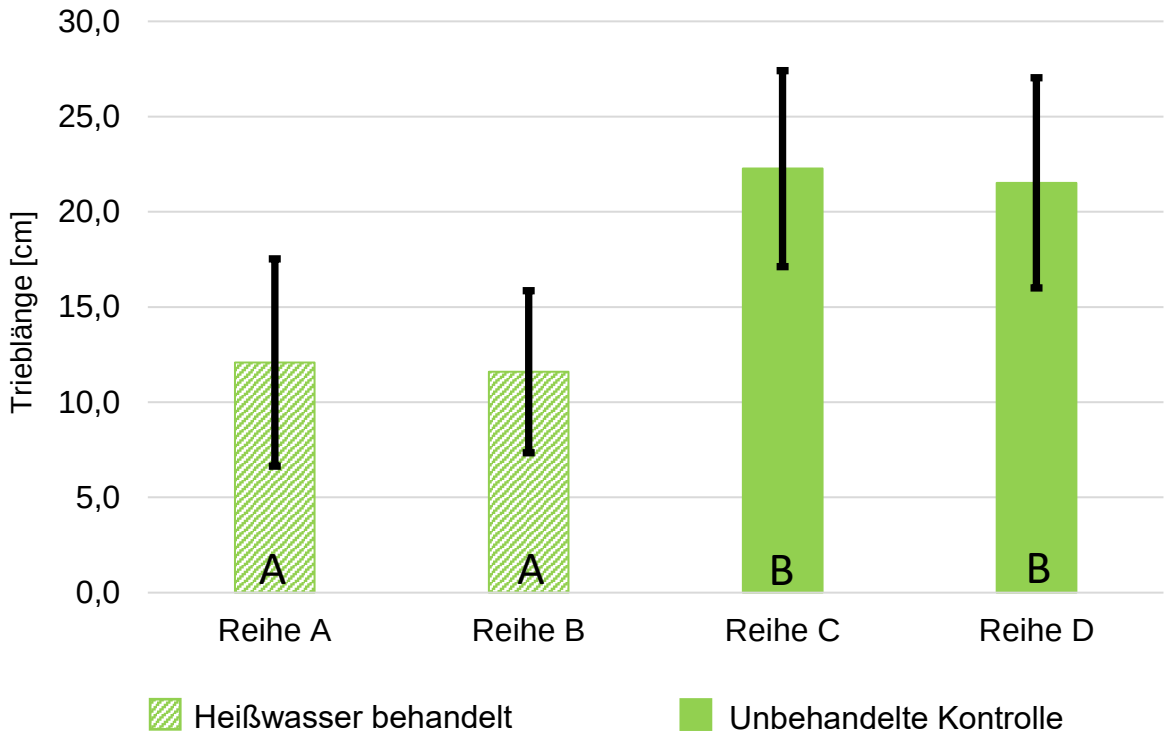


Abb. 1: Trieblänge von einjährigen Muskateller-Reben, 15 Wo. nach Pflanztermin (Mittelwert und Standardabweichung). Heißwasser behandelte Reben im Vergleich zu unbehandelten Reben. (n=20; p=0,05)

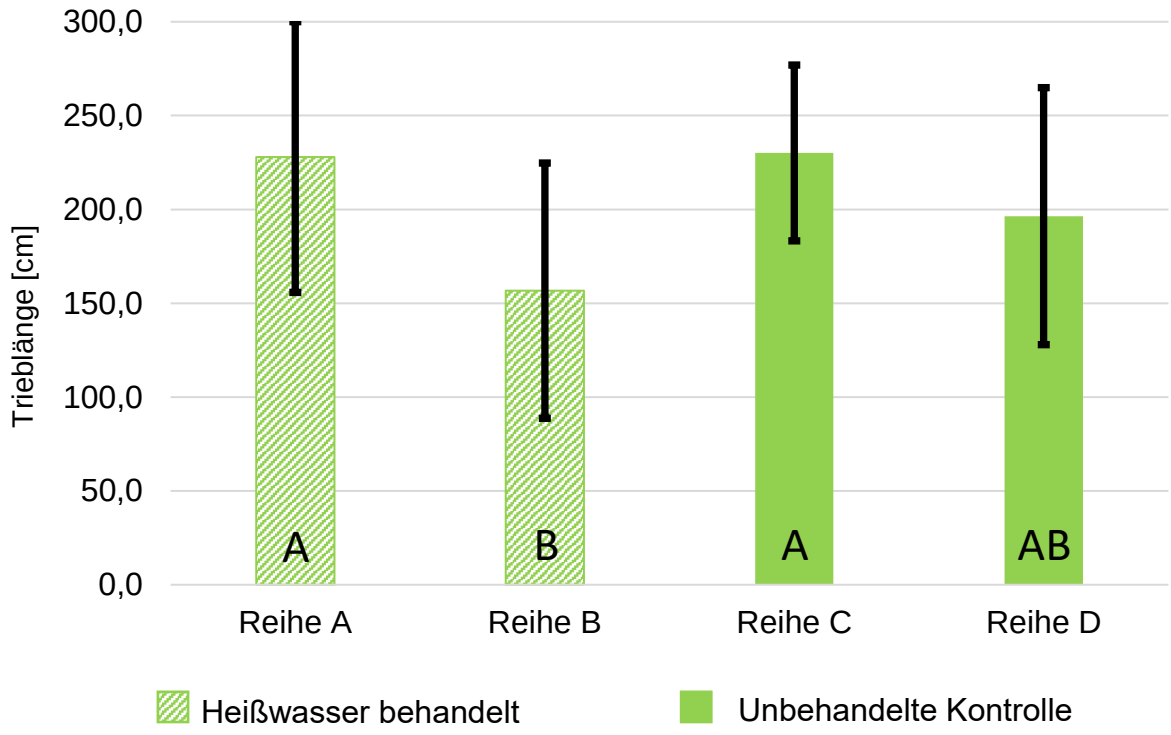


Abb. 2: Trieblänge von einjährigen Muskateller-Reben, 24 Wo. nach Pflanztermin (Mittelwert und Standardabweichung). Heißwasser behandelte Reben im Vergleich zu unbehandelten Reben. (n=20; p=0,05)

Zusammenfassung

Die hier dargestellten Ergebnisse sind aus dem ersten Versuchsjahr 2020. Bei den Heißwasser behandelten Reben war das Triebwachstum in den ersten Wochen nach der Pflanzung geringer als bei den unbehandelten Reben. Im Verlauf der Vegetation glich sich dieses Defizit teilweise aus. In weiteren Untersuchungen der aktuellen Versuchspflanzung soll der Einfluss der Heißwasserbehandlung auf die Holzreife, den Anschnitt auf Stammhöhe und das Wachstum der Reben im zweiten Standjahr geprüft werden.

Um den Einfluss unterschiedlicher Vor- und Nachbehandlungen des Veredlungsmaterials auf das Wachstum von HWB-Reben zu testen sind weitere Versuche mit verschiedenen Pfropfkombinationen vorgesehen.

ATW-Nr.: 210 FDW-Berichterstattung 2020

Vergleich verschiedener Gebinde zum Weinausbau und zur Weinlagerung

Tobias Dienesch, Johannes Burkert, Felix Baumann
LWG Veitshöchheim

Ausgangssituation

Der Weinwelt sind die unterschiedlichsten Gebindeformen, -materialien und -größen bekannt. Welche sich für die einzelnen Betriebe am besten eignen, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Soll das Behältnis die Weinstilistik beeinflussen oder muss der Behälter komplette Geschmacksneutralität versprechen? Hier ist die Möglichkeit zur Kühlung ein wichtiger Punkt. Auch sind natürlicherweise die Anschaffungskosten der jeweiligen Behältnisse von großem Interesse bei einer Kaufentscheidung. Da die logistische Situation jedes Betriebes begrenzt ist, ist es wichtig, neben den Hauptpunkten wie Kosten und Einfluss auf die Aromatik auch auf die Größe und den Umfang der einzelnen Behältnisse zu achten. Arbeitswirtschaftlich spielt es eine große Rolle, wie viel Zeit für die Reinigung, Konservierung, eventuell nötiges Weingrünmachen oder Beifüllen nötig ist.

Der Winzer benötigt eine Möglichkeit, all die verschiedenen Gebinde auf einen Blick und mit nachvollziehbaren Argumenten vergleichen zu können, um sich und anderen Entscheidungsträgern auf einem logischen Weg die Wahl für den besten Behälter in der jeweiligen Situation einfacher zu machen.

Ziel der Marktanalyse

Um praxisbezogene Kaufentscheidungen besser kalkulierbar und einfacher zu gestalten, wird ein ATW-Arbeitsvorhaben durchgeführt, dessen Ziel es ist, Vor- und Nachteile unterschiedlicher Behältnisse, deren Größenverhältnisse, Einsatzbereiche und deren Listenpreis herauszuarbeiten. So können, bezogen auf jede Art der Weinbereitung, die richtigen Gebinde im direkten Vergleich miteinander gestellt und anschließend anhand der situationsbezogenen Umstände gewählt werden. Die Veröffentlichung des Abschlussberichtes ist als KTBL-Arbeitsblatt geplant.

Durchführung

Es kommen die unterschiedlichsten Materialien, wie z. B. Holz, Edelstahl und Kunststoff, aber auch Beton, Ton oder Naturstein, zum Einsatz. Die Informationsbeschaffung erfolgt durch Kontakt mit den einzelnen Herstellern und Internetrecherche. Insbesondere werden technische Daten wie mögliche Armaturen, Volumen, Gewicht, Kühlmöglichkeiten, Wärmeleitfähigkeit und vor allem Preise analysiert. Die Gebinde sollen außerdem in Bezug auf Handhabung, Platzbedarf und Arbeitswirtschaftlichkeit bewertet werden. Daraus folgt eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Im Jahr 2019 wurde an der LWG derselbe Wein in verschiedenen Tanks vergoren. Forschungsergebnisse in Bezug auf den Verlauf der Gärung und eine Auswertung der Auswirkung auf die Sensorik sind somit ebenfalls möglich.

Teil- und Vorabergebnisse

In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind die Ergebnisse d er Marktanalyse gegenübergestellt. Edelstahltanks lassen sich durch die verschiedenen Armaturen sehr gut bedienen. GfK-Tanks bieten ähnliche Möglichkeiten. Das Betonei, PE-Tanks, größere Holzfässer (Oval) und das Granitfass bieten zumindest einen Hahn als Restablauf. Amphoren, Barriquefässer und das untersuchte Muschelkalkfass bieten in der Regel keine Hähne und keine Möglichkeit zum Anbau von Armaturen.

Holzfässer müssen konserviert und regelmäßig beigefüllt werden. Auch bei Naturstein-Fässern und dem Betonei ist der Arbeitsaufwand durch das nötige Weingrünmachen im Vergleich zum Edelstahltank und dem Kunststofftank sehr hoch. Grundsätzlich lässt sich Edelstahl am besten reinigen. Weiterhin lassen sich runde Tanks leichter reinigen als kubische. Auch große Tanks mit Mannloch lassen sich einfacher reinigen als kleine. Holz muss schonend behandelt werden.

Kunststoffgebinde haben ein sehr geringes Gewicht. Bei Natursteinfass und Betonei ist das Leergewicht bereits sehr hoch. Dies sollte bei der Platzwahl berücksichtig werden. Kubische Tanks verbrauchen weniger Platz im Tanklager als runde Tanks. Darüber hinaus lassen sich viele Edelstahltanks stapeln. Eine Tankwand aus Edelstahl und ein Betontank können optimal an die vorhandenen Verhältnisse angepasst werden. Auch Barriquefässer lassen sich mithilfe von

Barrelracks stapeln. Dagegen verbraucht ein Qvevri nicht unbedingt Kellerfläche. Es wird typischerweise im Außenbereich eingegraben.

Edelstahl hat im Vergleich zu den anderen Materialien die höchste spezifische Wärmekapazität. In Verbindung mit der geringen Wandstärke von Edelstahltanks ergibt sich der mit Abstand höchste U-Wert. Das heißt, die Wärme wird sehr gut aus dem Inneren des Tanks nach außen transportiert. Edelstahltanks lassen sich daher auch gut durch Berieselung mit Brunnenwasser (mind. 5 °C kälter als die gewünschte Gärtemperatur) kühlen. Bei den anderen Materialien ist dies nicht möglich. Durch die Möglichkeit Kühlplatten bzw. Kühlmäntel in Verbindung mit einer Kältemaschine und einer Gärsteuerung zu verwenden, kann die Kühlung optimal geregelt werden. Kühlplatten aus Edelstahl lassen sich in Edelstahltanks und GfK-Tanks verwenden. Die restlichen Gebinde lassen sich nur mit Kühlschläuchen kühlen. Dies gestaltet sich sehr viel umständlicher aufgrund der fehlenden Möglichkeit einer Gärsteuerung und dem zusätzlich hohen Wasserverbrauch.

Die Art der verwendeten Tanks spielt auch für die Vermarktung und die Weinqualität eine bedeutende Rolle. Bei einer Kellerführung mit Kunden werden Kunststofftanks negativ wahrgenommen. Wein aus Holzfässern lässt sich teurer vermarkten. Wein aus alternativen Gebinden wie Beton, Naturstein und Ton können zu hohen Preisen vermarktet werden, auch wenn eine sensorische Beeinflussung nicht unbedingt stattfindet. Die veränderte Sensorik ist höchstwahrscheinlich auf die höhere Gärtemperatur zurückzuführen. Die Nutzung von GfK-Tanks kann bei Beschädigung zu einer Styrolnote führen. Auch die Oxidation sollte vermieden werden. Die Mikrooxygenierung beim Ausbau im Holzfass ist eine Ausnahme. Die Nutzung von Holzfässern hat einen Weinverlust durch Diffusion und Verdunstung an der Oberfläche zur Folge. Die Gebinde müssen regelmäßig beigefüllt werden. Bei Edelstahl und GfK wird dies komplett ausgeschlossen. Wenn Betonei, Amphore und Natursteinfass dicht verschlossen sind, gibt es keine Verdunstung, da die Porengröße der Werkstoffe für eine signifikante Sauerstoffdiffusion zu gering ist. Von der Kostenseite her gesehen sind Kunststoffgebinde mit Abstand die günstigste Art Wein zu vergären und zu lagern. Darauf folgen Edelstahl, Holz und die alternativen Gebinde-Arten. Beim Ausbau in

Barriquefässern ist bei den Investitionskosten im Vergleich zu anderen Holzfässern die normalerweise sehr viel kürzere Nutzungsdauer von nur wenigen Jahren zu berücksichtigen. Der Ausbau in ausgefallenen und teuren Tanks, wie Betonei, Amphore oder Natursteinfass, kann sich trotz hoher Investitionskosten lohnen, da Kunden bereit sind, mehr Geld für entsprechende Weine zu zahlen.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Gebinde

Material:	Einheit	Holzfass	Edelstahl	Kunststoff	Betonei	Amphore	Naturstein
Bedienbarkeit / Handhabung		schlecht	sehr gut	neutral	neutral	schlecht	schlecht
Anbau von Armaturen		schlecht	sehr gut	gut	neutral	schlecht	schlecht
Pflegeaufwand		schlecht	sehr gut	gut	schlecht	neutral	schlecht
Reinigung		schlecht	sehr gut	neutral	schlecht	sehr schlecht	sehr schlecht
Volumen	l	100 bis 10.000	300 bis 120.000	12 bis 20.000	700 oder 1.700	50 bis 5.000	5 bis 1.000
Gewicht	kg/hl	ca. 20	5 bis 10	4 bis 6	150 bis 180	25 bis 36	ca. 200
Flächenausnutzung / Platzbedarf		schlecht	sehr gut	gut	sehr schlecht [e)]	schlecht [a)]	sehr schlecht
Kühlmöglichkeit		schlecht	sehr gut	schlecht	schlecht	sehr schlecht	schlecht
Materialspezifische Wärmeleitfähigkeit	W/(m·*·K)	0,3	30	0,2	2	1	2,2
U-Wert der Behälterwand	W/(m²·*·K)	10	7500	22	35	33	20
Außenwirkung (Marketing)		gut	neutral	schlecht	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Sensorischer Einfluss		ja	nein	nein [b)]	ja [c)]	ja [c),d)]	ja [c)]
Weinverlust durch Verdunstung		Barrique 5-12%	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Preis	€/hl	300 bis 500	60 bis 160 (mit Armaturen und Kühlung)	60 bis 80 (Speidel)	500 bis 800 (Nomblot)	Qvevri 100; Tinaja 400	1.100 s 2.900

a) Qvevri benötigt nicht unbedingt einen Weinkeller
b) Styrolton möglich bei Beschädigung
c) schlechte Wärmeleitfähigkeit
d) Oxidation an Oberfläche
e) Betontanks dagegen haben eine sehr gute Raumausnutzung

Ausblick

Im Verlauf des Forschungsprojekts soll noch eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung folgen. Aus den jeweiligen Investitionskosten, Arbeitskosten und Materialkosten der einzelnen Gebinde kann ermittelt werden, wie sich die Kosten pro Liter Wein im Vergleich zum Standard verhalten.

Zusätzlich wurde im Jahr 2019 an der LWG derselbe Wein in verschiedenen Tanks vergoren. Die daraus gewonnenen Forschungsergebnisse in Bezug auf den Verlauf der Gärung und die Auswertung der Auswirkung auf die Sensorik sollen ebenfalls in dieses Forschungsvorhaben eingebunden werden.

Literaturverzeichnis

Speidel, „speidel-behaelter.de,“ 2020. [Online]. Available: ttps://www.speidel-behaelter.de/. [Zugriff am 08 10 2020].

M. Zänglein und J. Burkert, „Betonei versus Edelstahl,“ *Der Deutsche Weinbau,* pp. 38-40, 19 08 2016.

Nomblot, „wine-tanks.com,“ [Online]. Available: https://www.wine-tanks.com/vertical-oval-cask-mc-model-c3. [Zugriff am 08 10 2020].

M.-L. Darcy, „der-badische-winzer.de,“ 02 2017. [Online]. Available: https://www.der-badische-winzer.de/zurueckzu-den-amphoren. [Zugriff am 2020 10 08].

M. Zänglein und J. Burkert, „Weinausbau im Kvevri,“ *Rebe und Wein,* September 2014.

E. Heider, „stein-magazin.de,“ 05 2017. [Online]. Available: https://www.stein-magazin.de/steinfaesser-aus-granit/. [Zugriff am 08 10 2020].

Steinfass, „steinfass.de,“ 2020. [Online]. Available: https://www.steinfass.de/fileadmin/user_upload/Prospekt_Natursteinfass_2017.pdf. [Zugriff am 08 10 2020].

J. Hamatschek, Technologie des Weines, Landau: Ulmer, 2014.

ATW-Nr.: 211 FDW-Berichterstattung 2020

Entschwefelung von Süßreserve mittels hydrophober Membrantechnik

Achim Rosch, Sandra Schedler, Horst Rudy
DLR Mosel

Ausgangssituation

Die Restzuckereinstellung eines Weines mittels Süßreserve ist bei vielen Betrieben Stand der Technik. Im Zuge der klimatischen Veränderung sowie steigenden pH-Werten bietet die Süßung des Weines (mittels Süßreserve) vor der Abfüllung viele mikrobiologische Sicherheitsfaktoren für die vorherige Fasslagerung des Weines. Endvergorene Weine sind mikrobiologisch stabiler und weisen geringere Gehalte an Schwefelbindungspartner wie Acetaldehyd auf. In der Gärung unterbrochene Weine, zur Erhaltung der Fruchtsüße, können Problemfelder wie Nachgärungen, qualitative sensorische Mängel als auch erhöhte Gesamtschwefelbilanzen aufweisen. Die Nutzung von Süßreserve kann diese Probleme reduzieren.

Eine der sichersten und einfachsten Formen der Konservierung von Traubenmost zur späteren Süßung ist die „Stummschwefelung“. Die spätere Entschwefelung ist jedoch für die meisten Betriebe sehr aufwändig. Die klassische Verfahrenstechnik (Kolonne), welche zur Entschwefelung von Süßreserven eingesetzt wird, ist sehr teuer und je Anlagentyp auch belastend für die Produktqualität. Für kleinere und mittlere Betriebsgrößen ist eine eigene Anlage unwirtschaftlich, sodass auf Dienstleister zur Entschwefelung zurückgegriffen werden muss. Der limitierende Faktor ist oft jedoch die Verfügbarkeit von diesen Dienstleistern, sodass dieser Aufwand oft gescheut wird. Ein neuer Ansatz bildet die Reduzierung von SO_2 durch osmotische Destillation mittels hydrophober Membrantechnologie. Diese Technologie wird bereits in vielen Kellern zum Gasmanagement und zur Alkoholreduzierung eingesetzt. Die Technologie ist „kleiner“ und kostengünstiger sowie durch die potenzielle Mehrfachnutzung einer Anlage wirtschaftlicher für die Anwendung. Das Prinzip: SO_2 diffundiert in der Gasphase durch die hydrophobe Membran aus Polypropylen. Auf der Außenseite wird die Süßreserve

zirkuliert, auf der Innenseite eine Lauge als Striplösung, welche die diffundierte SO_2 abbindet.

Ziel der Versuchsdurchführung

Das Vorhaben dient der Erforschung des Nutzens von einer Entschwefelung von stummgeschwefelter Süßreserve durch osmotische Destillation mittels hydrophober Membrantechnologie im Kontext technischer Möglichkeiten, optimaler Verfahrenstechnik, Kosten und Produktqualität.

Versuchsplan

a) Erarbeitung der Grundlagen

b) Erarbeitung der Verfahrenstechnik
- Einfluss der Membrangröße, Durchläufe, Fließgeschwindigkeit für die Reduzierung der SO_2
- Laugenkonzentration
- Heizhaltezeit und Temperatur der Medien
- Energierückgewinnung

c) Direkter (analytischer und sensorischer) Vergleich der Entschwefelung mittels hydrophober Membrantechnologie mit klassischer Verfahrenstechnik (Kolonne)

d) Betriebswirtschaftliche Überlegungen zu dem System

2020 = Fokus auf der optimalen Verfahrenstechnik inkl. Gerätebau
2021 = Praxisuntersuchungen im Vergleich zum klassischen System

Teil- und Vorabergebnisse

Die Versuche zur optimalen Verfahrenstechnik wurden im Kleinmaßstab im Versuchskeller des Steillagenzentrums des Dienstleistungszentrums ländlicher Raum (DLR) Mosel durchgeführt. Zur Entschwefelung wurde folgende Technik verwendet (Versuchsaufbau Abbildung 1):

→ hydrophobe Membran aus Polypropylen: Liqui-Cel® Membran des Typs X50 / 20 m^2 Oberfläche. Geräteträger war das Be- und Entgasungsmodul der Firma K+H Armaturen.

→ Lauge: Cleaning in place (CIP) Anlage der Firma K+H Armaturen zur Dosierung und Aufheizung der Lauge.

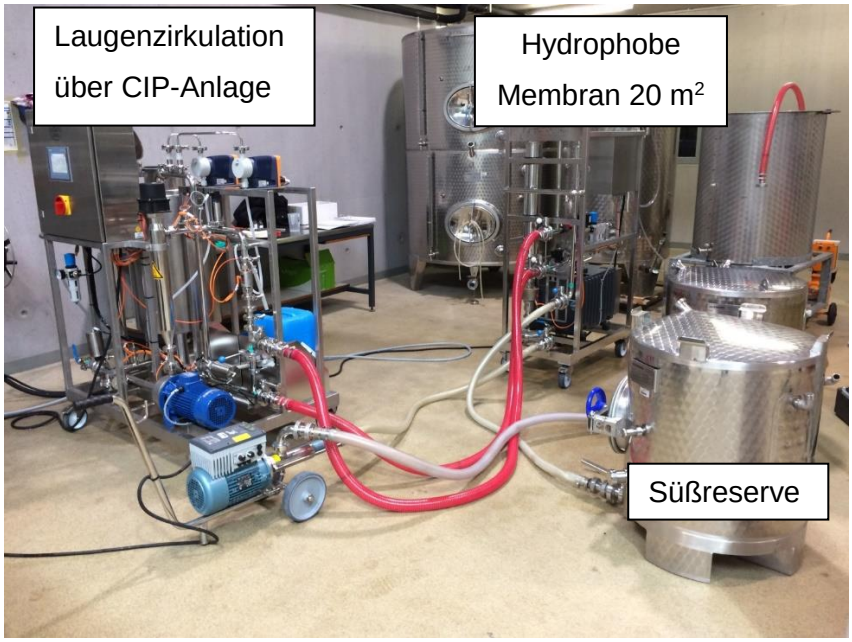


Abb. 1: Versuchsaufbau kleine Entschweflungsanlage mit Zirkulation der Medien

Es wurden verschiedene Versuchsreihen mit dreifacher Wiederholung durchgeführt.

Versuchsreihe	Versuch	Verwendete Süßreserve
1	Temperatur Lauge	Süßreserve I
2	Fließgeschwindigkeit	Süßreserve I
3	Matrixeinflüsse	Süßreserve I, II, III, IV
4	Vergleich klassische und Membranentschwefelung	Süßreserve III, IV
5	Laugenkonzentration	Süßreserve I

Auf der Innenseite der Membran zirkulierte die Striplösung. In den Versuchsreihen 1-4 war dies eine 0,5%ige NaOH Lauge. Auf der Feedseite, der Außenseite der Hohlfasern, zirkulierte die Süßreserve.

Süßreserve I

Gesamt-SO_2-Gehalt = 1.060 mg/l; freie SO_2 = 488 mg/l; pH Wert = 3,18

Süßreserve II

Gesamt-SO_2-Gehalt = 1.236 mg/l; freie SO_2 = 645 mg/l; pH Wert = 2,96

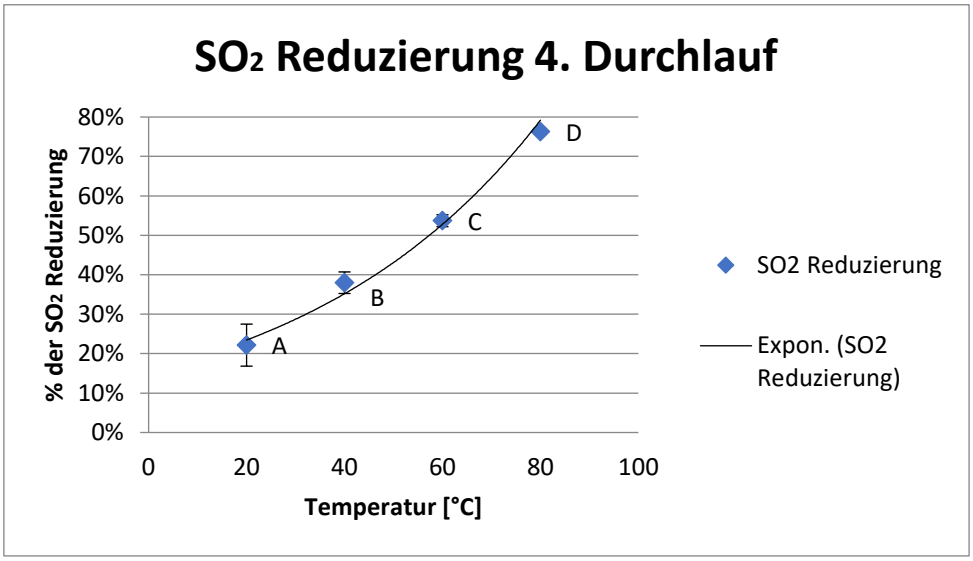
Süßreserve III

Gesamt-SO_2-Gehalt = 1.244 mg/l; freie SO_2 = 734 mg/l; pH Wert = 2,82

Süßreserve IV

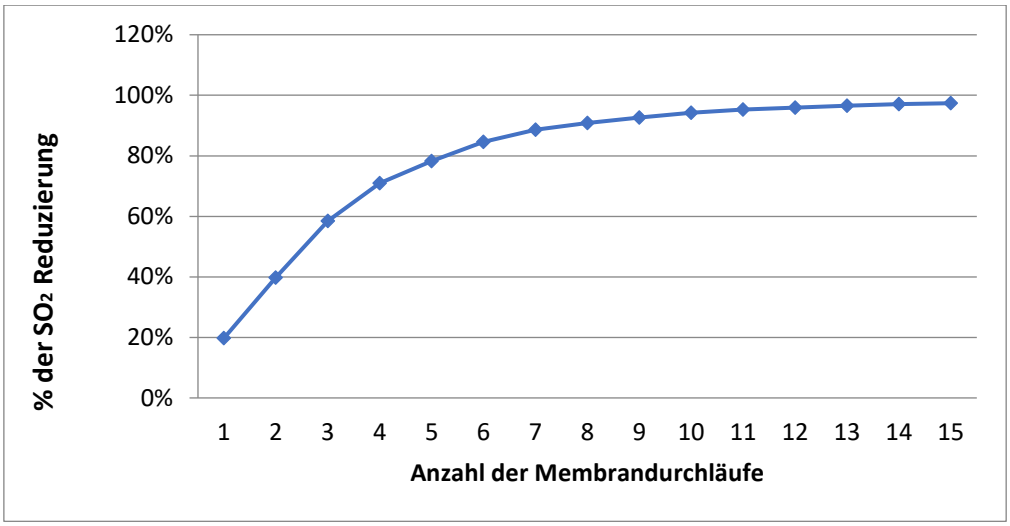
Gesamt-SO_2-Gehalt = 872 mg/l; freie SO_2 = 459 mg/l; pH Wert = 3,14

Nachfolgend sind einige Ergebnisse aus den Versuchsreihen dargestellt. Einer der wichtigsten verfahrenstechnischen Faktoren im Prozess der Entschwefelung ist die Temperatur (Abbildung 2). Auch die Kontaktdauer zur Membran wie die Zirkulation-Membrandurchläufe (Abbildung 3) als auch die Zirkulation-Fließgeschwindigkeit (Abbildung 4) haben einen entscheidenden Einfluss auf die Reduzierung.



Grundeinstellungen:
2.000 l/h Süßreserve
1.500 l/h 0,5 % Natronlauge

Abb. 2: Vergleich der prozentualen SO_2-Reduzierung einer Süßreserve-Entschwefelung (I) mittels hydrophober Membran nach vier Membrandurchgängen in Abhängigkeit verschiedener Laugenausgangstemperaturen (20 °C, 40 °C, 60 °C, 80 °C) bei einer Süßreserven Fließgeschwindigkeit von 2.000 l/h; unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede dar (Tukey HSD α = 5 %)

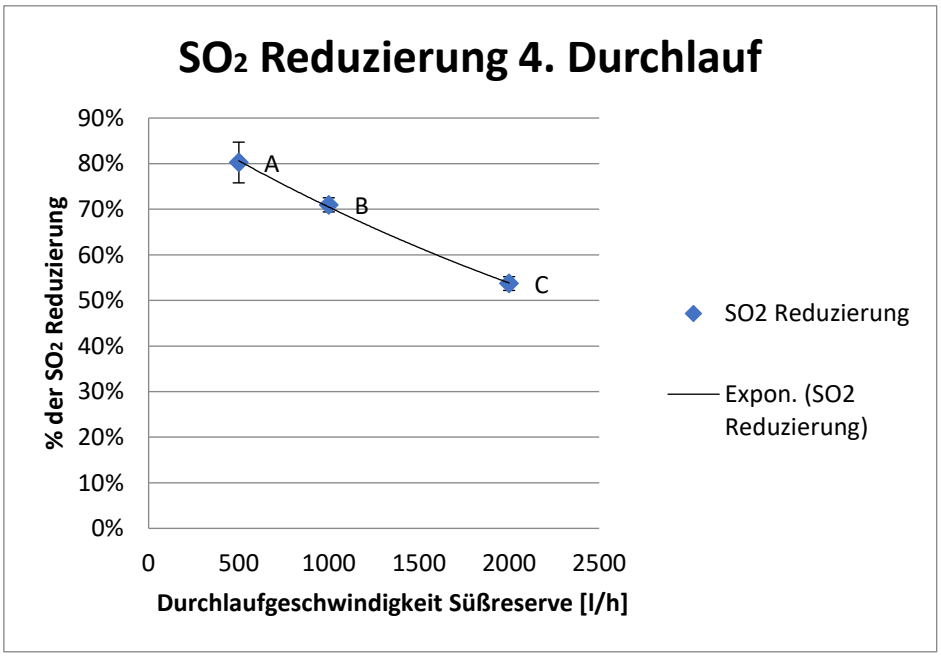


Grundeinstellungen:

1.500 l/h 0,5 % Natronlauge bei 60 °C Ausgangstemperatur

Süßreserve 1.000 l/h

Abb. 3: Vergleich der prozentualen SO_2-Reduzierung einer Süßreserve-Entschwefelung mittels hydrophober Membran in Abhängigkeit der 15 Membrandurchläufe der Süßreserve bei einer Süßreserven-Fließgeschwindigkeit von 1.500 l/h



Grundeinstellungen:

1.500 l/h 0,5 % Natronlauge bei 60 °C Ausgangstemperatur

Abb. 4: Vergleich der prozentualen SO_2-Reduzierung einer Süßreserve-Entschwefelung (I) mittels hydrophober Membran nach vier Membrandurchgängen in Abhängigkeit verschiedener Fließgeschwindigkeiten (2.000 l/h, 1.000 l/h und 500 l/h) der Süßreserve bei einer Laugen-Temperatur von 60 °C; unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede dar (Tukey HSD α = 5 %)

Die Matrix der Süßreserve bzw. die Gehalte an freier und gesamter SO_2 haben einen Einfluss auf die Entschwefelung, jedoch zeigte die Verfahrenstechnik bei verschiedenen Süßreserven die grundsätzliche Entschwefelungsleistung (Abb. 5). Im direkten Vergleich zur klassischen Entschwefelung konnten bei ersten Versuchen praktikable Ergebnisse generiert werden (Abb. 6).

Süßreserve III

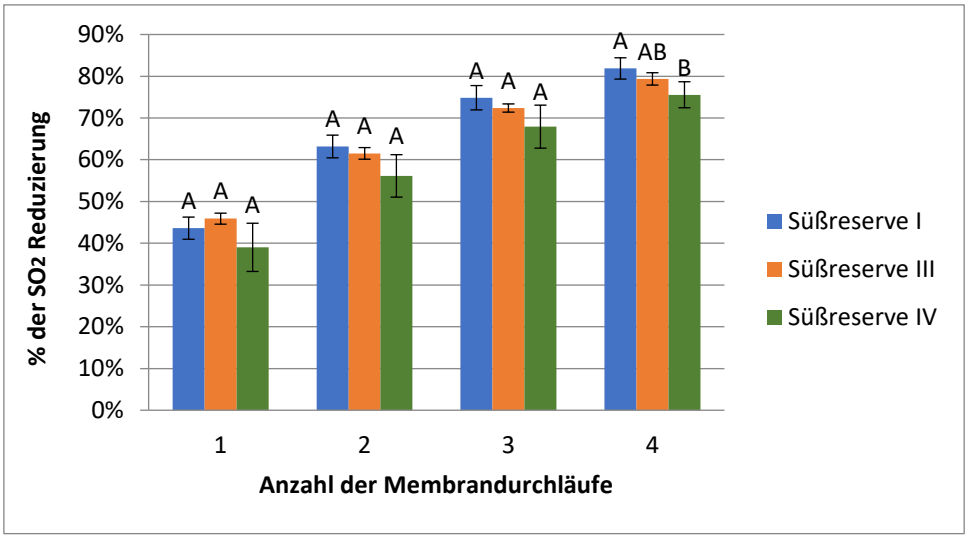
klassische Entschwefelung = 137 mg/l gesamte und 36 mg/l freie SO_2

Entschwefelung mittels Membran (5 Zirkulationen) = 165 mg/l gesamte und 57 mg/l freie SO_2

Süßreserve IV

klassische Entschwefelung = 112 mg/l gesamte und 37 mg/l freie SO_2

Entschwefelung mittels Membran (6 Zirkulationen) = 141 mg/l gesamte und 55 mg/l freie SO_2

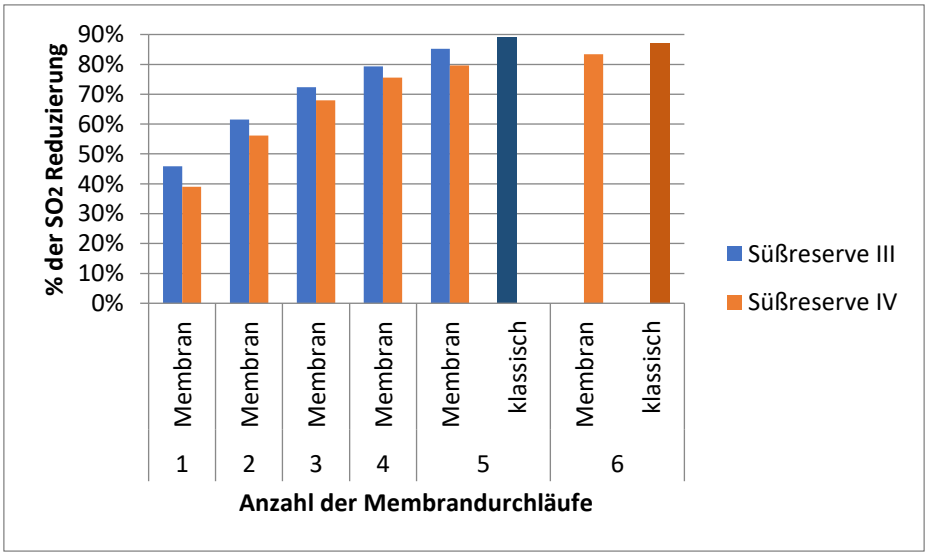


Grundeinstellungen:

1.500 l/h 0,5 % Natronlauge bei 60 °C Ausgangstemperatur

1.000 l/h Süßreserve bei 60 °C Ausgangstemperatur

Abb. 5: Vergleich der prozentualen SO_2-Reduzierung einer Süßreserve-Entschwefelung mittels hydrophober Membran nach vier Membrandurchgängen in Abhängigkeit verschiedener Süßreserven (Süßreserve I, III und IV) bei einer Süßreserventemperatur von 60 °C und bei einer Laugentemperatur von 60 °C; unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede je Durchlauf dar (Tukey HSD α = 5 %)



Grundeinstellungen der Membranentschwefelung:

1.500 l/h 0,5 % Natronlauge bei 60 °C Ausgangstemperatur

1.000 l/h Süßreserve bei 60 °C Ausgangstemperatur

Abb. 6: Vergleich der prozentualen SO_2-Reduzierung einer Süßreserve-Entschwefelung mittels hydrophober Membran nach fünf/sechs Membrandurchgängen in Abhängigkeit verschiedener Entschwefelungsverfahren (Membran und klassisch) bei einer Süßreserventemperatur von 60 °C und bei einer Laugentemperatur von 60 °C

Zusammenfassung

Ob eine Entschweflung mittels hydrophober Membran möglich ist, kann nach den ersten Versuchen dieser Arbeit bestätigt werden. Diverse Faktoren haben verfahrenstechnisch einen Einfluss auf die Effizienz der Reduzierung der SO_2. Die Kontaktdauer zur Membran sowie die Temperatur sind sehr wichtige Parameter hierbei.

Anhand dieser Ergebnisse im kleinen Versuchsmaßstab (2020) wurde eine Anlage der Firma K+H modifiziert und eine Großanlage entwickelt. Im nächsten Versuchsjahr erfolgen weitere Versuche u. a. mit der neu entwickelten Praxisanlage.

Literatur

BLANK, A. (2014): Teilweise Entalkoholisierung von Wein: Beurteilung technischer Verfahren, deren Modellierung und sensorische Auswirkung. Dissertation zur Erlangung des akad. Grades Dr. agr. Justus Liebig Universität Gießen, Gießen, Hochschule Geisenheim University, Geisenheim.

GÖBEL, D. (2017): Prozessbewertung und Optimierung eines neuen Membranverfahrens zur Entschwefelung von Süßreserven mittels osmotischer Destillation. Master Thesis. Hochschule Trier, Trier.

HÖHN, F. (2018): Entschwefelung mittels Membrankontaktor. Bachelor Thesis. Hochschule Geisenheim University, Geisenheim. Oenologie.

SCHMITT, L. (2019): Schwefelreduzierung mittels hydrophober Membrantechnologie, Mater Thesis. Hochschule Geisenheim University, Geisenheim (Christmann, Monika), BOKU Universität für Bodenkultur, Wien (Forneck, Astrid)

ATW-Nr.: 212 FDW-Berichterstattung 2020

Überprüfung der Praxistauglichkeit von Kationenaustauschern zur Absenkung des pH-Wertes in Most und Wein

Patrick Nickolaus, Pascal Wegmann-Herr
DLR Rheinpfalz

Ausgangssituation

Bedingt durch den Klimawandel erreichen die Trauben in den deutschen Anbaugebieten immer höhere Reifegrade. Dies führt auch zu niedrigeren Säuregehalten und höheren pH-Werten in den Mosten und den daraus hergestellten Weinen. Höhere pH-Werte bedeuten ein höheres Risiko für unerwünschte Mikroorganismen, die zur Bildung von flüchtiger Säure und anderen Weinfehlern führen können. Außerdem nimmt die antimikrobielle Wirksamkeit der SO_2 mit steigendem pH-Wert ab, sodass zur Stabilisierung höhere Mengen zugesetzt werden müssen. SO_2 wird jedoch aufgrund seines allergenen Potentials von Verbrauchern kritisch gesehen und soll daher im Wein in möglichst geringen Konzentrationen vorliegen. Zur Senkung der pH-Werte kann die Säuerung in den deutschen Anbaugebieten durch Ausnahmeregelungen zugelassen werden. Neben Wein-, Äpfel- und Milchsäure erlaubt die VO (EG) Nr. 606/2009 zu diesem Zweck seit einigen Jahren auch die Verwendung von Kationenaustauschern.

Ziel der Versuchsdurchführung

Primäres Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die praktische Anwendbarkeit von Kationenaustauschern zur Absenkung des pH-Wertes in Most und Wein zu überprüfen. Das Verfahren wird dabei mit dem Zusatz von Weinsäure verglichen, insbesondere im Hinblick auf die sensorischen Eigenschaften im fertigen Wein. Darüber hinaus werden neue, innovative Verfahren, wie der Einsatz Milchsäure-produzierender Hefen auf ihre Praxistauglichkeit überprüft.

Versuchsplan

Im ersten Versuchsjahrgang wurden Moste von drei weißen Rebsorten (Riesling, Weißburgunder, Sauvignon blanc) sowie ein Rosé der Sorte Spätburgunder in Versuchswiederholung mit den in Tabelle 1 dargestellten Varianten mit Rein-

zuchthefe (Lalvin ICV D47™, Lallemand Inc.) vergoren und ausgebaut. Zusätzlich wurde die Milchsäurebildende Hefe Lachancea Thermotolerans (Laktia™, Lallemand Inc.) eingesetzt und nach 48 h mit Saccharomyces cerevisiae (Lalvin ICV D47™, Lallemand Inc.) überimpft.

Tab. 1: Versuchsvarianten zur Mostsäuerung

Varianten	Riesl.	WB	Sauv. bl.	Spbg. Rosé
Kontrolle	x	x	x	x
Most-Säuerung (1,5 g/L WS)	x	x	x	x
Lachancea Thermotolerans (Laktia™, 25 g/hL)			x	
Kationenaustauscher I (-0,1 pH-Einheiten)	x	x	x	x
Kationenaustauscher I (-0,2 pH-Einheiten)	x	x	x	x
Kationenaustauscher I (-0,3 pH-Einheiten)	x	x	x	

Teil- und Vorabergebnisse

Bei der Anwendung von Kationenaustauschern kann immer nur eine Teilmenge eines Mostes oder Weines behandelt werden, um zu niedrige pH-Werte zu vermeiden. Abbildung 1 zeigt dies beispielhaft für den Spätburgunder Rosé Most, bei dem der pH in der behandelten Teilmenge auf 2,11 gesenkt wurde. Auch bei den anderen hier verwendeten Mosten wurden pH-Werte zwischen 2,1 und 2,4 erreicht. Da durch das Verfahren Protonen in den Most eingebracht werden, nahm bei der Anwendung stets auch die titrierbare Gesamtsäure deutlich zu.

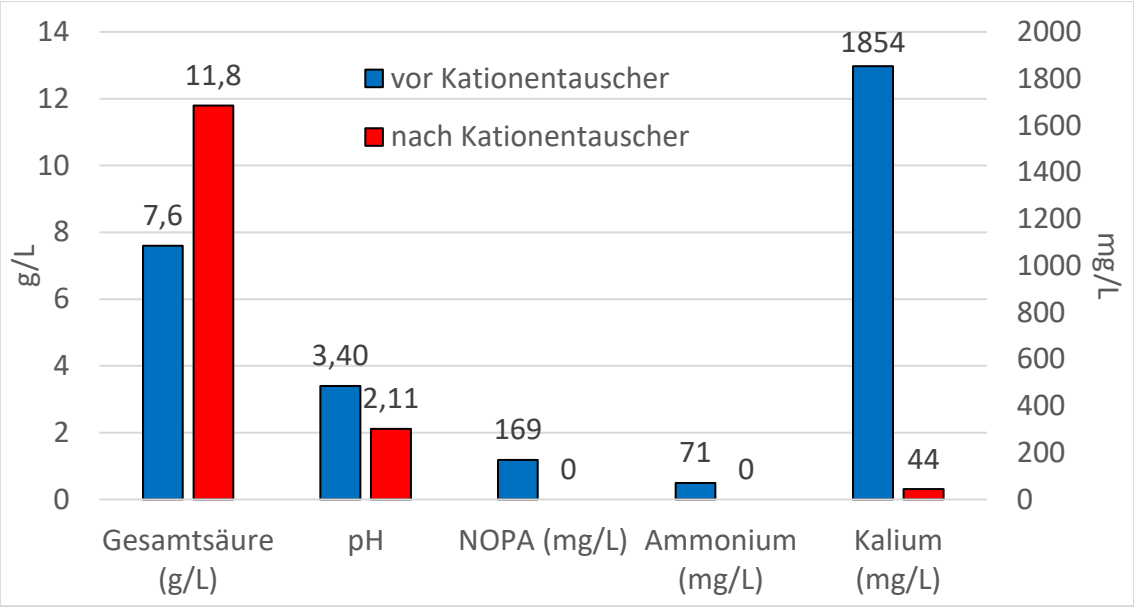


Abb. 1: Analytische Parameter des Spätburgunder Rosé Mostes vor und nach der Behandlung mittels Kationenaustauscher.

In den vorliegenden Versuchen führte die Verwendung des Kationenaustauschers bei allen Mosten zu einer fast vollständigen Entfernung von Kalium, Ammonium sowie der hefeverwertbaren Aminosäuren (NOPA), die bei den vorherrschenden pH-Werten ebenfalls als Kationen vorliegen. Die Behandlung einer 20%igen Teilmenge führt daher zu 20 % geringeren Stickstoffgehalten im Most, die gegebenenfalls durch Hefenährstoffe ausgeglichen werden müssen.

Abbildung 2 zeigt, dass der pH im Weißburgunder Most durch den Kationenaustauscher pro 10 % behandelter Teilmenge um etwa 0,1 Einheiten gesenkt werden konnte. Die Behandlung einer 20%igen Teilmenge führte dementsprechend zur Absenkung um 0,2 Einheiten. Die Gesamtsäure stieg in dieser Variante um 0,8 g/L, während die Weinsäure unverändert blieb. Um den pH mit Weinsäure um den gleichen Betrag zu senken, musste die gesetzliche Höchstmenge von 1,5 g/L voll ausgeschöpft werden, wobei sich die titrierbare Gesamtsäure im Most zunächst entsprechend erhöhte.

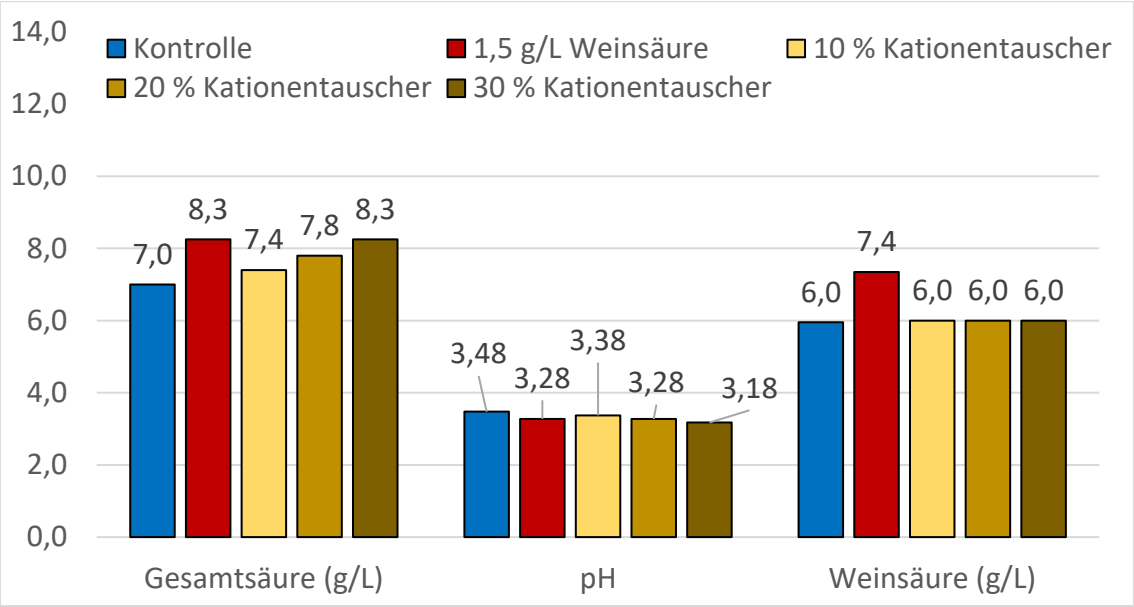


Abb. 2: Auswirkung der Säuerung mittels Weinsäure und Kationenaustauscher auf den pH-Wert, die Gesamtsäure und den Weinsäuregehalt im Weißburgunder Most.

Während der Gärung traten aufgrund der Behandlung mit dem Kationenaustauscher bei keinem Most Gärstörungen auf. Ein Teil des zu 100 % behandelten Mostes, der in einer zusätzlichen Versuchsvariante ebenfalls mit Reinzuchthefe beimpft wurde, konnte hingegen aufgrund des niedrigen pH-Wertes wie erwartet nicht zur Gärung gebracht werden.

Nach der Gärung war die titrierbare Gesamtsäure, bedingt durch den Weinsteinausfall, in allen Weinen niedriger als noch im Most (Abb. 3). Im Vergleich zur Kontrolle lag die Gesamtsäure bei der mit 20 % behandelten Teilmenge nun um 1,3 g/L höher, da hier aufgrund des geringeren Kaliumgehaltes etwa 0,5 g/L weniger Weinsäure in Form von Weinstein ausfiel. Dies zeigte sich auch analytisch durch den 0,6 g/L höheren Weinsäuregehalt im Vergleich zur Kontrolle.

Durch die Verwendung der Milchsäureproduzierenden Hefe Lachancea Thermotolerans wurde nach dem Ende der Gärung eine titrierbare Säure von 11 g/L erreicht. Zugleich lag der pH um 0,36 Einheiten niedriger als in der Kontrolle. Die Anwendung stellt damit eine mögliche Alternative zur chemischen Säuerung dar und ist unabhängig von einer weinrechtlichen Zulassung der Säuerung. Um eine zu hohe Säure im fertigen Wein zu vermeiden, sollte in der Praxis allerdings bereits früher (nach 24 h, Herstellerangabe) mit Saccharomyces cerevisiae überimpft oder das Verfahren nur bei einer Teilmenge eingesetzt werden. Nach der

Gärung lag in dem so vergorenen Wein ebenfalls mehr Weinsäure vor als in der Kontrolle, da die Löslichkeit von Weinstein durch den niedrigeren pH erhöht wird.

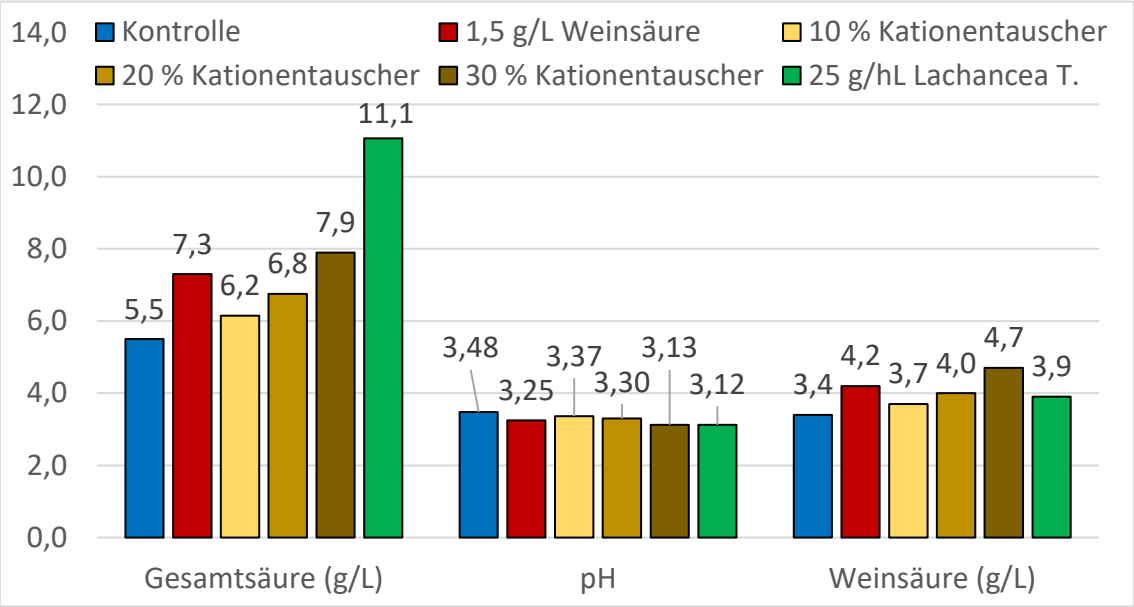


Abb. 3: Auswirkung der Säuerung im Weißburgunder Most mittels Weinsäure und Kationenaustauscher, sowie dem Einsatz der Hefe Lachancea Thermotolerans auf den pH-Wert, die Gesamtsäure und den Weinsäuregehalt im Wein.

Zusammenfassung

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Behandlung einer 10%igen Teilmenge mittels Kationenaustauscher bei verschiedenen Mosten zu einer pH-Absenkung um etwa 0,1 Einheiten führt. Durch den verringerten Kaliumgehalt fällt weniger Weinstein aus, sodass mehr „eigene“ Weinsäure erhalten bleibt. Um eine Aussage über die geschmacklichen Auswirkungen treffen zu können, muss die sensorische Bewertung der Weine noch abgewartet werden. Zum Vergleich wird der Kationenaustauscher außerdem im Weinstadium eingesetzt werden.

Durch die Verwendung der Milchsäureproduzierenden Hefe Lachancea Thermotolerans konnte der pH ebenfalls erheblich gesenkt werden, wobei sich auch die Gesamtsäure stark erhöhte.

Literatur

GINDORF (2017). „Einsatz von Kationenaustauschern zur Säuerung und Weinsteinstabilisierung von Wein“, Bachelorarbeit, Hochschule Geisenheim University.

PONCE, F., et al. (2018)."The use of cation exchange resins in wines: Effects on pH, tartrate stability, and metal content" 2018 45(1): 11.

ATW-Nr.: 213 FDW-Berichterstattung 2020

Einfluss unterschiedlicher Pflanzdichten und Unterlagen auf die Wurzelverteilung sowie Wassernutzungseffizienz bei der Rebsorte Spätburgunder

Christine Kleber
DLR Rheinpfalz

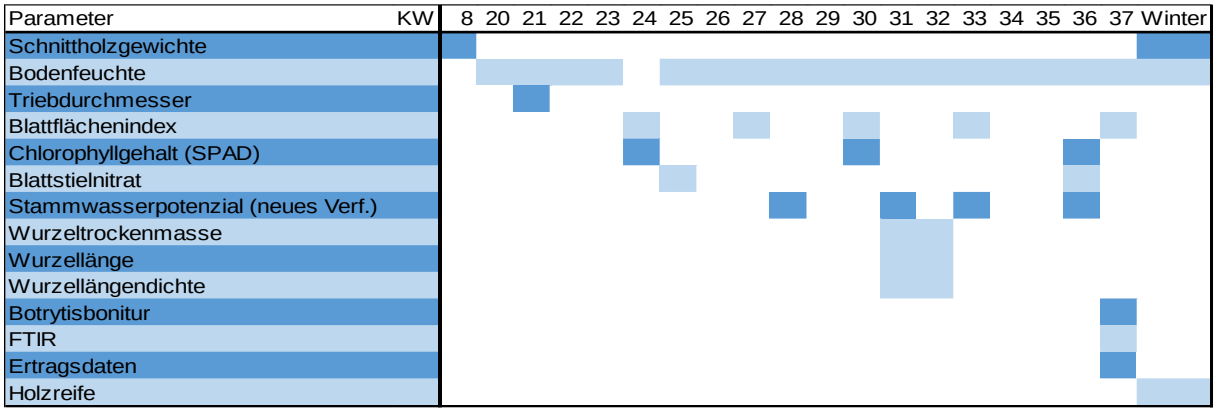
Ausgangssituation

Bedingt durch den Klimawandel als globales Phänomen, steht der Weinbau zukünftig vor der Herausforderung, Extremwetterperioden mit anhaltender Hitze und Trockenheit zu überstehen. Um hohe wirtschaftliche Schäden zu umgehen, kann ein großflächiges Bewässerungsmanagement nur bedingt als Lösungsstrategie gegenüber dem Klimawandel herangezogen werden. Aufgrund mangelnder Grundwasserneubildung stellt die Wasserbeschaffung hierbei die größte Herausforderung dar. Neben weinbaulichen Stellschrauben einer konservierenden Bodenpflege und der Wahl standortangepasster Begrünungen stehen eine entsprechende Sorten- und Unterlagenwahl sowie die Gestaltung des Standraums einer Rebanlage in besonderem Fokus. Im vorliegenden Projekt wurden Untersuchungen am DLR Rheinpfalz in einer 2003 gepflanzten Spätburgunder-Anlage mit verschiedenen Standräumen und Unterlagen zur Wassernutzungseffizienz und Wurzelverteilung durchgeführt.

Ziel der Versuchsdurchführung

Primäres Ziel des vorliegenden Forschungsprojektes ist es, ob verringerte Stockabstände im Rahmen einer Dichtpflanzung eine geeignete Anpassungsstrategie an den Klimawandel darstellen. Hierbei sollen Daten aus einer Versuchsanlage mit Stockabständen von 0,53 m und 1,06 m generiert werden, die mit verschiedenen Unterlagen veredelt wurden. Neben einer Betrachtung der Wurzelverteilung in Bodenschichten bis 80 cm finden auch Untersuchungen zur Wasserversorgung statt. Zusätzlich werden alle Standardparameter vergleichend betrachtet (Tab. 1).

Tab. 1: Versuchsplan 2020 nach Kalenderwochen



Versuchsplan der Anlage

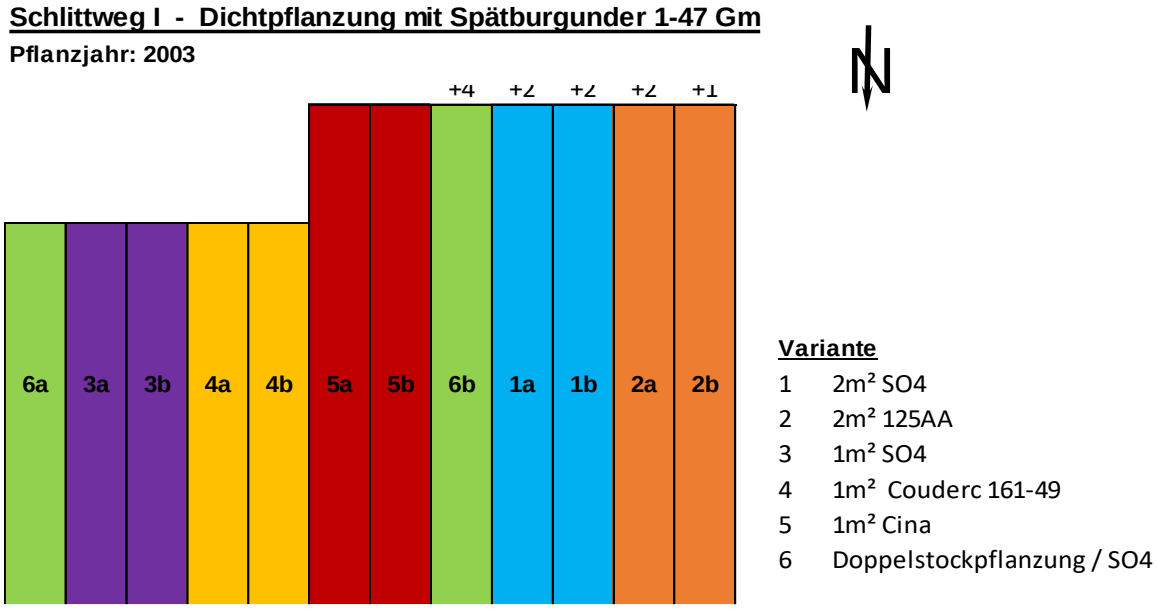


Abb. 1: Versuchsplan der Fläche „Schlittweg“ Spätburgunder

Die Versuchsanlage wurde 2003 am DLR Rheinpfalz mit Spätburgunder (Klon 1-47 Gm) bepflanzt, der lockerbeerige, mittelgroße Trauben entwickelt. Der Biegdrahtabstand beträgt 10 cm. Neben einem praxisüblichen Stockabstand von 1,06 m wurde für die Dichtpflanzung ein verringerter Abstand von 0,53 m bei einer üblichen Gassenbreite von 2 m gewählt. Gleichzeitig variieren auch die Unterlagen: Die schwachwüchsigen Unterlagen Couderc 161-49 und Cina wurden mit Standardunterlagen SO4 und 125AA verglichen (vgl. Abb. 1). Beim Standort handelt es sich um einen tiefgründigen wüchsigen Lösslehmboden mit guter Wasserführung. Durch gezieltes Begrünungsmanagement (alternierende Dauerbegrünung, teils Herbst-Winter-Einsaat) wurde versucht, die Wüchsigkeit an den

verringerten Standraum anzupassen. Das Anschnittniveau betrug bei allen Varianten 6 Augen pro m^2. Um einer Verdichtung der Laubwand vorzugreifen, wurden beim Ausbrechen die Doppeltriebe entfernt und ein Wasserschoss im Kopfbereich der Rebe belassen.

Erste Versuchsergebnisse

Bodenfeuchte

Eine Messung der Bodenfeuchte fand während der Vegetation wöchentlich mittels Diviner 2000® (Fa. Sentek) statt. Zuvor wurden die zwölf Diviner Röhren auf eine maximal erreichbare Bodentiefe von 70 cm installiert. Dies war gerade ausreichend, um die angenommene Hauptwurzelzone der Rebe abzudecken. Wie vermutet, zeigten sich hinsichtlich der Bodenfeuchte mit zunehmender Tiefe tendenziell größere Unterschiede zwischen den Varianten. Außerdem begradigten sich die Graphen der einzelnen Varianten mit zunehmender Tiefe, und die Einflüsse vereinzelter Regenereignisse wurden weniger deutlich. Desweiteren konnte nachgewiesen werden, dass die Variante 2 m^2 125AA offenbar deutlich mehr Bodenwasser für sich nutzt als andere Unterlagssorten. Im Gegenzug scheint die Variante 2m^2 SO4 weniger Wasser aufnehmen zu können, weil hier mehr Bodenwasser gemessen werden konnte. Vergleichbare Werte konnten in der Variante 1 m^2 SO4 generiert werden. Ähnliche Messwerte konnten bei den Varianten 1m^2 Couderc, 1m^2 Cina und 1 m^2 Doppelstock gemessen werden mit Ausnahme der Tiefen von 30 bis 50 cm, in denen wahrscheinlich ein erhöhter Wasserverbrauch zugrunde lag.

Der Übersichtlichkeit halber wurde die Legende für die folgenden Abbildungen nicht in die Graphen integriert.

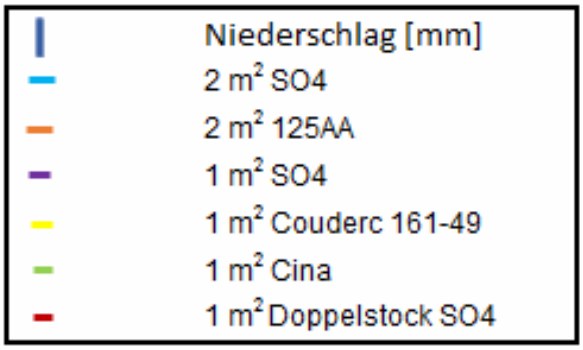


Abb. 2a: Legende für die Abbildungen 2b und 2c

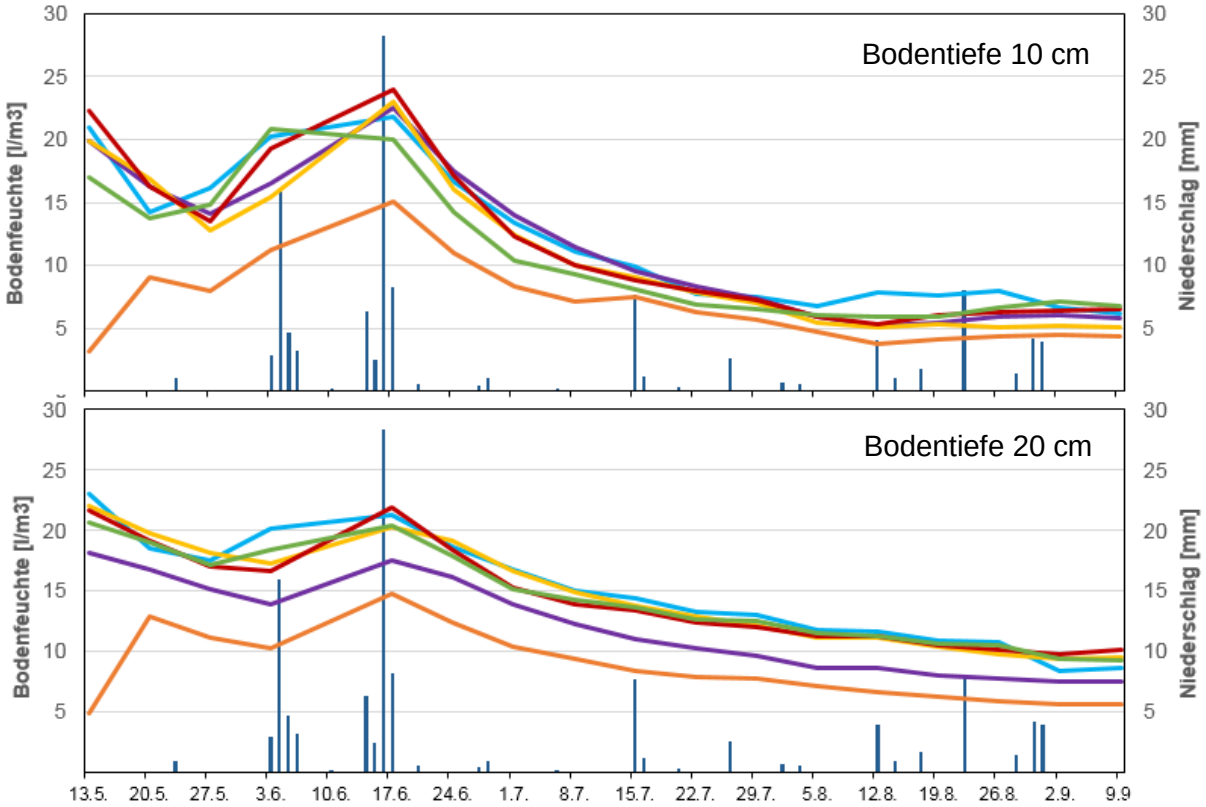


Abb. 2b: Bodenfeuchte (n = 2) und Niederschlag in der Vegetationsperiode von Mai – September in der Versuchsanlage „Schlittweg"; Bodentiefe 10 und 20 cm.

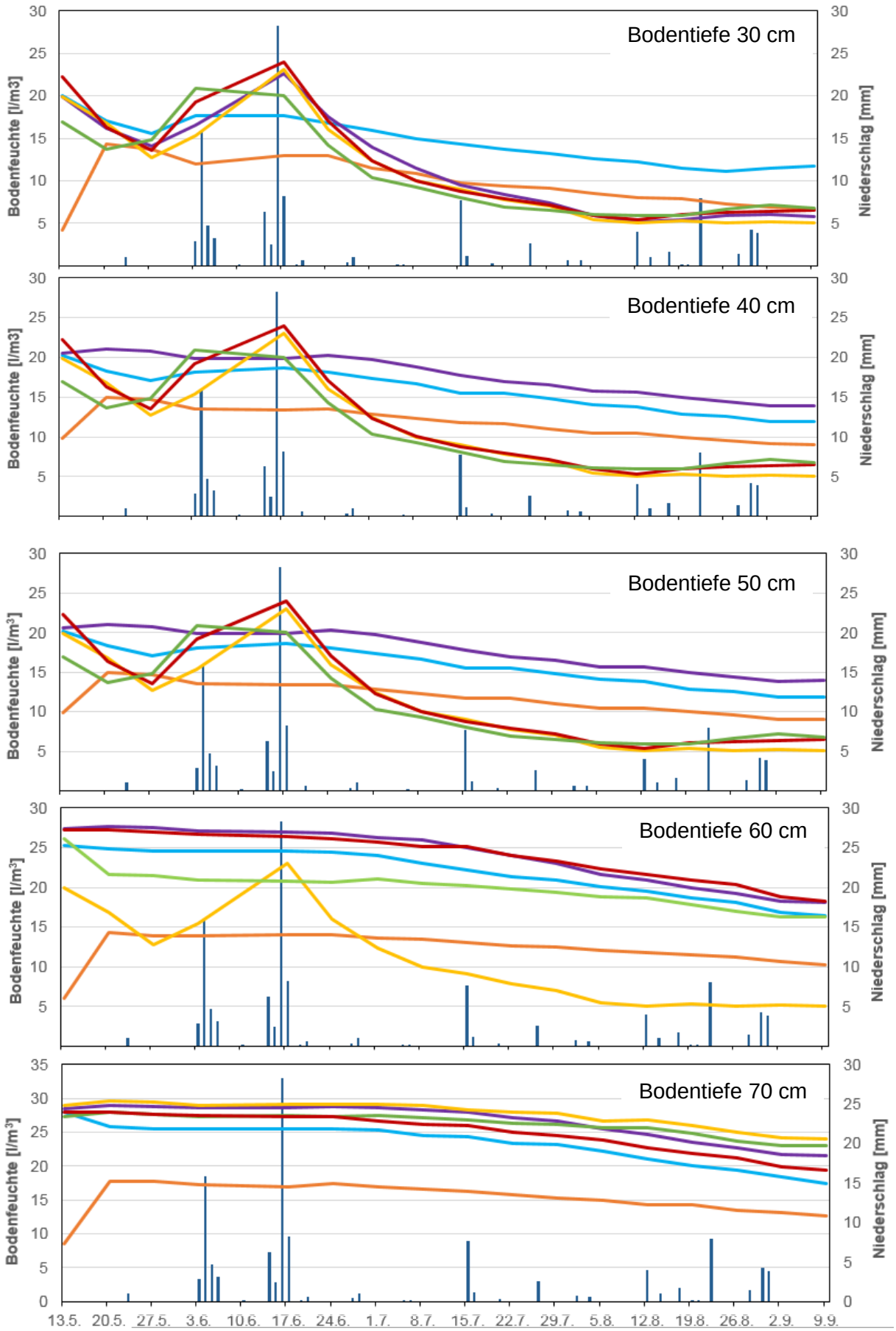


Abb. 2c: Bodenfeuchte (n = 2) und Niederschlag in der Vegetationsperiode von Mai – September in der Versuchsanlage „Schlittweg"; Bodentiefe 30, 40, 50, 60 und 70 cm.

Wasserhaushalt in den Reben

Das **Stammwasserpotenzial** wurde an vier Terminen zwischen dem 02.07.2020 und 02.09.2020 gemessen, indem analog zur Blattwasserpotenzialmessung die Scholanderkammer SK-16® (Fa. MMM Mosler) verwendet wurde. Jedoch wurde das Stammwasserpotenzial tagsüber gemessen, wobei jeweils sechs Haupttriebblätter pro Variante aus einer einheitlichen Laubwandhöhe in verschließbare Beutel (Maß 170 x 188 mm, Fa. MMM tech support®) gepackt wurden, um sie zeitversetzt nach Schließen ihrer Stomata (nach ca. 30 min) mit Beutel zu entnehmen und den nach außen ragenden Stiel zu messen. Um die erhobenen Daten zu bewerten, wurde folgende Einordnung der Messwerte nach MÜLLER (2006) herangezogen:

Tab. 2: Übersicht über Stressniveaus der Rebe (verändert nach Müller 2020)

Megapascal (MPa)	bar	Stressniveau
-0,03 bis -0,1	-0,3 bis -1	„Luxus-Angebot“
-0,1 bis -0,25	-1 bis -2,5	Moderate Versorgung
-0,25 bis -0,6	-2,5 bis -6	Moderater Stress
< -0,6	< -6	Starker Stress

Es zeigte sich, dass zu Beginn der Messungen Anfang Juli bereits in allen Versuchsvarianten ein moderates Stresslevel erreicht war. Mit stetig sinkendem Stammwasserpotenzial konnten Anfang August Werte zwischen -4,5 und -5,5 erreicht werden, gefolgt von einem drastischen Abfall in den Bereich von starkem Stress Mitte August. Die vereinzelten Regenfälle bis Anfang September konnten die Situation nur geringfügig verbessern. Schon zu Beginn der Messungen zeigte die Unterlage 125AA die geringste Stressneigung, was zur letzten Messung erneut bestätigt wurde. Dies könnte erneut darauf hin deuten, dass die Unterlage 125AA sich Bodenwasser leichter erschließen kann, als dies bei den Unterlagen SO4 im Standraum von 2 m^2 und 1 m^2 Cina der Fall ist, die zum Ende hin am meisten Wasserstress zeigten. Tendenziell stresstoleranter sind die Varianten 1 m^2 SO4 und 1 m^2 Couderc einzuordnen.

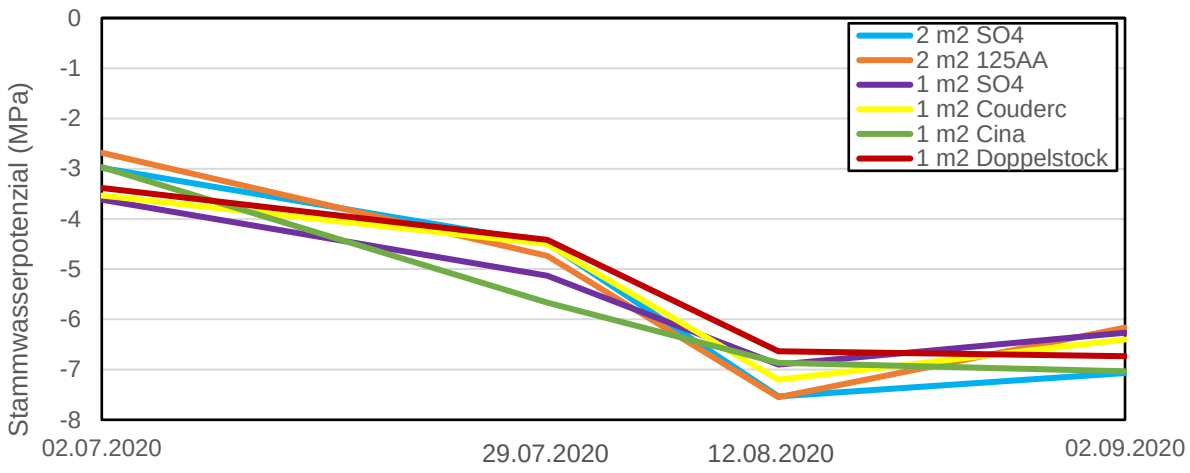


Abb. 3: Messung des Stammwasserpotenzials (MPa) mittels Scholanderkammer (n = 6)

Wurzelverteilung

Um eine genaue Aussage über die unterschiedliche Wurzelverteilung im Boden treffen zu können, wurden Anfang August in den unbegrünten Gassen **Wurzelgrabungen** vorgenommen. Die entnommenen Monolithe wurden parallel des Unterstockbereichs 50 cm breit und zur Gassenmitte hin 1 m lang mit einem Spaten entnommen. Die ersten 10 cm Bodenmaterial wurden aufgrund abgestorbenen Wurzelmaterials der Herbst-Winterbegrünung verworfen. Bis zu einer Bodentiefe von 80 cm war eine Entnahme möglich, sodass die Erde jeweils in Tiefen von 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm getrennt voneinander in beschrifteten Mörtelkübeln gesammelt wurde. Da insgesamt zwölf Monolithe à sieben Schichten entnommen wurden, erfolgte anschließend das Aussieben der 84 Teilmengen auf einem 160 µ Edelstahlsieb. Anschließend wurden die Wurzeln ihrer Größe und Funktion nach fraktioniert (Durchmesser < 2 mm und > 2 mm). Nach ARCHER und SAAYMAN (2018) handelt es sich bei den dickeren, verholzten Wurzeln um Speicher- und Transportmedium, während die jungen, dünneren Wurzeln mit einem Durchmesser unter 2mm als Nährmedium bezeichnet werden. Beide Teilmengen wurden getrennt voneinander gewogen (Waage: Modell PCB 250-3) und in gleich lange Stücke geschnitten. Für die Wurzellängenbestimmung wurden die senkrechten und waagrechten Überschneidungen der ausgelegten Wurzelstücke mit den Linien auf einem 2 x 2 cm Gitternetz mittels Zähluhr ausgezählt. Durch die Formel nach TENNANT (1975) ist es möglich, bei einem definierten Bodenvolumen die Wurzellänge und die Wurzellängendichte zu berechnen:

Wurzellänge = (11/14) x Schnittpunkte x Gitternetzabstand;

Wurzellängendichte = Wurzellänge / Bodenvolumen.

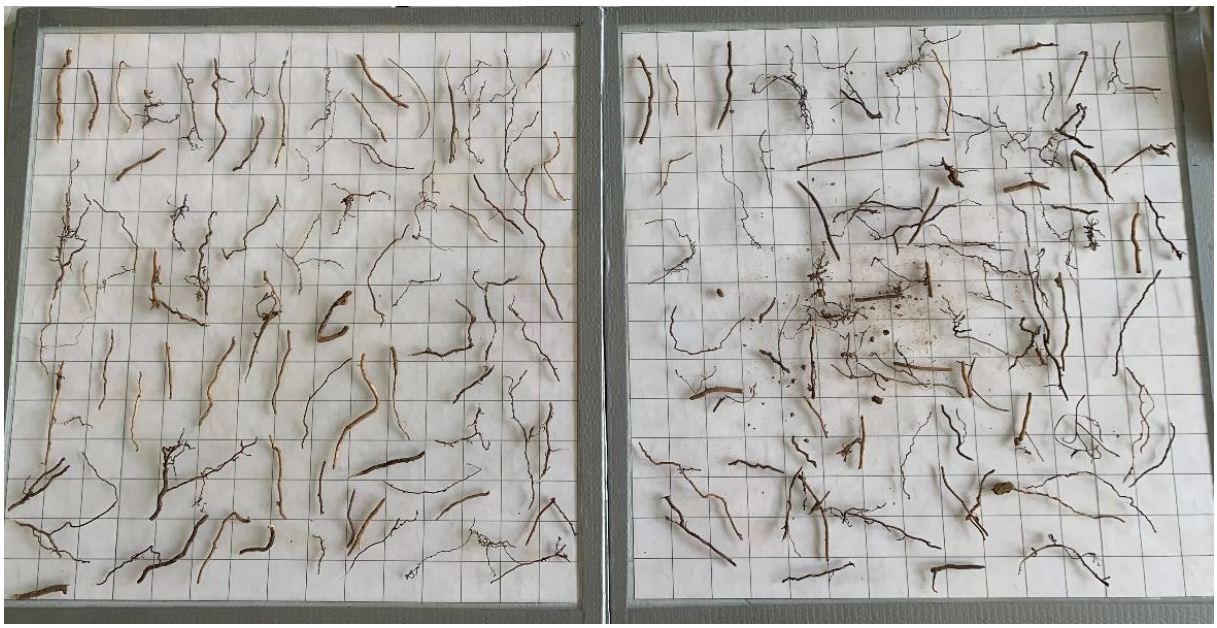


Abb. 4: Auszählen der Überschneidungen von Wurzeln < 2 mm mit den Linien des Gitternetzes

In Abbildung 5 sind die **Gesamtwurzelgewichte** der verschiedenen Varianten und Bodentiefen dargestellt. Es zeigte sich eine generelle Tendenz, dass in der Tiefe von 30 bis 60 cm etwas mehr Wurzelmasse vorzufinden ist als oberflächennah bzw. tiefer als 60 cm. In der Summe fiel auf, dass die Varianten 1m^2 SO4 und 1m^2 Cina die geringste Wurzelmasse aufwiesen, während die Standardunterlagen SO4 und 125AA auf 2m2 annähernd so hohe Werte erreichten wie die Wurzelmassen der Varianten Couderc und Doppelstock.

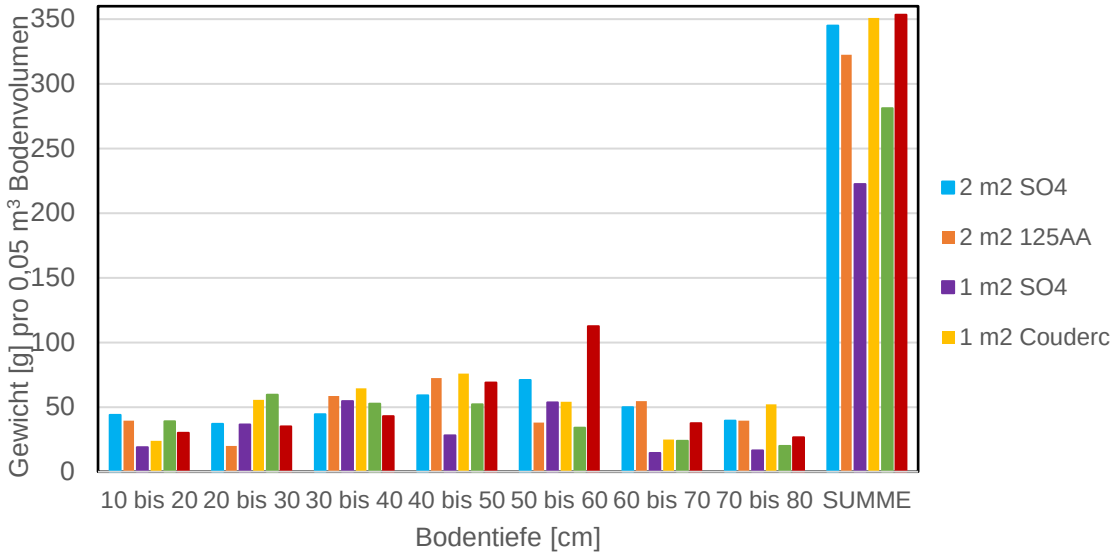


Abb. 5: Gesamtwurzelgewicht pro Bodenschicht und pro Monolith (n = 2)

Die Wurzellängendichte gibt eine Auskunft über die Wurzelverteilung innerhalb der verschiedenen Bodenschichten. Wie allgemein bekannt ist, beschränkt sich die Hauptwurzelzone einer Rebe je nach Bodenart, Bodenzustand, Witterung und Unterlagsrebe auf einen Bereich von 10 bis 60 cm Tiefe (ARCHER und SAAYMAN 2018). Somit ist anzunehmen, dass die Wurzellängendichte in tieferen Schichten abnimmt. Die Verläufe der einzelnen Varianten sind unterschiedlich: Während die Wurzellängendichte mit zunehmender Tiefe bei 1 m^2 Cina fast linear abnahm, zeigten beide Varianten von SO4 sowie Doppelstock ein zweites Maxima. Die Unterlage 2 m^2 125AA nahm als einzige einen parabel-ähnlichen Verlauf mit einem Maxima bei 30 bis 40 cm Bodentiefe. Dagegen entwickelte die Variante 1 m^2 Couderc drei Maxima bei 10 bis 20 cm, 40 bis 50 cm und 70 bis 80 cm. Somit hat 1 m^2 Couderc auch in der Tiefe ein gewisses Potenzial, Wasser aus tieferen Bereichen zu generieren. Auch die Variante Doppelstock erfüllt durch ihr Wurzelvorkommen in den untersten Schichten die Voraussetzungen, in Trockenzeiten leichter Bodenwasser zu erreichen.

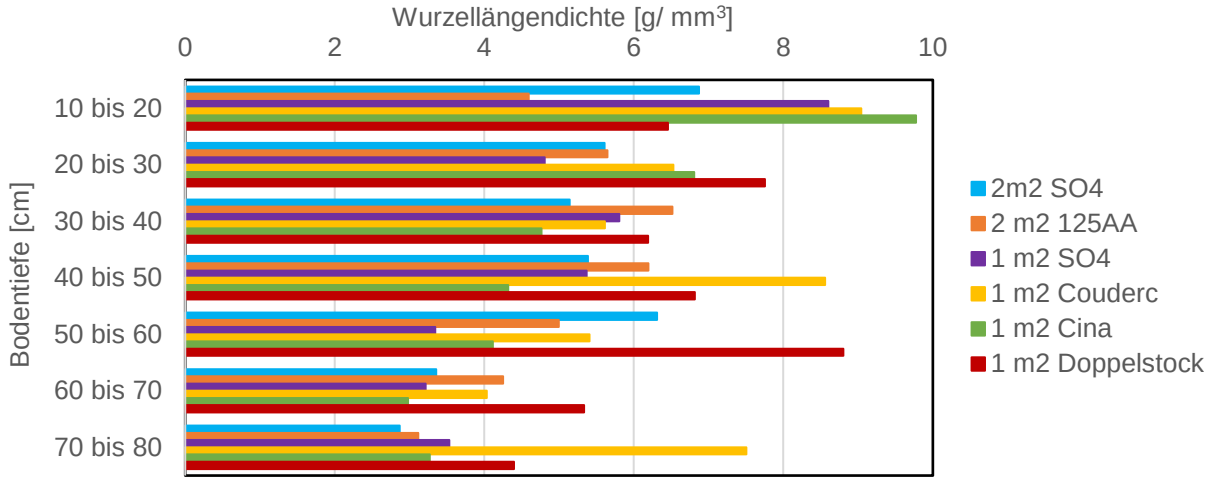


Abb. 6: Wurzellängendichte pro Bodenschicht (n = 2)

Zusammenfassung

Rückblickend lassen sich für das Versuchsjahr 2020 zwar Unterschiede zwischen den Varianten ausmachen, aber es gibt zunächst keine Präferenz für die Beratung, welche Variante sich am ehesten in der Praxis eignet. Es ist unerlässlich, im zweiten Versuchsjahr alle Parameter weiter zu untersuchen, um zuverlässige Ergebnisse zu generieren. Des Weiteren sollen die Wurzelgrabungen auf eine größere Anzahl an Wiederholungen ausgeweitet werden und der Zeitpunkt der Durchführung zugunsten besserer Verhältnisse (ausreichende Durchfeuchtung der Böden) in die Frühjahrsmonate vorverlegt werden. Vergleichende Bohrungen mittels Humax-Bohrsonde sollen gleichzeitig erfolgen. Beim Parameter des Blattflächenindex soll ein Methodenwechsel erfolgen, da die bereits angewandte Messung der Hauptblattader (n = 60) nach JOHNSON und PIERCE (2004) keine validen Ergebnisse hervorbringen konnte. Eine Messung des Gehalts an Blattstielnitrat wird außerdem überdacht, nachdem die Messung mittels LAQUAtwin® (Fa. Horiba) keine signifikanten Unterschiede zeigte.

Literatur

ARCHER, E.; SAAYMAN, D. (2018): Vine Roots. *The Institute for Grape and Wine Sciences (IGWS), Stellenbosh University*

MÜLLER, E. (2006): Bewässerung- die Antwort auf den Klimawandel? Vortrag zur 50. Kreuznacher Wintertagung.

JOHNSON, L.; PIERCE, L. (2004): Indirect measurement of leaf area index in California north coast vineyards. Hort. Science 39 (2), 236-238.

KÜHRER, E.; TRUMMER, C.; FAHRNECKER, A. (2009): Messungen mit der Scholanderbombe: Kontrolle des Wasserstresses, Der Winzer 4, 19-21.

TENNANT, D. (1975): A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology 63*, 995-1001.